

Mémoire

Auteur : Ramé, Quentin

Promoteur(s) : Romain, Anne-Claude

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master en sciences et gestion de l'environnement, à finalité spécialisée en surveillance de l'environnement

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/12947>

Avertissement à l'attention des usagers :

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

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

Faculté des Sciences
Département des Sciences et Gestion de l'Environnement
2020 - 2021

**Étude historique de la qualité d'air en Région wallonne au
travers de l'indice BelaQI et de l'indice européen**



Mémoire présenté par RAMÉ Quentin
en vue de l'obtention du grade de Master en sciences et gestion de
l'environnement, à finalité spécialisée en monitoring
environnemental

Rédigé sous la direction de FALZONE Claudia

Le comité de lecture:

DURY Marie
FALZONE Claudia
ROMAIN Anne-Claude

© Copyright

Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique* de l'Université de Liège.

Le présent document n'engage que son auteur.

Auteur du présent document: RAMÉ Quentin, quentinrame@gmail.com

*L'autorité académique est représentée par le(s) promoteur(s) membre(s) du personnel enseignant de l'ULiège

Remerciements

Dans un premier temps, je tiens à remercier M^{me} Falzone pour les nombreuses heures consacrées lors des réunions, pour ses nombreux conseils et pour la relecture de mon travail.

Ensuite, je remercie M^{me} Dury pour le partage des données des stations télémétriques.

Finalement, je souhaite remercier Laetitia Ramé et Claudio Chiavetta pour la relecture de ce mémoire.

Merci à vous car, sans vous, ce travail ne serait pas le même.

TABLE DES ILLUSTRATIONS	4
GLOSSAIRE.....	5
INTRODUCTION	6
OBJECTIF DU TRAVAIL.....	7
1. POLLUTION ATMOSPHERIQUE	9
1.1 LES SOURCES	9
1.1.1 <i>Les entreprises IED</i>	10
1.2 LA DISPERSION	10
1.2.1 <i>La topographie</i>	10
1.2.2 <i>Les routes</i>	10
1.2.3 <i>Le bâtiment</i>	11
1.2.4 <i>La végétation</i>	11
1.2.5 <i>Conditions météorologiques et climat</i>	11
1.3 LA SURVEILLANCE	13
1.3.1 <i>Législation</i>	13
1.3.2 <i>Le réseau de mesure</i>	15
1.3.2.1 Réseau de mesure wallon.....	15
1.3.2.1.1 Réseau télémétrique	16
1.3.2.1.2 Réseau non télémétrique.....	16
1.3.2.1.3 Réseau mobile	16
1.3.2.1.4 La maintenance	16
1.4 L'IMPACT SANITAIRE	17
1.4.1 <i>Les classes selon le CIRC</i>	17
1.4.1.1 La classe 1	17
1.4.1.2 La classe 2	17
1.4.1.3 2A.....	18
1.4.1.4 2B.....	18
1.4.1.5 Classe 3	18
1.4.1.6 Classe 4	18
2 LES INDICATEURS.....	19
2.1 LE BELAQI.....	19
2.2 L'INDICE EUROPÉEN	19
2.3 LES POLLUANTS DANS LES INDICES	20
2.3.1 <i>Les PM₁₀ & PM_{2,5}</i>	20
2.3.1.1 Sources, formation et composition	20
2.3.1.2 Effets.....	21
2.3.1.3 Mesure.....	21
2.3.1.4 Réglementation	22
2.3.2 <i>L'ozone</i>	22
2.3.2.1 Sources	22
2.3.2.2 Effets.....	23
2.3.2.3 Mesure.....	23
2.3.2.4 Réglementation	24
2.3.3 <i>Le dioxyde d'azote</i>	24
2.3.3.1 Sources	24
2.3.3.2 Effets.....	25
2.3.3.3 Mesure.....	25
2.3.3.4 Réglementation	26
2.3.4 <i>Le dioxyde de soufre</i>	26
2.3.4.1 Sources	26
2.3.4.2 Effets.....	26
2.3.4.3 Mesure.....	26
2.3.4.4 Réglementation	27
3 MATÉRIEL & MÉTHODE.....	29
3.1 LES INDICATEURS.....	29

3.1.1	<i>Matériel</i>	29
3.1.2	<i>Méthode</i>	30
3.1.2.1	Traitement statistique	31
3.1.2.2	Graphiques	32
3.2	DONNEES METEO	32
3.2.1	<i>Matériel</i>	32
3.2.2	<i>Méthode</i>	32
3.3	ENTREPRISES IED	32
3.3.1	<i>Matériel</i>	32
3.3.2	<i>Méthode</i>	33
3.4	OUTILS INFORMATIQUES	33
4	RESULTAT	35
4.1	ENTREPRISES IED	35
4.2	LES DONNEES METEOROLOGIQUES	37
4.3	LE POSITIONNEMENT DES STATIONS	38
4.4	LES INDICATEURS	38
4.4.1	<i>BelAQI</i>	38
4.4.1.1	Stations rurales	38
4.4.1.1.1	Corroy	38
4.4.1.1.2	Dourbes	40
4.4.1.1.3	Habay	42
4.4.1.1.4	Havinnes	43
4.4.1.1.5	Offagne	45
4.4.1.1.6	Sainte-Ode	46
4.4.1.1.7	Sinsin	48
4.4.1.1.8	Vezin	49
4.4.1.1.9	Vielsalm	51
4.4.1.2	Stations urbaines	52
4.4.1.2.1	Herstal	52
4.4.1.2.2	Lodelinsart	54
4.4.1.2.3	Mons	55
4.4.1.2.4	Namur	57
4.4.1.2.5	Val Benoit	58
4.4.1.3	Stations industrielles	59
4.4.1.3.1	Engis	59
4.4.2	<i>Indice européen adapté</i>	63
4.4.2.1	Stations rurales	63
4.4.2.1.1	Corroy	63
4.4.2.1.2	Dourbes	64
4.4.2.1.3	Habay	66
4.4.2.1.4	Havinnes	68
4.4.2.1.5	Sinsin	69
4.4.2.1.6	Vielsalm	71
4.4.2.2	Stations urbaines	72
4.4.2.2.1	Herstal	72
4.4.2.2.2	Lodelinsart	74
4.4.2.2.3	Mons	75
4.4.2.2.4	Val Benoit	77
4.4.2.3	Stations industrielles	78
4.4.2.3.1	Engis	78
4.4.2.4	Test statistique de Wilcoxon	80
4.5	COMPARAISON ENTRE LES STATIONS	81
4.5.1	<i>BelAQI</i>	81
4.5.2	<i>Indice européen</i>	81
5	DISCUSSION	83
5.1	LE BELAQI	83
5.2	L'INDICATEUR EUROPÉEN ADAPTÉ	87
6	CONCLUSION	89

7	BIBLIOGRAPHIE	90
8	ANNEXES	94
8.1	POLLUANTS ÉMIS PAR LES ENTREPRISES IED	94
8.2	FICHES DES STATIONS TELEMETRIQUES	95
8.2.1	<i>Dourbes</i>	95
8.2.2	<i>Engis</i>	96
8.2.3	<i>Habay</i>	99
8.2.4	<i>Havignes</i>	100
8.2.5	<i>Herstal</i>	101
8.2.6	<i>Lodelinsart</i>	104
8.2.7	<i>Mons</i>	108
8.2.8	<i>Namur</i>	110
8.2.9	<i>Offagne</i>	111
8.2.10	<i>Sainte-Ode</i>	111
8.2.11	<i>Sinsin</i>	112
8.2.12	<i>Val Benoit</i>	113
8.2.13	<i>Vezein</i>	116
8.2.14	<i>Vielsalm</i>	117
8.3	P-VALEURS POUR LE BELAQI	118
8.4	P-VALEUR POUR L'EEA ADAPTÉ	123

Table des illustrations

TABLEAU 1: LE CLIMAT BELGE MOIS APRÈS MOIS.....	12
TABLEAU 2: VALEURS LIMITES SELON AEE	13
TABLEAU 3: COMPARAISON ENTRE LES VALEURS LIMITES EUROPÉENNES ET DE L'OMS	14
TABLEAU 4: RÉSEAU DE MESURE EN TEMPS RÉEL.....	16
TABLEAU 5: LES CLASSES DE CANCÉROGÉNÉCITÉ SELON LE CIRC	17
TABLEAU 6: VALEURS LIMITES POUR LE PM SELON LA DIRECTIVE 2008/50/CE	22
TABLEAU 7: VALEURS LIMITES POUR L'OZONE SELON LA DIRECTIVE 2008/50/CE	24
TABLEAU 8: VALEURS RÉGLEMENTAIRES POUR LE NO ₂	26
TABLEAU 9: VALEURS LIMITES POUR LE SO ₂ SELON LA DIRECTIVE 2008/50/CE.....	27
TABLEAU 10: STATIONS PERMETTANT LE CALCUL DU BELAQI.....	29
TABLEAU 11: LES DONNÉES POUR CHAQUE STATION.....	30
TABLEAU 12: LES DONNÉES POUR LE CALCUL DE L'INDEX EUROPÉEN	30
TABLEAU 13: LES SOUS-INDICES DU BELAQI.....	31
TABLEAU 14: LES SOUS-INDICES DE L'INDEX EUROPÉEN	31
TABLEAU 15: FICHE DE LA STATION DE CORROY.....	36
TABLEAU 16: TEST DE WILCOXON POUR LE BELAQI - COMPARAISON 2 À 2 – ANNÉES DONT LA P-VALEUR EST INFÉRIEURE À 5%	62
TABLEAU 17: TEST DE WILCOXON POUR L'INDEX EUROPÉEN - COMPARAISON 2 À 2 – ANNÉES DONT LA P VALEUR EST INFÉRIEURE À 5%	80
TABLEAU 18: TEST DE WILCOXON POUR LE BELAQI - COMPARAISON ENTRE LES DIFFÉRENTES STATIONS.....	82
TABLEAU 19: TEST DE WILCOXON POUR L'INDEX EUROPÉEN - COMPARAISON ENTRE LES DIFFÉRENTES STATIONS	82
FIGURE 1: LES POLLUANTS DANS L'ATMOSPHÈRE	9
FIGURE 2: LES DIFFÉRENTS PAYS MEMBRES DE L'AEE.....	15
FIGURE 3: DIFFÉRENTES PHASES DE LA FORMATION DES PM	21
FIGURE 4: LA MESURE DU NO ₂	25
FIGURE 5: DESCRIPTION DES BOXPLOTS	32
FIGURE 6: LES ENTREPRISES IED IMPACTANT L'AIR AUTOUR DES STATIONS TÉLÉMÉTRIQUES DE L'ISSEP	35
FIGURE 7: L'UTILISATION DES SOLS AUTOUR DES STATIONS TÉLÉMÉTRIQUES	38
GRAPHIQUE 1: DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES	37
GRAPHIQUE 2: FRÉQUENCE DU BELAQI	81
GRAPHIQUE 3: FRÉQUENCE DE L'INDEX EUROPÉEN	81

Glossaire

- AEE :** Agence européenne pour l'environnement (EEA en anglais). Elle a pour but d'apporter des informations fiables sur l'environnement à tous les États membres (Agence européenne pour l'environnement, 2021).
- Cy :** abréviation de la station télémétrique de Corroy.
- Db :** abréviation de la station télémétrique de Dourbes.
- CIRC :** le Centre International de Recherche sur le Cancer a été créé par l'Organisation mondiale de la santé. Il a permis de classifier certains polluants selon leur cancérogénicité.
- En :** abréviation de la station télémétrique d'Engis.
- EPD :** sigle utilisé dans ce travail pour référencer les événements particuliers défavorables, c'est-à-dire tout calcul d'indice dépassant un certain seuil fixé auparavant.
- Hb :** abréviation de la station télémétrique de Habay.
- Hv :** abréviation de la station télémétrique de Havinnes.
- He :** abréviation de la station télémétrique d'Herstal.
- Lo :** abréviation de la station télémétrique de Lodelinsart
- Mo :** abréviation de la station télémétrique de Mons.
- Na :** abréviation de la station télémétrique de Namur.
- Of :** abréviation de la station télémétrique d'Offagne.
- OMS :** Organisation mondiale de la santé, qui a pour objectif de promouvoir la santé dans le monde.
- So :** abréviation de la station télémétrique de Sainte-Ode.
- Si :** abréviation de la station télémétrique de Sinsin.
- Vb :** abréviation de la station télémétrique de Val Benoit.
- Vz :** abréviation de la station télémétrique de Vezin.
- Vi :** abréviation de la station télémétrique de Vielsalm.

Introduction

C'est à l'ère industrielle que nous devons les premiers changements de grande ampleur de la qualité de l'air, cet indicateur qui est aujourd'hui au cœur de nombreuses recherches. En effet, c'est à cette époque que la consommation de charbon a massivement augmentée. Le chauffage, les industries, les usines et les locomotives en étaient les principales utilisations. Non sans conséquences: le charbon produit en effet des fumées toxiques. Dans l'histoire de l'Humanité, une multitude d'événements ont montré l'impact négatif d'une mauvaise qualité de l'air. Vers la fin du XIX^{ème} siècle, différents pays ont reconnu l'existence d'une pollution de l'air. Ce n'est qu'en 1952, suite à un épisode de pollution mortel à Londres, que l'on s'est réellement rendu compte que la pollution est néfaste pour la santé (Goodsite et al., 2021). Cet épisode était la résultante de conditions météorologiques particulières favorisant l'inversion thermique, empêchant ainsi la dispersion des polluants issus de la combustion du charbon de chauffage. Pendant plusieurs jours, des sulfures ont été libérés par combustion et ont stagné au-dessus de la ville. Cet air pollué a été respiré par les habitants, provoquant plus de 4000 morts. C'est à ce moment que le terme *smog* est apparu, résultant d'un mélange de brouillard (« *fog* ») et de fumée toxique (« *smoke* »). À certains endroits, ce smog était tellement dense que la population n'était plus capable de voir ses propres pieds (European Environment Agency, 2016). Un second événement impliquant du smog s'est produit en 1962 et a également provoqué le décès de plusieurs centaines de personnes. Ce n'est qu'après les deux guerres mondiales que des recherches plus avancées concernant certains agents ont été menées. Depuis maintenant plusieurs années, on constate également que le développement et l'utilisation croissante des véhicules motorisés tels que la voiture et l'avion affectent la qualité de l'air (Goodsite et al., 2021). De plus, la pollution a changé de nature ; c'est-à-dire que les industries ont fortement diminué leurs impacts et que le secteur du transport et du chauffage a par conséquent pris plus d'importance (Romain, 2021).

Il est essentiel d'avoir une bonne qualité de l'air, car elle représente un enjeu important. Elle impacte notre santé, notre économie et l'environnement. Alors que la qualité de l'air n'a jamais été aussi bonne, la problématique reste entière (Romain, 2021). Pour y remédier, de nombreuses législations ont dû être mises en place afin de pouvoir la contrôler. Néanmoins, évaluer la qualité de l'air n'est pas chose aisée. Les connaissances scientifiques évoluent sans cesse et permettent l'élaboration de valeurs guides d'exposition (Institut scientifique de service public, 2020e). Selon l'Agence européenne pour l'environnement (AEE), certains polluants, comme le PM_{2.5}, sont responsables d'une perte d'années de vie en bonne santé non considérable. En se basant sur des modélisations, l'AEE estime à 400 000 les décès prématurés en Europe (González Ortiz et al., 2020). Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le nombre de décès prématurés dus à l'exposition aux PM_{2.5} est estimé à 4,2 millions dans le monde entier. Les personnes les plus impactées par cette pollution sont les personnes vivant dans les zones urbaines et les personnes provenant des pays à faible et moyen revenu. Il est donc important de contrôler et d'améliorer en continu la qualité de l'air que tout un chacun respire quotidiennement (Organisation mondiale de la santé, 2018).

Objectif du travail

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la thèse de doctorat de M^{me} Falzone. L'objectif de la thèse est de développer un nouvel indicateur de qualité de l'air permettant de comparer la qualité entre plusieurs sites. Il a également pour objectif de simuler les impacts des différents projets urbains sur la qualité de l'air avant leurs mises en place. L'avantage du nouvel indicateur est qu'il ne nécessite pas de campagnes de mesure, de plus, il fournira une information présentant l'état général de la qualité de l'air pour un site choisi sur base de données disponibles gratuitement. Il est important de mentionner qu'il n'a pas été conçu pour fournir des éventuels pics de pollutions. Sa conceptualisation réside dans différents éléments clés tels que la topographie, le trafic, les bâtiments, les industries et la végétation. Ceux-ci sont retenus car ils influencent la qualité de l'air à l'échelle locale. Afin de valider l'indicateur, il est nécessaire de comparer cet indicateur aux indicateurs existants.



RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE



1. Pollution atmosphérique

L'air que nous respirons au quotidien correspond à un mélange de différents gaz. Il est aussi composé d'un grand nombre d'éléments chimiques dont certains peuvent nuire à notre santé ou à l'environnement et sont appelés polluants. De manière générale, les polluants peuvent être de trois types - physique, chimique ou biologique - et sont perçus comme des perturbateurs dans le milieu (Actu-Environnement, 2021).

1.1 Les sources

Les polluants sont dits soit primaires, soit secondaires. Les premiers sont émis directement dans l'environnement et les seconds peuvent se former à partir d'autres polluants. Les sources de ces polluants peuvent être naturelles ou anthropiques. Les sources anthropiques sont nombreuses :

les activités industrielles, le transport, l'agriculture, la combustion de biomasse, etc. en font partie. Certaines sources naturelles sont les volcans, les océans, la végétation et les feux de forêt. La figure 1 indique un certain nombre de polluants émis dans notre atmosphère ainsi que leur source d'émission (Romain, 2021).

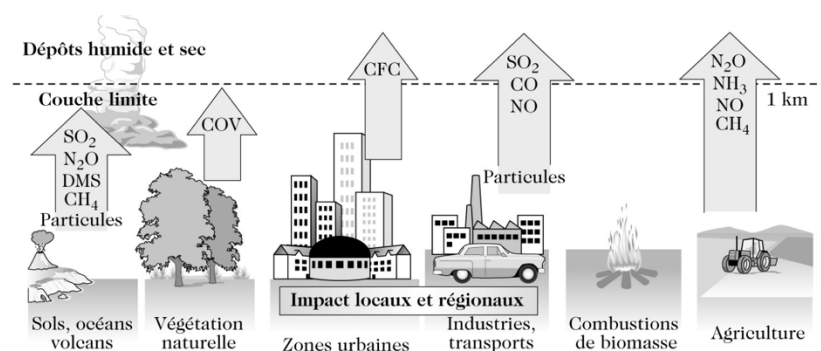


Figure 1: les polluants dans l'atmosphère

Source: (Romain, 2021)

Il est possible de catégoriser les polluants selon leur nature :

- 1) Les composés azotés sont principalement issus d'activités humaines, d'engrais chimiques et des océans. On y retrouve les NO_x, le protoxyde d'azote et l'ammoniac.
- 2) Les composés soufrés proviennent des volcans, des océans et de différents combustibles fossiles. Le plus abondant est le dioxyde de soufre, le sulfure d'hydrogène, le disulfure de carbone, le diméthylsulfure et l'oxysulfure de carbone.
- 3) Les composés carbonés sont principalement relâchés par des combustions, la déforestation et la dégradation de matières organiques. On y retrouve le dioxyde de carbone, le méthane et le monoxyde de carbone.
- 4) Les composés organiques volatils (COV) ont des sources très diversifiées. Il y a entre autres la combustion, l'utilisation de solvants et les plantes. Ils sont précurseurs de l'ozone troposphérique et peuvent donc poser problème pour la santé humaine.
- 5) Les polluants organiques persistants (POPs) représentent plusieurs familles de polluants. Les plus connus sont le benzoapyrène, le naphthalène, les dioxines et les furanes. La source principale est la combustion incomplète.
- 6) Les halogénés sont principalement rejetés par les industries. Font partie de ce groupe de polluants : le fluor, le dichlore, le bromure d'hydrogène, le fluorure d'hydrogène et l'acide chlorhydrique.

- 7) Les métaux lourds sont des éléments tels que le plomb, le mercure, le zinc, le nickel et le cadmium. Ils peuvent provenir des volcans, de la combustion ou des industries et sont souvent cancérigènes.
- 8) Les aérosols sont des matériaux particulaires. On y retrouve les différents PM qui peuvent soit être primaires ou secondaires et impactent l'humain ainsi que l'environnement (Romain, 2021).
- 9) L'ozone est rarement émis par des sources industrielles. Il est un produit de réaction entre les COV et les NOX avec l'aide des rayons solaires (Goodsite et al., 2021).

1.1.1 Les entreprises IED

L'Europe a créé une directive IED dont l'objectif est de réduire la pollution de l'environnement. Pour ce faire, elle cible des entreprises européennes produisant des rejets importants. Elle met en avant les impacts environnementaux provenant de tout type d'entreprises. Voici quelques exemples : les industries minérales et chimiques, les entreprises énergétiques, d'élevage, de gestion de déchets et de production de métaux. Ces entreprises rejettent des polluants impactant le sol, l'air, l'eau de surface et l'eau souterraine. Afin de diminuer la pollution, la directive IED oblige les entreprises à tenir compte de l'environnement, c'est-à-dire qu'elles sont obligées de se doter d'une approche intégrée de l'environnement. De plus, les entreprises sont surveillées et contrôlées. En Wallonie, plus de 300 entreprises font partie de la liste. Lorsque le permis d'environnement arrive à échéance, l'entreprise est amenée à compléter un dossier technique reprenant des informations par rapport à l'impact de leurs activités, les matières premières utilisées, les sources d'émissions et les quantités rejetées dans l'environnement ainsi que des solutions préventives pour diminuer les rejets (Service public Wallonie, s. d.-a).

La dispersion de ces polluants est influencée par différents éléments qui seront abordés dans le chapitre suivant.

1.2 La dispersion

De manière générale, la dispersion des polluants peut être influencée par un grand nombre d'éléments différents tels que la topographie, les infrastructures et la végétation (Goodsite et al., 2021). Ceux-ci seront abordés brièvement dans les prochaines sous-sections.

1.2.1 La topographie

La topographie consiste en plusieurs éléments, tels que le relief, la végétation et les bâtiments qui se trouvent sur une certaine zone. La végétation et les bâtiments seront traités séparément par la suite dans ce chapitre. Le relief impacte les flux de vent impactant directement la dispersion des polluants.

1.2.2 Les routes

Les rues peuvent influencer les flux de vent. Les polluants émis dans les rues peuvent être piégés dans ces endroits lorsqu'il y a un manque d'échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur de la rue, on parle alors d'effet canyon. (Kubilay et al., 2017)(Zhang et al., 2016). Le comportement des citoyens interagit également sur la dispersion des polluants. Les quantités émises de polluants sont fonctions des différents véhicules et du comportement du conducteur. Un conducteur

présentant une conduite saccadée (qui accélère et freine tout le temps) émettra plus de polluants dans les rues qu'un conducteur présentant une conduite plus fluide (Abusalem et al., 2019) (Zito, 2009).

1.2.3 Le bâtiment

Les bâtiments impactent également cette dispersion. En effet, la forme et la hauteur d'un bâtiment influencent les champs du vent et peuvent créer des pièges pour les polluants (Carruthers et al., 2012). De nouveau, le comportement des citoyens joue un rôle important. L'utilisation du chauffage émet des PM, des HAP et du CO. D'autres polluants - selon le type de carburant utilisé - peuvent également être piégés dans les rues (Herich & Hueglin, 2013).

1.2.4 La végétation

Plusieurs éléments tels que la hauteur et la densité de la végétation impacteront la dispersion des polluants. Plus la végétation sera dense, plus celle-ci aura tendance à bloquer la circulation de l'air (Air Quality Expert Group to the Department for Environment, 2018). D'autre part, la végétation peut également être vue comme source de polluant. Elle émet des COV, lesquels sont des précurseurs de PM et d'ozone (Churkina et al., 2017) (Novak, 2002). De plus, elle participe indirectement aux rejets d'ammoniac. L'épandage sur les champs et les cultures contribue à la formation des PM (Viatte et al., 2020). Des effets bénéfiques existent également : la végétation est capable d'absorber les polluants afin de diminuer leur présence à l'échelle locale (Janhäll, 2015).

1.2.5 Conditions météorologiques et climat

La condition météorologique influence directement la qualité de l'air. Le vent, les précipitations et l'ensoleillement sont des facteurs dont il faut tenir compte, car ils influencent la dispersion et la formation de polluants secondaires. Comme l'a montré l'épisode de smog à Londres en 1952, l'inversion thermique et l'ensoleillement ont favorisé une pollution de l'air (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019).

Le climat représente les conditions météorologiques moyennées sur 30 ans pour un lieu donné. En Belgique, le climat est dit tempéré. Les hivers sont pluvieux et les étés sont frais. Le climat est influencé par différentes conditions atmosphériques. De l'air froid provient du pôle Nord et de l'air chaud arrive des régions subtropicales. Ces 2 masses d'air entrent en contact et vont se déplacer avec le temps. Lorsque la masse d'air chaud se déplace vers le Nord, des températures plus chaudes s'installeront et réciproquement.

Il arrive que des températures ou des phénomènes météorologiques se produisent lors des différentes saisons alors que ceux-ci ne sont pas « normaux ». Cela s'explique par le mouvement des deux masses d'air, qui parfois ne bougent pas pour une durée plus longue. L'été 1976 a ainsi vu ses températures dépasser les 30°C pendant plus de deux semaines de suite. En avril 2007, aucune goutte de pluie n'est tombée à Uccle (Institut royal météorologique, 2021). Le tableau 1 reprend le climat général mois après mois.

Tableau 1: Le climat belge mois après mois

Mois	Température		Précipitations	Autre phénomène
Janvier	Moy max: 2 à 7°C	Max: 15,3°C	Varient entre 55 et 160 mm entre les différentes régions, Pluie journalière peu importante	Mois le plus froid de l'année Possibilité de tempêtes avec des vents pouvant dépasser les 100 km/h
	Moy min: -3 à 1°C	Min: -18,7°C		
Février	Moy max: 2 à 7°C	Max: 22,4°C	Pluie entre 40 et 125 mm dépendant des régions Mois le plus neigeux	11 jours de gel en moyenne à Uccle Tempêtes probables
	Moy min: -3,5 à 1°C	Min: -25,2°C		
Mars	Moy max: 6,5 à 11°C	Max: 25,8°C	Précipitations varient entre 50 et 130 mm Neige encore possible	Possibilité de gel Tempêtes encore possibles
	Moy min: -3 à 1°C	Min: -21°C		
Avril	Moy max: 10,5 à 15°C	Max: 31,4°C	Précipitations varient entre 40mm et 90mm La neige est encore possible	Gel rarement Vents à grande vitesse probable
	Moy min: 1 à 5,5°C	Min: 11,8°C		
Mai	Moy max: 15 à 19,5°C	Max: 34,1°C	Pluie tous les 2 jours en moyenne Précipitations entre 60mm et 100mm Neige possible dans les hauts plateaux	Ensoleillement important Orages et tempêtes localement et de courte durée possibles
	Moy min: 5 à 9°C	Min: -2,2°C		
Juin	Moy max: 17,5 à 21,5°C	Max: 36,9°C	Précipitations entre 60 et 110 mm.	Vents importants peuvent se reproduire à plusieurs reprises
	Moy min: 8 à 12°C	Min: -2,8°C		
Juillet	Moy max: 20 à 24°C	Max: 38,8°C	Précipitations entre 60 et 120 mm. Précipitations extrêmes possibles	Mois orageux avec des vents très intenses Mois avec l'ensoleillement le plus important
	Moy min: 10 à 14°C	Min: 0,8°C		
Août	Moy max: 19,5 à 23,5°C	Max: 38,6°C	Précipitations entre 65 et 115 mm Pluie intense possible	Mois orageux avec possibilité de vent violent
	Moy min: 9 à 13,5°C	Min: 0°C		
Septembre	Moy max: 16,5 à 20°C	Max: 34,9°C	Varient entre 60 et 120 mm Longue période sèche ou pluvieuse possible	Peut-être plus chaud que le mois d'août Orages et tempêtes diminuent
	Moy min: 6,5 à 11°C	Min: -4,3°C		
Octobre	Moy max: 12 à 15,5°C	Max: 28,8°C	Averses varient entre 60 et 130 mm Averses intenses possibles ainsi que des périodes sèches	Neige probable Début de tempêtes hivernales n'impactant pas la Région wallonne
	Moy min: 4,5 à 8°C	Min: -10,9°C		
Novembre	Moy max: 6 à 10°C	Max: 23,1°C	Précipitations varient entre 60 et 130 mm La pluie peut se prolonger pendant plusieurs journées	Brume et brouillard fréquents Probabilité de neige Très peu d'orages
	Moy min: 1 à 4,5°C	Min: -17°C		
Décembre	Moy max: 2,5 à 7°C	Max: 17,1°C	Précipitations varient entre 60 et 170 mm Précipitations peuvent durer plusieurs jours	Mois le plus sombre Probabilité de neige Vents importants possibles
	Moy min: -2 à 2°C	Min: -21°C		

1.3 La surveillance

1.3.1 Législation

À l'heure actuelle, deux directives régissent la matière. Premièrement, il y a la directive 2008/50/CE qui régit les SO_x, les NO_x, l'ozone, le monoxyde de carbone, le benzène, les PM et le plomb. La seconde directive, 2004/107/CE, porte quant à elle sur les HAP, le nickel, l'arsenic et le cadmium. Ces deux directives couvrent déjà un certain nombre de polluants mais certains ne sont pas réglementés pour des raisons budgétaires et technologiques (Institut scientifique de service public, 2020e).

La directive 2008/50/CE donne des responsabilités aux différents États membres, comme d'assurer l'exactitude des mesures et de vérifier les méthodes d'évaluation. En outre, la directive liste également les méthodes de référence permettant de mesurer les différents polluants. Par exemple, la norme EN 1421:2012 décrit exactement ce qu'il faut respecter pour la norme NO₂. Le mesurage se fait par chimiluminescence. Les méthodes pour le mesurage des PM₁₀ sont détaillées dans la norme EN 12341:2014. La méthode est une mesure gravimétrique, à l'instar des PM_{2,5}. Pour l'ozone, la méthode de référence se trouve dans la norme EN 14625:2012 et est la mesure par photométrie UV. L'annexe 11 de la directive décrit également des valeurs limites afin de protéger la santé des hommes. Le tableau 2 résume ces valeurs (Commission européenne, 2019).

Tableau 2: valeurs limites selon AEE (González Ortiz et al., 2020)

Pollutant	Averaging period	Legal nature and concentration	Comments
PM ₁₀	1 day	Limit value: 50 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 35 days per year
	Calendar year	Limit value: 40 µg/m ³	
PM _{2,5}	Calendar year	Limit value: 25 µg/m ³	Average exposure indicator (AEI) (*) in 2015 (2013-2015 average)
		Exposure concentration obligation: 20 µg/m ³ National exposure reduction target: 0-20 % reduction in exposure	AEI (*) in 2020, the percentage reduction depends on the initial AEI
O ₃	Maximum daily 8-hour mean	Target value: 120 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 25 days/year, averaged over 3 years (b)
	1 hour	Long-term objective: 120 µg/m ³ Information threshold: 180 µg/m ³ Alert threshold: 240 µg/m ³	
NO ₂	1 hour	Limit value: 200 µg/m ³ Alert threshold: 400 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 18 hours per year To be measured over 3 consecutive hours over 100 km ² or an entire zone
	Calendar year	Limit value: 40 µg/m ³	
BaP	Calendar year	Target value: 1 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀
SO ₂	1 hour	Limit value: 350 µg/m ³ Alert threshold: 500 µg/m ³	Not to be exceeded on more than 24 hours per year To be measured over 3 consecutive hours over 100 km ² or an entire zone
	1 day	Limit value: 125 µg/m ³	
CO	Maximum daily 8-hour mean	Limit value: 10 mg/m ³	Not to be exceeded on more than 3 days per year
C ₆ H ₆	Calendar year	Limit value: 5 µg/m ³	
Pb	Calendar year	Limit value: 0.5 µg/m ³	Measured as content in PM ₁₀
As	Calendar year	Target value: 6 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀
Cd	Calendar year	Target value: 5 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀
Ni	Calendar year	Target value: 20 ng/m ³	Measured as content in PM ₁₀

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

(b) In the context of this report, only the maximum daily 8-hour means in 1 year are considered, so no average over the 3-year period is presented.

Sources: EU (2004, 2008).

Une autre source connue de directives sur la qualité de l'air est l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Ces directives contiennent des valeurs guides pour différents États, qui ne sont pas obligatoires et servent de recommandations ne pouvant pas être appliquées directement en tant que normes (Goodsite et al., 2021). L'objectif est d'informer les différents partis politiques afin de permettre aux législateurs d'adapter les valeurs en fonction de leurs besoins et leurs moyens (Institut scientifique de service public, 2020e). L'OMS a rédigé des directives pour les polluants classiques tels que les PM, l'ozone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre. C'est également le cas pour les polluants inorganiques, des bisphénols polychlorés, des COV, des dioxines et de certains polluants d'air intérieur (Goodsite et al., 2021).

Le tableau 3 compare les valeurs de l'OMS aux valeurs de l'Union européenne. Les colonnes « Valeurs européennes » et « Valeurs OMS » sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sauf pour le BaP, exprimé en ng/m^3 . On constate que, selon les estimations de l'OMS, la valeur limite de l'ozone est dépassée à 95% du temps. Finalement, on constate également que les valeurs de l'OMS sont plus strictes que celles de l'Union européenne (Romain, 2021).

Tableau 3: Comparaison entre les valeurs limites européennes et de l'OMS

Polluant	Valeurs européennes	Exposition de la population urbaine (%)	Valeurs OMS	Estimation de l'exposition (%)
PM₁₀	Jour (50)	13 - 19	Année (20)	42 - 52
PM_{2.5}	Année (25)	6 - 8	Année (10)	74 - 81
O₃	8 heures (120)	12 - 29	8 heures (100)	95 - 98
NO₂	Année (40)	7 - 8	Année (40)	7 - 8
BaP	Année (1)	17 - 20	Année (0,12)	83 - 90
SO₂	Jour (125)	< 1	Jour (20)	21 - 31

Afin de respecter les différentes valeurs imposées par l'Europe, un réseau de mesure a été mis en place. La section « réseau de mesure » décrit dans un premier temps le réseau européen et dans un second temps, le réseau de mesure wallon.

1.3.2 Le réseau de mesure

Le réseau de mesure permet de vérifier les concentrations des différents polluants dans notre atmosphère. L'Europe a mis en place un réseau d'information et d'observation pour l'environnement en 1994. Il s'agit du réseau « Eionet ». Pour mettre en place un tel réseau, une collaboration étroite entre les différents pays membres et l'Agence européenne de l'environnement (AEE) a été développée. Au total, 32 pays font partie de cette agence. On y retrouve les États membres de l'Union européenne ainsi que l'Albanie, la Bosnie-Herzégovine, la Macédoine du Nord, le Monténégro, la Serbie et le Kosovo. Le rôle de l'AEE est d'organiser et de déployer ce réseau. Afin de faciliter cette collaboration, des cellules spécifiques ont été créées dans les différents États membres. Leur objectif est d'agencer les réseaux nationaux et de vérifier le respect des normes de qualité de l'air. De plus, ces cellules doivent récolter un grand nombre d'informations sur l'environnement afin de les transmettre à l'AEE (European Environment Agency, 2020a).

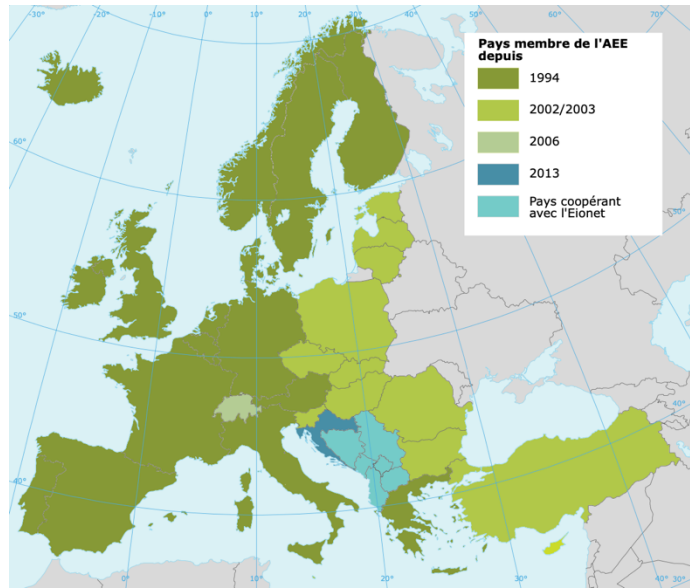


Figure 2: Les différents pays membres de l'AEE
Source: (European Environment Agency, 2020a)

En Belgique, la cellule principale est la cellule interrégionale de l'environnement (CELINE). On parle également d'un point focal national (PFN). Il s'agit d'un groupe d'experts qui communique étroitement avec l'AEE. CELINE regroupe toutes les valeurs des différentes institutions, c'est-à-dire des différentes régions (European Environment Agency, 2012).

1.3.2.1 Réseau de mesure wallon

En Wallonie, l'Institut scientifique de service public est responsable de la surveillance du réseau. Il y a trois réseaux différents: le réseau télémétrique, le non-télémétrique et le mobile (Institut scientifique de service public, 2014). L'utilisation de ces réseaux dépend du polluant que l'on souhaite mesurer (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019).

1.3.2.1.1 Réseau télémétrique

Plusieurs instruments et capteurs sont installés et enregistrent en permanence les polluants présents. Le territoire wallon est couvert par 24 stations appartenant au réseau télémétrique (Institut scientifique de service public, 2014). Le tableau 4 correspond aux stations et aux polluants mesurés pour chacune d'entre elles. On y retrouve l'enregistrement de l'ozone, des oxydes d'azotes, du dioxyde de soufre, des particules en suspension, du monoxyde de carbone et du carbone noir (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019). Cette mesure se fait automatiquement et est moyennée toutes les 30 minutes. Une fois mesurés, les résultats sont envoyés à une base de données informatique centralisée qui est en même temps un réseau d'alerte. En effet, cette base de données centralisée est capable de fournir des informations en continu et prévient s'il y a dépassement des valeurs qui peuvent impacter la santé de la population. De plus, les valeurs mesurées sont directement publiées afin d'informer la population (Institut scientifique de service public, 2020f).

Tableau 4: Réseau de mesure en temps réel

Code	Localité	SO ₂	NO _x	O ₃	CO	PM10	PM2.5	BC	Météo
TMCH01	Marchienne	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
TMCH02	Marcinelle					✓	✓		✓
TMCH03	Charleroi, bd Mayence		✓		✓	✓	✓		
TMCH04	Lodelinsart	✓	✓	✓		✓	✓		✓
TMCH05	Châtelineau	✓				✓	✓		
TMEG01	Engis	✓	✓	✓		✓	✓		✓
TMLG04	Angleur					✓	✓		✓
TMLG05	Herstal		✓	✓		✓	✓	✓	✓
TMLG06	Liège (Val Benoît)	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
TMM001	Mons		✓	✓	✓	✓	✓		
TMNM01	Namur		✓	✓ ⁽¹⁾	✓ ⁽²⁾	✓	✓	✓	
TMNT01	Dourbes	✓	✓	✓		✓	✓		
TMNT02	Corroy-le-Grand	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
TMNT03	Vezin		✓	✓		✓	✓		
TMNT04	Offagne		✓	✓		✓	✓		
TMNT05	Sinsin	✓	✓	✓		✓	✓		
TMNT06	Sainte-Ode		✓	✓		✓	✓		✓
TMNT07	Habay-la-Vieille	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
TMNT08	Eupen	✓	✓	✓					
TMNT09	Vielsalm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
TMNT10	Membach					✓	✓		
TMSG01	Jemeppe	✓	✓		✓	✓	✓		✓
TMSG02	Saint-Nicolas					✓	✓		✓
TMTO01	Tournai (Havennes)	✓	✓	✓	✓	✓	✓		

(1) à partir du 09/04/2019 inclus (2) jusqu'au 07/04/2019 inclus

(Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019)

1.3.2.1.2 Réseau non télémétrique

Contrairement au réseau télémétrique, les résultats ne sont pas immédiats. Ils nécessitent un passage obligatoire par le laboratoire. Les polluants sont retenus via absorption ou filtration. Par la suite, les filtres sont récupérés et amenés en laboratoire afin d'y être analysés. Cette technique permet de mesurer les métaux lourds, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), le fluor, l'ammoniac et les composés organiques volatils (COV). Dès lors, des réseaux spécifiques ont été créés pour ces polluants (Institut scientifique de service public, 2020f).

1.3.2.1.3 Réseau mobile

Actuellement, ce réseau est composé de 16 remorques, 4 stations et une multitude d'analyseurs. Ce réseau est utilisé dans des zones peu étudiées, c'est-à-dire où la pollution n'est pas bien connue. Il y a également d'autres zones où aucune station de mesure n'est présente. Dans ces cas, le réseau mobile est utilisé. (Institut scientifique de service public, 2020f).

1.3.2.1.4 La maintenance

Afin de garantir les mesures, les instruments de mesure sont soumis à des maintenances. Il en existe deux types: préventives ou correctives. Les maintenances préventives sont généralement réalisées une fois par mois et sont prévues systématiquement selon des prescriptions du constructeur et des experts de l'ISSeP. L'objectif est de garantir de bonnes conditions afin que les

capteurs puissent effectuer des mesures en permanence. Une maintenance plus importante est réalisée une fois par an. Des étalonnages et des changements de pièces sont alors également prévus.

Les maintenances correctives ont lieu lorsque des pannes ont pu être détectées (L. Spanu, communication personnelle, avril 2021).

1.4 L'impact sanitaire

En ce qui concerne la dangerosité des polluants, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a établi une liste reprenant un grand nombre de polluants. Ceux-ci sont classés dans différentes catégories allant de non cancérigènes à cancérigènes pour l'homme.

1.4.1 Les classes selon le CIRC

Le CIRC a créé 5 classes permettant de déterminer la cancérogénicité d'une substance. Néanmoins, l'interprétation de ces classes est sujette à précautions. En effet, une classe ne représente aucune probabilité certaine pour le développement d'un cancer. De manière générale, plus la classe est petite, plus il y a des preuves pouvant démontrer qu'un polluant peut induire un cancer.

Tous les polluants n'en font pas partie mais un grand nombre s'y retrouvent à l'heure actuelle. Le tableau 5 reprend la répartition des 1028 agents dans les 5 classes présentées par le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer, 2021).

Tableau 5: Les classes de cancérogénicité selon le CIRC

Classes	Description	Nombre d'agents
1	Cancérigène pour l'humain	121
2A	Probablement cancérigène pour l'humain	89
2B	Possiblement cancérigène pour l'humain	318
3	Non classifiable vis-à-vis de la cancérogénicité	499
4	Agent probablement non cancérigène	1

1.4.1.1 La classe 1

Il s'agit de la classe la plus dangereuse. Une substance est placée dans cette catégorie lorsqu'il y a assez de preuve entre le développement d'un cancer et le polluant. Ces preuves proviennent principalement d'études épidémiologiques au sein de personnes exposées à cette substance. Il est également possible qu'une substance soit placée dans cette catégorie lorsqu'il y a suffisamment de preuves de développement de cancer au sein d'animaux de laboratoire (Centre international de recherche sur le cancer, 2019).

1.4.1.2 La classe 2

Au sein de la deuxième catégorie se trouvent les polluants qui peuvent favoriser le développement d'un cancer chez l'homme et l'animal. Certaines substances ont des arguments pour le développement d'un cancer, mais ceux-ci ne sont pas assez solides pour en déduire un réel danger pour la population. D'autres substances ont un impact important sur les animaux de laboratoire, mais les arguments ne sont pas applicables pour l'homme. Ceci implique une subdivision au sein

de la classe afin de pouvoir distinguer ces polluants (Centre international de recherche sur le cancer, 2019).

1.4.1.3 2A

Cette catégorie est utilisée lorsque les preuves sont suffisantes pour les animaux de laboratoire, mais pas pour l'humain. Toutefois, l'agent possède un certain nombre d'éléments clés favorisant un développement d'un cancer chez l'homme. Ces éléments clés restent limités car le développement du cancer et l'exposition à la substance sont fortement liés, mais d'autres aspects tels que des biais ne peuvent pas être exclus à ce développement (Centre international de recherche sur le cancer, 2019).

1.4.1.4 2B

Cette catégorie est utilisée si les experts n'ont procédé qu'à une seule évaluation. Ils ont soit trouvé des arguments limités favorisant un cancer pour l'homme, soit trouvé des preuves suffisantes chez des animaux de laboratoire (Centre international de recherche sur le cancer, 2019).

1.4.1.5 Classe 3

Cette catégorie est utile lorsque les arguments démontrant le lien entre l'agent et le développement du cancer sont faibles, voire insuffisants chez l'homme. Pour les animaux de laboratoire, les preuves sont restreintes. Il n'est donc pas possible de tirer des conclusions (Centre international de recherche sur le cancer, 2019).

1.4.1.6 Classe 4

Finalement, cette dernière catégorie implique qu'il y a différentes études qui indiquent que la substance ne possède aucune caractéristique cancérigène pour l'humain et les animaux en laboratoire (Cancer Environnement, 2020).

Tous ces polluants se trouvent dans notre atmosphère et certains peuvent donc impacter notre santé. Il est donc nécessaire de les suivre et de les mesurer afin de connaître les quantités auxquelles les personnes sont soumises. Des indicateurs de qualité de l'air ont été mis au point afin d'informer la population de cette dernière.

2 Les indicateurs

2.1 Le BelAQI

L'indice BelAQI est issu du même projet qu'au Pays-Bas. L'indice s'appuie principalement sur les effets sanitaires des polluants, c'est-à-dire que les différentes échelles sont définies vis-à-vis de l'effet de chacun sur l'humain. Ces effets ont été définis en tenant compte du rapport de l'OMS « Health Risks of Air Pollution in Europe ». Celui-ci définit un risque relatif basé sur l'augmentation des impacts lors de l'accroissement des concentrations de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Afin de pouvoir calculer cet indicateur, il est nécessaire de connaître les concentrations de 4 polluants : le NO_2 , l' O_3 , $\text{PM}_{2.5}$ et les PM_{10} . Pour chacun de ces polluants, 10 sous-classes ont été créées. Pour les $\text{PM}_{2.5}$ et PM_{10} , une moyenne journalière est calculée. Concernant l'ozone, une moyenne maximale sur 8 heures était initialement calculée. Des décisions européennes ont changé cette mesure: désormais, une moyenne horaire est calculée afin de retenir la valeur maximale de la journée. Le NO_2 est calculé de la même manière. Le sous-indice le plus élevé est retenu pour chaque polluant afin de retenir le plus élevés des 4. En fin de journée, le sous-indice le plus élevé est retenu et représente la qualité de l'air journalière. (Cellule interrégionale de l'environnement, s. d.).

2.2 L'indice européen

L'indice européen de la qualité de l'air représente l'état à court terme et reflète donc une exposition aiguë. Il se mesure sur la base de 5 polluants. Ceux-ci sont les particules fines en suspension (PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$), l'ozone, le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre. Il reprend donc les 4 polluants du BelAQI et le SO_2 . L'Agence européenne pour l'environnement calcule l'index pour chaque heure à travers les différents pays qui font partie de l'Espace économique européen. Les données utilisées proviennent des différents pays membres. Cela peut être problématique car les données ne sont pas vérifiées par tous les pays. En cas de données manquantes, l'Agence européenne pour l'environnement complète les données à l'aide d'un modèle de qualité de l'air CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service). Pour cet indicateur, chaque polluant est subdivisé en 6 sous-classes. Celles-ci ont une signification précise et ont pour objectif d'informer la population.

- *Good* : Pour les deux classes, la qualité de l'air est bonne. Il n'y a pas de risque et toutes les activités extérieures sont réalisables sans impacter l'humain.
- *Fair* : La qualité de l'air n'impacte pas encore notre activité extérieure.
- *Moderate* : Pour la population générale, les activités extérieures ne posent pas encore de problème. Néanmoins, les personnes plus sensibles peuvent avoir des symptômes de difficultés respiratoires. Il vaut mieux cesser les activités physiques intenses extérieures.
- *Poor* : La population générale peut être touchée par des symptômes tels que des maux de gorge ou de la toux. Il est donc recommandé de réduire les activités intenses à l'extérieur. Pour la population précarisée, on recommande de limiter tout effort physique à l'extérieur.
- *Very poor* : Pareil que la classe précédente. Néanmoins, pour les personnes sensibles, il est fortement recommandé de réduire des activités physiques.

- *Extremely poor* : Pour la population générale, il vaut mieux réduire les activités à l'extérieur. Pour les plus sensibles, il vaut mieux éviter toute activité en extérieur (European Environment Agency, 2020b).

2.3 Les polluants dans les indices

2.3.1 Les PM₁₀ & PM_{2.5}

Les PM représentent des particules fines en suspension dans l'air. Ces particules peuvent être solides ou liquides et deviennent des aérosols. Le terme « en suspension » indique que ces particules ont tendance à ne pas sédimenter. Leur composition, leur densité et leur taille peuvent varier. Les PM₁₀ représentent toutes les particules avec une taille inférieure à 10 microns. Les PM_{2.5} sont des particules dont la taille est inférieure à 2,5 microns. De plus, ces caractéristiques influencent la toxicité et leur impact environnemental. Les petites particules peuvent être composées de sulfates, de nitrates, de carbone ou de métaux, alors que les grosses sont souvent composées par des éléments tels que des sels. Plus une particule est petite, plus elle aura tendance à rester dans l'atmosphère. Ceci implique que ces particules peuvent être transportées bien plus loin que les plus grosses particules (Institut scientifique de service public, 2020d).

2.3.1.1 Sources, formation et composition

On distingue les particules primaires aux secondaires. Les premières sont rejetées directement dans l'environnement principalement à cause de combustions incomplètes, de l'épandage sur les cultures mais également suite à d'autres activités. Les particules secondaires sont formées en réagissant avec différents gaz. Il s'agit de réactions chimiques, d'agrégats de plusieurs polluants (Institut scientifique de service public, 2020d). Comme pour la majorité des polluants, il y a des sources naturelles et anthropiques. Les sources naturelles sont nombreuses. Voici quelques exemples: érosion, pollens, feux de forêt, déserts, sels de mer et volcanisme (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019). En ce qui concerne les sources anthropiques, toute activité avec combustion émet des particules, comme par exemple la production d'énergie et les industries. En outre, les industries et l'agriculture émettent d'autres éléments qui peuvent réagir pour former des particules secondaires. Néanmoins, leurs émissions ont été réduites suite aux mesures prises dans le secteur industriel et à la fermeture d'un grand nombre d'industries (Institut scientifique de service public, 2020d). Globalement, les sources naturelles sont plus importantes que les anthropiques, mais les sources anthropiques dominent dans l'hémisphère nord (Romain, 2021).

La figure 3 décrit les 4 étapes de formation des particules.

- Mode 1 : La nucléation (1 à 10 nm)
 - Les gaz dans l'air s'associent pour former une molécule plus lourde qui peut passer de la phase gazeuse à une phase particulaire. Elle attire donc d'autres éléments et devient plus lourde.
- Mode 2 : Mode Aitken (10 – 100 nm)
 - Sur les nanoparticules formées au mode 1 se collent d'autres gaz chauds qui vont se condenser. On obtient des particules ultras fines.
- Mode 3 : Accumulation 100 nm – 1 micron

- Les particules peuvent s'associer pour former d'autres particules.
- Mode 4 : Coarse mode (>1 micron)
 - C'est principalement le cas des émissions primaires (Romain, 2021)

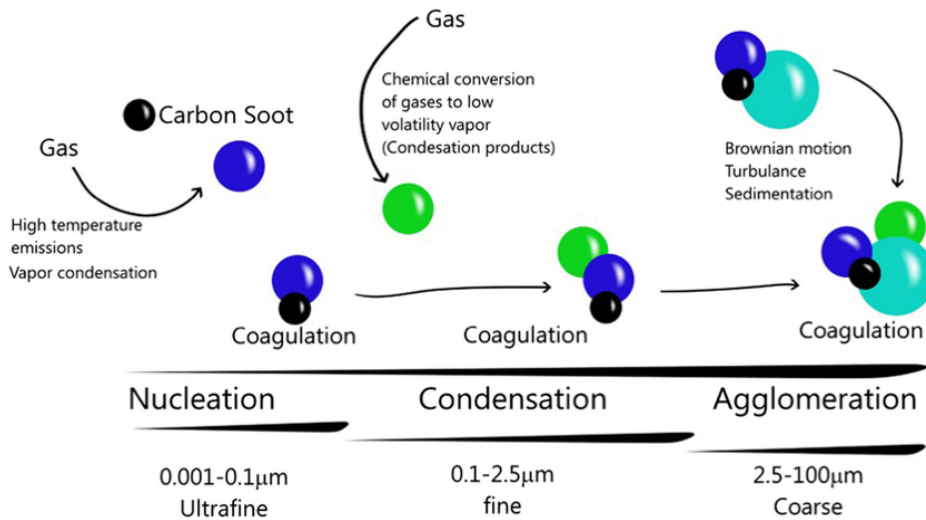


Figure 3: Différentes phases de la formation des PM

(Sada-Ovalle et al., 2016)

La composition des particules est fonction de leur origine et influe directement sur leur persistance dans l'atmosphère mais également sur leur toxicité pour l'organisme (« Les effets ») (Institut scientifique de service public, 2020d).

2.3.1.2 Effets

Il va de soi que les particules fines ont un impact sur notre santé. Néanmoins, il n'est pas possible de généraliser leurs effets, car ils dépendent de la composition des particules. De manière générale, plus une particule est petite, plus elle pourra pénétrer profondément dans le corps humain et entrer dans notre système sanguin. Elles contribuent donc à une diminution de notre qualité de vie. Les effets peuvent impacter l'humain à long et à court terme. À long terme, nous pouvons citer des exemples tels que le développement de cancer et de l'asthme. À court terme des réactions inflammatoires des poumons sont possibles.

Il y a également des impacts environnementaux. Les particules sont un mélange de plusieurs substances toxiques qui peuvent se retrouver dans les eaux, le sol et sur les plantes, pouvant empêcher la croissance de celles-ci. Finalement, les PM sont également connues pour la dégradation du patrimoine historique (Institut scientifique de service public, 2020d).

2.3.1.3 Mesure

Les analyseurs pour les PM sont les EDM180 de l'entreprise GRIMM. Ces capteurs sont dotés d'un système optique et sont capables de mesurer les PM₁₀, PM_{2.5} et PM₁ en même temps. Un laser est utilisé et est source de lumière. La diffusion de cette lumière permet de compter le nombre de particules. Lorsque la particule passe à travers la source lumineuse, elle émet un signal. Ce signal est collecté par un miroir et est transféré vers un classificateur multicanal. Ceci permet de comptabiliser les différentes particules. Au total, plus de 30 canaux de taille différente existent. Par la suite, un algorithme permet de transformer le nombre de particules en une masse (GRIMM

Aerosol Technik GmbH, 2003). Néanmoins, cette méthode n'est pas la méthode de référence selon la directive européenne CAFE 2008/50/CE. Il faut donc prouver la similitude de cette méthode à la méthode de référence (L. Spanu, communication personnelle, avril 2021).

2.3.1.4 Réglementation

La directive 2008/50/CE établit des valeurs limites à respecter (tableau 6). En cas de non-respect, un plan d'action doit être mis en place afin de lutter contre la pollution (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019).

Tableau 6: Valeurs limites pour les PM selon la directive 2008/50/CE

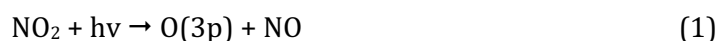
Polluant	Valeur	Période	Critères
PM₁₀	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	24h	50 µg/m ³ . Ne peut être dépassée plus de 35 fois par an
		Année civile	40 µg/m ³
PM_{2.5}	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Année civile	20 µg/m ³

2.3.2 L'ozone

L'ozone est une molécule naturellement présente dans l'atmosphère. Elle est composée de 3 molécules d'oxygène. Il faut distinguer les différents types d'ozones, c'est-à-dire l'ozone stratosphérique et l'ozone troposphérique. L'ozone stratosphérique permet d'éliminer des rayons UV et rend la vie sur terre possible. Au contraire, l'ozone troposphérique impacte de manière négative la vie sur terre et est classé comme polluant (Institut scientifique de service public, 2020b).

2.3.2.1 Sources

Une partie de l'ozone provient de la stratosphère. Une autre partie est due à des réactions, car l'ozone est un produit de réaction, à savoir l'oxydation photochimique, et dépend de la présence du NO - NO₂. Le NO₂ se photolyse facilement sans apport d'énergie trop important. Plus l'apport d'énergie est important, plus la réaction sera efficace. Cette énergie correspond à des rayons solaires, ce qui implique que la production a lieu pendant la journée. La photolyse du NO₂ forme un oxygène radicalaire et du NO radicalaire, ce qui correspond à l'équation (1). Cet oxygène radicalaire agit avec l'oxygène (équation 2), qui est présent en abondance dans notre atmosphère et permet la formation de l'ozone (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019).



Pendant la nuit, l'ozone se détruit en réagissant avec du NO (équation 3). Les phénomènes de production et de destruction sont donc en équilibre (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019).



Néanmoins, cet équilibre n'explique pas à lui seul toutes les valeurs mesurées. Dans les zones urbaines, le NO ne détruit pas assez l'O₃. D'autres mécanismes interviennent. En effet, les NO ne suffisent pas car les COV entraînent un déséquilibre (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019). Ils agissent avec les NO et bloquent donc une partie de la destruction de l'ozone (Romain, 2021).

Il existe également d'autres mécanismes formant des radicaux. Ceux-ci ont un rôle important dans la balance de la formation et de la destruction de l'ozone. Le radical OH est très réactionnel et réagit avec du CO en l'oxydant pour former de l'hydrogène radicalaire (équation 4). Le radical H rencontre par la suite de l'O₂ présent dans l'atmosphère, afin de former du HO₂ (équation 5). Le HO₂ agit avec du NO qui est formé lors de la photolyse afin de reformer du NO₂ et du OH (équation 6) (Romain, 2021).



On produit donc plus d'ozone dans les centres urbains, industriels, car on y produit plus de NO₂ suite aux combustions. Quand on s'éloigne des centres urbains, les mécanismes sont différents en raison du manque de NO₂ (Romain, 2021).

De manière générale, il y a plus d'ozone troposphérique dans le sud de la Belgique alors que la zone est peu polluée. Cela s'explique par le NO. En milieu rural, on forme moins de NO, ce qui implique une destruction moindre de l'ozone. Sachant que l'ozone a un temps de séjour plus important que le NO, celui-ci aura le temps de se déplacer des zones urbaines vers des zones rurales. On a donc trop d'ozone dans les milieux ruraux et pas assez de NO pour le détruire. Cela engendre une accumulation d'ozone, appelée ozone de fond. De plus, dans ces milieux ruraux, certains COV bloquent d'autant plus le mécanisme de destruction puisque les COV agissent eux-mêmes avec le NO (Romain, 2021).

2.3.2.2 Effets

Les effets sur notre santé ne sont pas négligeables. L'ozone dégrade nos cellules au niveau muqueux et peut donc altérer les fonctions pulmonaires. De plus, il peut également engendrer des réactions inflammatoires, ce qui peut poser problème aux personnes sensibles lors des pics de pollution. Ces personnes sont principalement des enfants ou des personnes souffrant de problèmes respiratoires (Institut scientifique de service public, 2020b).

En ce qui concerne l'environnement, l'ozone a des conséquences sur la photosynthèse. Elle perturbe la croissance des végétaux. De plus, il s'agit d'un gaz à effet de serre (Institut scientifique de service public, 2020b).

2.3.2.3 Mesure

L'absorption UV est la méthode de référence pour mesurer ce polluant. L'analyseur utilisé est l'APOA 370 de HORIBA. L'air passe d'abord dans un filtre d'épurateur d'ozone. Cet air épuré subit un rayonnement UV et émet un signal dont l'intensité vaut I₀. En même temps, un échantillon d'air passe immédiatement dans la chambre de mesure sans être épuré. Cet échantillon est également

soumis au rayonnement UV et émet un signal dont l'intensité vaut I . Grâce à la loi de Beer-Lambert, il est possible, à l'aide des deux intensités, de calculer la concentration d'ozone, car celle-ci dépend du rapport I/I_0 (ATMO Franche Comté, 2016).

2.3.2.4 Réglementation

La directive 2008/50/CE établit des valeurs à respecter pour l'ozone. On y retrouve des valeurs dont l'objectif est de protéger la santé humaine et l'environnement. Sachant que l'ozone est un perturbateur pour les personnes sensibles, des valeurs d'alerte et d'information ont été établies. Le seuil d'information doit être communiqué au public et le seuil d'alerte permet d'établir un plan d'action lorsque le seuil est dépassé pendant 3 heures consécutives. Le tableau 7 reprend les différentes valeurs.

Tableau 7: Valeurs limites pour l'ozone selon la directive 2008/50/CE

Objectif	Valeurs	Période	Seuil
Protection de la santé humaine	Seuil d'information	Moyenne horaire	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Seuil d'alerte	Moyenne horaire	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Valeur cible	Max. journalier à partir de moyennes mobiles horaires sur 8h	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ne pouvant pas être dépassée plus de 25 fois par an
	Long terme	« Maximum journalier, calculé à partir des moyennes horaires sur 8h, pendant une année civile. »	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2.3.3 Le dioxyde d'azote

Le NO_2 fait partie des oxydes d'azote (NO_x). On retrouve en général le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote qui sont tous les deux en équilibre.

2.3.3.1 Sources

Généralement, c'est le NO qui est émis dans l'environnement. Les rejets proviennent essentiellement de sources anthropiques. En région wallonne, le secteur des transports est responsable de la moitié de ces rejets, suivi par le secteur industriel. Ensemble, ils sont responsables de 80% des émissions de NO en Wallonie (Institut scientifique de service public, 2020c). Le NO provient également de sources naturelles telles que des procédés de nitrification et les éclairs. Néanmoins, la combustion est la source principale (Romain, 2021). Le NO a une durée de vie assez courte et se transforme en dioxyde d'azote par oxydation (Institut scientifique de service public, 2020c). Pour former du NO, il faut passer par l'oxydation de l'azote à des températures importantes. Cet azote se retrouve principalement dans notre air (Institut scientifique de service public, 2020c).

Il y a 3 façons de former du NO et du NO_2 par la suite:

- 1) NO thermique formé à haute température

- a. $N_2 + O \rightarrow NO + N$
 - b. $N + O_2 \rightarrow NO + O$
 - c. $N + OH \rightarrow NO + H$
- 2) NO fuel: l'azote provient du fuel. Lors de la combustion, l'azote se transforme en NO et puis en NO₂.
 - 3) NO prompt: Il n'y a pas de combustion. Le NO est formé par des radicaux provenant de combustion antérieure. Le NO₂ est produit en présence de l'azote atmosphérique (Romain, 2021).

2.3.3.2 Effets

Le dioxyde d'azote est un perturbateur. Il agit sur nos voies respiratoires et nos bronches, ce qui le rend d'autant plus dangereux pour les personnes souffrant de maladies respiratoires. Le dioxyde d'azote peut également causer des troubles cardio-vasculaires. De manière indirecte, le NO₂ est précurseur d'ozone et des particules fines en suspension (Institut scientifique de service public, 2020c).

De plus, ils agissent dans le bilan radiatif et dans la capacité oxydante de l'atmosphère. Ils sont à l'origine des pluies acides et entraînent l'eutrophisation (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019).

2.3.3.3 Mesure

La méthode de référence est la chimiluminescence. L'analyseur est l'APNA 370 de HORIBA. Il y a 3 phases. Dans un premier temps il faut mesurer la concentration en NO et en NO_x. Lorsque les deux ont été mesurées, il suffit de retirer la concentration en NO des NO_x. Afin de mesurer le NO, l'air entre en contact avec l'ozone, ce qui produit une réaction chimique. De la lumière est émise, captée et mesurée. La concentration en NO est connue car la quantité des rayons émis est proportionnelle à la concentration. Pour mesurer les NO_x, l'air est envoyé dans un convertisseur qui a pour objectif de transformer tout le NO₂ en NO. Par la suite, l'échantillon - qui consiste en du NO uniquement - agit avec de l'ozone afin de former des molécules de NO₂ excité. Ceux-ci émettent un rayonnement qui est également proportionnel à la concentration. Finalement, il suffit de réaliser la soustraction des deux concentrations afin de connaître la quantité de NO₂ dans l'échantillon (ATMO Bourgogne Franche Comté, 2020).



Figure 4: La mesure du NO2

Source: ATMO Bourgogne Franche Comté, 2020

2.3.3.4 Réglementation

Pour rappel, le NO₂ est réglementé par la directive 2008/50/CE qui établit des valeurs pour protéger l'homme et la végétation. Celles-ci se reposent sur des études réalisées par l'OMS. Le tableau 8 correspond aux contextes réglementaires en Wallonie (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019).

Tableau 8: Valeurs réglementaires pour le NO₂

Polluant	Valeur	Période	Critères
NO ₂	Valeur limite pour protéger l'humain	1 heure	200 µg/m ³
		Année civile	40 µg/m ³
	Seuil d'alerte	3 heures successives	400 µg/m ³

(Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019)

2.3.4 Le dioxyde de soufre

Ce gaz a un caractère acide et est soluble dans l'eau. En outre, il est piquant dans le nez humain.

2.3.4.1 Sources

Le dioxyde de soufre est produit lors de combustion de certains éléments. Le soufre s'y retrouve sous forme d'impuretés. C'est le cas du charbon et du pétrole par exemple. Lors de la combustion, le soufre s'oxyde et devient du dioxyde de soufre. Néanmoins, il y a également d'autres sources comme la métallurgie. En région wallonne, l'émetteur principal est le secteur industriel suivi par le secteur résidentiel. Une source naturelle importante est l'activité volcanique. Notons que les émissions de SO₂ ont fortement diminué grâce au développement de combustibles propres, à l'augmentation de production d'énergie nucléaire et à la fermeture d'industries lourdes (Institut scientifique de service public, 2020a).

2.3.4.2 Effets

Le dioxyde de soufre a un effet piquant pour le nez. Il perturbe et irrite les muqueuses et les yeux. Son caractère acide agit également sur nos voies respiratoires ce qui peut causer un danger pour les personnes souffrant de maladies respiratoires. À long terme et à des doses élevées, les personnes peuvent être touchées par des bronchites.

Les effets sur l'environnement sont multiples. Le dioxyde de soufre se dépose sur les plantes et empêche la croissance de celles-ci. De plus, il peut contribuer à l'acidification des sols. Le SO₂ est également connu pour d'autres phénomènes tels que les pluies acides et le smog. Finalement, son caractère agressif attaque le patrimoine historique (Institut scientifique de service public, 2020a).

2.3.4.3 Mesure

La méthode de référence pour mesurer le dioxyde soufre est la fluorescence UV. L'analyseur est l'APSA 370 de la marque HORIBA. Une source lumineuse émet des rayonnements UV et excite les molécules de SO₂. Ces molécules vont par la suite revenir à leur état fondamental par fluorescence. Lors de cette procédure, la molécule émet des rayonnements dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de SO₂ (L. Spanu, communication personnelle, avril 2021).

2.3.4.4 Réglementation

La directive 2008/50/CE établit des valeurs à respecter. On retrouve des valeurs pour protéger l'humain et l'environnement. Le tableau 9 résume celles-ci (Agence wallonne de l'air et du climat & Institut scientifique de service public, 2019).

Tableau 9: Valeurs limites pour le SO₂ selon la directive 2008/50/CE

Polluant	Valeur	Période	Critère
SO ₂	Protection de la santé humaine	1 heure	350 µg/m ³ . Ne peut être dépassée plus de 24 fois par an
		1 jour	125 µg/m ³ . Ne peut être dépassée plus de 3 fois par an
	Seuil d'alerte	3h successives	500 µg/m ³



MATÉRIEL & MÉTHODE



3 Matériel & méthode

3.1 Les indicateurs

3.1.1 Matériel

Le territoire wallon est couvert par 24 stations télémétriques qui permettent la mesure de différents polluants en direct. De ces 24 stations, 15 permettent le calcul du BelAQI car celles-ci mesurent les 4 polluants requis pour le BelAQI. Entre autres, 11 des 15 stations permettent le calcul de l'indicateur européen. Le tableau 10 représente les 15 stations télémétriques retenues.

Les données mesurées par ces stations ont été fournies par l'ISSeP. Au total, 15 fichiers ont été fournis et ceux-ci correspondent chacun à une station. Le nombre de variables mesurées varie suivant la station considérée. Parmi celles-ci seules les variables NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2.5} et le SO₂ ont été retenues. Les données présentées dans les fichiers correspondent aux concentrations des différents polluants moyennées sur 30 minutes.

Tableau 10: Stations permettant le calcul du BelAQI

Station	Type	Polluants mesurés
Corroy	Fond rural	CO, NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
Dourbes	Fond rural	NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
Engis	Industriel suburbain	NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
Habay	Fond rural	CO, NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
Havannes	Fond rural	CO, NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
Herstal	Fond urbain	BC, NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} ¹
Lodelinsart	Fond suburbain	NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} ²
Mons	Fond urbain	CO, NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} ³
Namur	Fond urbain	NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5}
Offagne	Fond rural	NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5}
Sainte-Ode	Fond rural	NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5}
Sinsin	Fond rural	NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
Val Benoit	Fond suburbain	CO, NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂
Veizin	Fond rural	NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5}
Vielsalm	Fond rural	BC, NO, NO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂

Le tableau 11 synthétise toutes les informations contenues dans les différents fichiers à l'état brut. La colonne « Nombre d'obs. » correspond au total d'observations du jeu de données. La colonne « Total données » représente le nombre de données maximales (Nombre d'obs. x Nombre de variables). Il s'agit d'une valeur théorique, cependant, des valeurs manquantes sont également présentes suite à d'éventuelles panne des instruments de mesures. Le nombre NA représente les valeurs manquantes.

¹ Initialement le SO₂ était également mesuré. Ce n'est plus le cas depuis le 10 septembre 2016

² On y mesurait également le SO₂ jusqu'en mai 2012

³ SO₂ mesuré jusqu'en décembre 2016

Tableau 11: Les données pour chaque station

Station	Nombre d'obs.	Total données	NA	NA %
Corroy	225947	903788	21978	2,43
Dourbes	222791	891164	22223	2,49
Engis	226012	904048	27636	3,06
Habay	226202	904808	23121	2,56
Havennes	169175	676700	14284	2,11
Herstal ⁴	140177	560708	12541	2,24
Lodelinsart ⁵	226241	904964	25634	2,83
Mons	226155	904620	26435	2,92
Namur	84884	339536	104724	30,84
Offagne	171100	684400	19843	2,90
Sainte-Ode ⁶	170859	683436	19936	2,92
Sinsin	225332	901328	28302	3,14
Val Benoit	169170	676680	16165	2,39
Vezen	171092	684368	20747	3,03
Vielsalm	226194	904776	23509	2,60

Le même tableau a été réalisé avec un polluant supplémentaire, le SO₂. Le tableau 12 synthétise les mêmes informations que le tableau précédent. Il y a néanmoins 4 stations télémétriques en moins car celles-ci n'ont mesuré à aucun moment le dioxyde de soufre.

Tableau 12: Les données pour le calcul de l'index européen

Station	Nbr obs	TOT données	NA	NA %
Corroy	225947	1129735	30477	2,70
Dourbes	222791	1113955	30756	2,76
Engis	226012	1130060	36621	3,24
Habay	226202	1131010	34013	3,01
Havennes	169175	845875	20528	2,43
Herstal	140177	700885	87490	12,48
Lodelinsart	226241	1131205	180409	15,95
Mons	226155	1130775	102996	9,11
Sinsin	225332	1126660	38916	3,45
Val Benoit	169170	845850	24396	2,88
Vielsalm	226194	1130970	31842	2,82

3.1.2 Méthode

Sur base des concentrations fournies dans les fichiers de l'ISSeP, nous avons pu calculer les deux indicateurs. Afin de calculer les indices journaliers, la date du premier enregistrement pour chaque polluant a été recherchée. Dans la majorité des cas, les indicateurs ont été calculés à partir du premier enregistrement des PM_{2,5}, car leur mesure est la plus récente parmi les 5 polluants.

Par la suite, des moyennes journalières ont été calculées pour les PM_{2,5} et les PM₁₀. Le NO₂, l'O₃ et le SO₂ ont subi un autre traitement. Des moyennes horaires ont été calculées afin de retenir la moyenne journalière la plus élevée. Ces étapes permettent d'obtenir une concentration par polluants par jour. Cette concentration propre à chaque polluant équivaut à un sous-indice. La conversion des concentrations en sous-indices est représentée par les tableaux 13 et 14 pour le BelaQI et l'indice européen. Les concentrations sont exprimées en µg/m³. En fin de journée, le sous-indice journalier le plus élevé est retenu et représente la qualité de l'air. Néanmoins, dans le

⁴ Des données climatiques sont également utilisées de cette station. Elles se retrouvent dans un autre fichier.

⁵ Idem.

⁶ Idem.

cadre de ce travail, l'indice européen a été adapté, c'est-à-dire qu'une moyenne journalière a été calculée alors que l'indice européen calcule la moyenne glissante.

Tableau 13: Les sous-indices du BelAQI

Indice	Classification	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂
1	Excellent	0 – 10	0 – 5	0 – 25	0 – 20
2	Très bon	11 – 20	6 – 10	26 – 50	21 – 50
3	Bon	21 – 30	11 – 15	51 – 70	51 – 70
4	Assez bon	31 – 40	16 – 25	71 – 120	71 – 120
5	Moyen	41 – 50	26 – 35	121 – 160	121 – 150
6	Médiocre	51 – 60	36 – 40	161 – 180	151 – 180
7	Très médiocre	61 – 70	41 – 50	181 – 240	181 – 200
8	Mauvais	71 – 80	51 – 60	241 – 280	201 – 250
9	Très mauvais	81 – 100	61 – 70	281 – 320	251 – 300
10	Exécrable	>100	>70	>320	>300

Tableau 14: Les sous-indices de l'indice européen

Indice	PM _{2.5}	PM ₁₀	NO ₂	O ₃	SO ₂
Good (1)	0 – 10	0 – 20	0 – 40	0 – 50	0 – 100
Fair (2)	10 – 20	20 – 40	40 – 90	50 – 100	100 – 200
Moderate (3)	20 – 25	40 – 50	90 – 120	100 – 130	200 – 350
Poor (4)	25 – 50	50 – 100	120 – 230	130 – 240	350 – 500
Very poor (5)	50 – 75	100 – 150	230 – 340	240 – 380	500 – 750
Extremely poor (6)	>75	>150	>340	>380	>750

3.1.2.1 Traitement statistique

Dans la section « Résultat », les indicateurs seront comparés. Au sein d'une même station, les résultats des différentes années ont subi des tests statistiques. Dans un second temps, des comparaisons entre les différentes stations ont également eu lieu. Cette dernière comparaison n'est possible qu'en fixant une base temporelle commune. Les indicateurs des différentes stations sont comparés à partir du 3 janvier 2013, car le calcul le plus récent n'était possible qu'à partir de cette date pour la station d'Herstal. Pour cette comparaison, la station de Namur a été exclue car les premières mesures n'ont été réalisées qu'à partir de 2016.

Les comparaisons entre les différentes années ont été effectuées grâce au test de Wilcoxon. Pour ce faire, une variable qualitative et une variable quantitative sont nécessaires. Deux tests d'hypothèses sont établis préalablement :

- H₀ : les indicateurs journaliers sont identiques entre les deux années
- H₁ : les indicateurs journaliers diffèrent entre les deux années

Lorsque les p-valeurs sont inférieures au seuil $\alpha = 5\%$, l'hypothèse H₀ peut être rejetée. Un rejet de l'hypothèse H₀ signifie que les différences entre les deux années sont suffisamment importantes et ne correspondent pas à de simples fluctuations. Lorsque H₀ ne peut être rejetée, les différences de qualité d'air entre les deux années peuvent s'expliquer par des fluctuations d'échantillonnage.

Dans la même section, l'indice journalier est soit classé comme « situation normale », soit comme « événement particulier ». Ces deux situations sont définies en se basant sur les moustaches du boxplot créées pour chaque station. Il y a des différences entre les 2 indicateurs car le BelaQI varie entre 1 et 10 et l'indice européen varie entre 1 et 6. La situation normale correspond aux indicateurs se situant entre le minimum et le maximum du graphique 8. Toute valeur au-dessus ou en dessous de cet intervalle est nommée événement particulier.

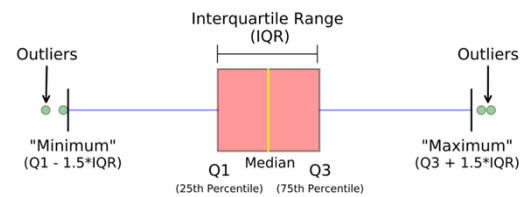


Figure 5: Description des boxplots
(Galarnyk, 2018)

3.1.2.2 Graphiques

Des treemaps ont été créés. Ces graphiques permettent d'hiérarchiser les informations tout en gardant leur proportionnalité. Dans le cadre de ce travail, chaque station possède un treemap. On y retrouve toutes les combinaisons des polluants responsables de l'indice journalier. Plus la surface est grande, plus le polluant ou la combinaison participe à l'élaboration de l'indice calculé au sein de chaque station. De plus, chaque surface appartenant à une combinaison ou un polluant est subdivisé suivant le nombre d'années retenues tout en conservant la proportionnalité. Un tel graphique permet de mettre en avant le ou les polluants dominants.

3.2 Données météo

3.2.1 Matériel

L'ISSeP a fourni 3 fichiers avec des données météorologiques depuis 2001. Ces fichiers contiennent des données telles que la direction et la vitesse du vent ainsi que la température. Ces données ont été enregistrées par 3 des 15 stations télémétriques calculant le BelaQI. Il s'agit des stations d'Herstal, de Lodelinsart et de Sainte-Ode. Toutes les données fournies ont été moyennées sur 30 minutes.

3.2.2 Méthode

Premièrement, un grand nombre de données ont été supprimées au sein des 3 fichiers. Les valeurs fournies datent de 2001 alors que les indicateurs ont été calculés à partir de 2008. Ceci permet la suppression de toutes les données entre ces deux années car elles ne présentent aucun intérêt pour ce travail. Par la suite, grâce au logiciel RStudio, les données ont subi des traitements. Une moyenne journalière a été calculée pour toutes les données afin de pouvoir créer des graphiques temporels et des roses des vents.

3.3 Entreprises IED

3.3.1 Matériel

Il est possible de retrouver les entreprises IED grâce au registre européen E-PRTR (European Environment Agency, 2021). Le fichier « polluant releases » contient toutes les entreprises IED et reprend des informations sur chaque entreprise. On y retrouve des données telles que les coordonnées, le secteur d'activité, les années d'activité et les polluants rejetés ainsi que leur quantité. Ce fichier permet, à l'aide d'un logiciel, de mettre en avant les entreprises dans un certain périmètre autour des stations télémétriques de l'ISSeP.

3.3.2 Méthode

Les entreprises ayant un impact considérable sur la qualité de l'air ont été mises en avant. Pour ce faire, des filtres ont été appliqués dans le registre E-PRTR téléchargé. Seules les entreprises belges et plus précisément, des entreprises en région wallonne ont été sélectionnées ainsi que le milieu d'intérêt dans lequel les polluants ont été rejetés, à savoir l'air. Cette sélection a ainsi mis en évidence uniquement les entreprises IED wallonnes rejetant des polluants dans l'air. Par la suite, les deux fichiers sont importés dans le logiciel QGIS qui est décrit dans la section « Outils informatiques ». Un périmètre de 15km (valeur issue du travail de thèse de madame Falzone) autour des stations a été fixé permettant de créer une zone tampon autour de chaque station et d'identifier les entreprises IED pouvant impacter la qualité d'air mesuré. Le résultat correspond à la figure 6. À partir de ce résultat, différentes manipulations ont eu lieu pour obtenir des données par rapport aux entreprises IED.

- 1) Calcul de distances : une matrice de distance permet de calculer la distance à vol d'oiseau entre les entreprises IED et la station la plus proche.
- 2) Calcul de l'angle : afin de connaître la position de l'entreprise par rapport à la station, deux lignes polygonales ont été insérées et ce pour chaque industrie incluse dans le périmètre de la station considérée. La première est tracée verticalement traversant la station télémétrique ; la seconde, démarre de l'entreprise vers la station télémétrique et coupe la ligne verticale. Afin d'obtenir l'angle de l'entreprise vis-à-vis de la station, il suffit d'insérer la formule ci-dessous dans la calculatrice de champ du programme QGIS.

```
if(intersects(start_point($geometry), geometry(get_feature('BufferCenter', 'BufferId',  
"bufferid"))), degrees(azimuth(start_point($geometry), end_point($geometry))),  
degrees(azimuth(end_point($geometry), start_point($geometry))))
```

(OGmaps, 2020)

3.4 Outils informatiques

Le traitement des données, la création des graphiques et les tests statistiques ont été réalisés avec le logiciel RStudio version 1.3.1073 et le langage R version 4.0.2 (2020-06-22) (R Core Team, 2020). Plusieurs bibliothèques ont été utilisées : *lubridate* (Grolemund & Wickham, 2011), *ggplot* (Wickham, 2016), *openair* (Carslaw & Ropkins, 2012), *dplyr* (Wickham et al., 2021), *psych* (Revelle, 2021) et *treemap* (Tennekes, 2017).

QGIS 3.10.2 A Coruña est un système d'information géographique. L'EPSG 3812 a été utilisé et correspond au Lambert belge 2008. Ce programme a permis de croiser les coordonnées des stations et des entreprises IED afin de créer la figure 6. Un modèle numérique de surface (MNS) de la Wallonie a été ajouté (Service public Wallonie, 2018)

Dans le chapitre « Résultat », la figure 7 a été utilisée afin d'expliquer certains événements particuliers. Cette figure correspond à l'utilisation des sols en Wallonie et permet l'importation de données personnelles, telles que les coordonnées des stations télémétriques de l'ISSeP (Service public Wallonie, s. d.-b).



RÉSULTAT & DISCUSSION



4 Résultat

4.1 Entreprises IED

La figure 6 reprend toutes les entreprises IED en Wallonie. L'étoile rouge correspond à une station et la zone grise est la zone tampon. Les entreprises sont représentées sous leur ID national du registre E-PRTR. Leur nom se retrouve dans les fiches en annexe.

A titre d'exemple, le tableau 15 correspond à la fiche de Corroy. La colonne « Nom de l'industrie » indique les entreprises qui se situent dans la zone tampon de 15km autour de la station télémétrique. La seconde colonne correspond au numéro d'identité de l'entreprise au sein du registre E-PRTR. Les colonnes « Degrés » et « Distances » correspondent à des informations concernant les entreprises IED vis-à-vis de la position de la station télémétrique. Les colonnes « Années » et « Polluants émis » représentent les polluants enregistrés dans le registre E-PRTR pour les différentes années. Les polluants se trouvent en annexe.

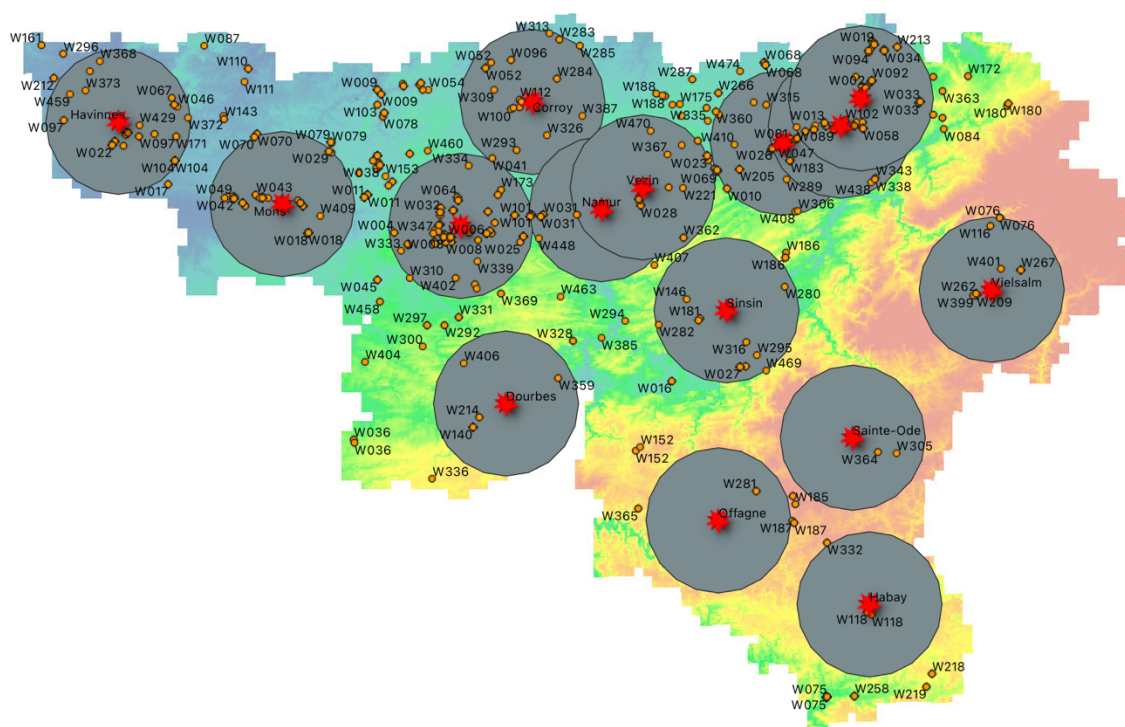


Figure 6: Les entreprises IED impactant l'air autour des stations télémétriques de l'ISSeP

Tableau 15: Fiche de la station de Corroy

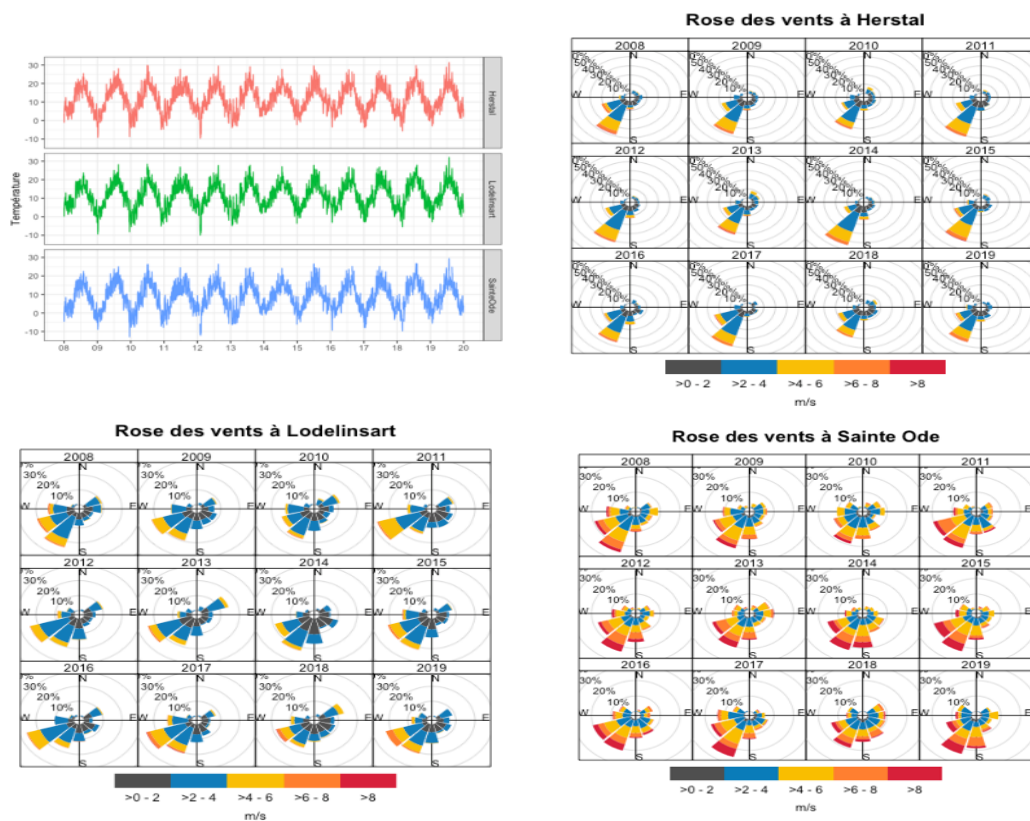
Nom de l'industrie	ID	Degrés	Distances (m)	Années	Polluants émis
Exploitant - Beauvechain	W313	13	14558	2011	4
Exploitant - NODEBAIS	W283	23	14056	2007 - 2009	4
GLAXOSMITHKLINE BIOLOGICALS sa - Wavre	W096	332	9731	2014 - 2017	21
GLAXOSMITHKLINE BIOLOGICALS sa - Rixensart	W052	313	11740	2001 à 2015 2017	20, 21 21
Exploitant - LIMELETTE	W309	287	8290	2011	4
Exploitant - LONGUEVILLE	W284	47	6956	2007 à 2009 2015	4 4
Pfizer Animal Health SA	W112	280	2672	2007 à 2008 2010	20 21
AJINOMOTO OMNICHEM sa	W048	270	2262	2001 à 2012	16, 41
MINAKEM HIGH POTENT sa	W048	270	2843	2016 à 2017	16, 41
CETeM (Shanks Brabant SA)	W100	252	4671	2007 à 2009	25
Exploitant - PERWEZ	W387	105	10671	2015	4
Exploitant - SAUVENIERE	W326	155	7549	2011	4
Exploitant - SAINT-GERY	W293	198	10445	2011 et 2017	4
5N PLUS BELGIUM SA	W041	215	14319	2015	23

4.2 Les données météorologiques

Les données météorologiques proviennent de 3 stations : Herstal, Lodelinsart et Sainte-Ode. La dispersion des polluants est fonction des conditions météorologiques, d'où l'importance d'en tenir compte et de vérifier les températures ainsi que les vents dominants.

Le graphique sur les températures journalières montre que les températures les plus froides ont généralement été atteintes entre janvier et février. Les années atteignant les températures les plus basses sont 2009 et 2012. Néanmoins, on constate au sein des 3 stations que l'année 2014 fut la plus douce. De janvier à novembre, les températures restaient au-dessus des 0°C et c'est uniquement en fin d'année que les températures chutent. L'année 2018 a également connu un hiver légèrement plus doux, tandis que l'été fut chaud et sec. De manière générale, au courant des mois, l'ensoleillement augmente en été afin de diminuer à partir du mois de septembre.

Concernant le vent, sa vitesse et sa direction a permis l'élaboration des roses des vents. En Belgique, les vents dominants proviennent du sud-ouest. Les différentes roses des vents confirment cette information. Néanmoins, plusieurs variations ont eu lieu au fil des ans. Les années 2013 et 2018 ont connu des vents plus diversifiés. Au sein de la station de Lodelinsart, 15% des vents sont apparus en provenance du Nord-Est. C'est également le cas en 2010, 2012 et 2016, avec comme seule différence que ces vents apparaissent pendant 10% du temps. A Sainte-Ode, en 2013 et 2018, il y a eu des vents non négligeables provenant de l'Est. En 2011, 2014, 2016 et 2018 il y a eu des vents non négligeables du Sud-Est. Pour la station d'Herstal, on constate que les vents en 2013 et 2018 provenaient également du Nord-Est comme pour la station de Lodelinsart. C'est également le cas pour 2010.



Graphique 1: Données météorologiques

4.3 Le positionnement des stations

Les différentes mesures réalisées par les stations télémétriques peuvent être influencées par un grand nombre d'éléments, comme expliqué dans la section « La dispersion ». Désormais, nous savons que l'utilisation des sols peut impacter la mesure faite au sein des stations télémétriques. Un regard particulier sur les stations en zones rurales a été porté car lorsque les champs sont destinés à l'agriculture, l'épandage peut influencer localement la qualité d'air. La figure 7 permet de vérifier l'utilisation des sols autour de chaque station.

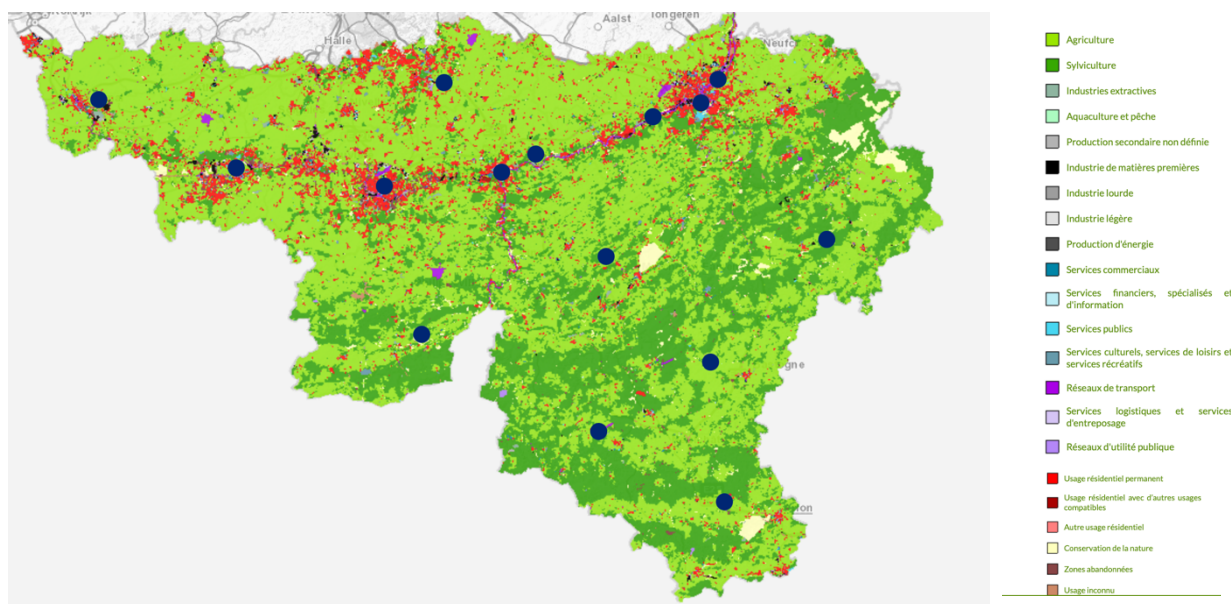


Figure 7: L'utilisation des sols autour des stations télémétriques

4.4 Les indicateurs

4.4.1 BelAQI

Les stations seront présentées de la même manière tout au long de cette section. Pour chaque station l'on trouvera un résumé statistique, un tableau récapitulatif, un graphique temporel, un treemap qui met en avant la proportion de l'occurrence du polluant responsable ainsi qu'un boxplot. Ce dernier correspond à la distribution des indices journaliers.

4.4.1.1 Stations rurales

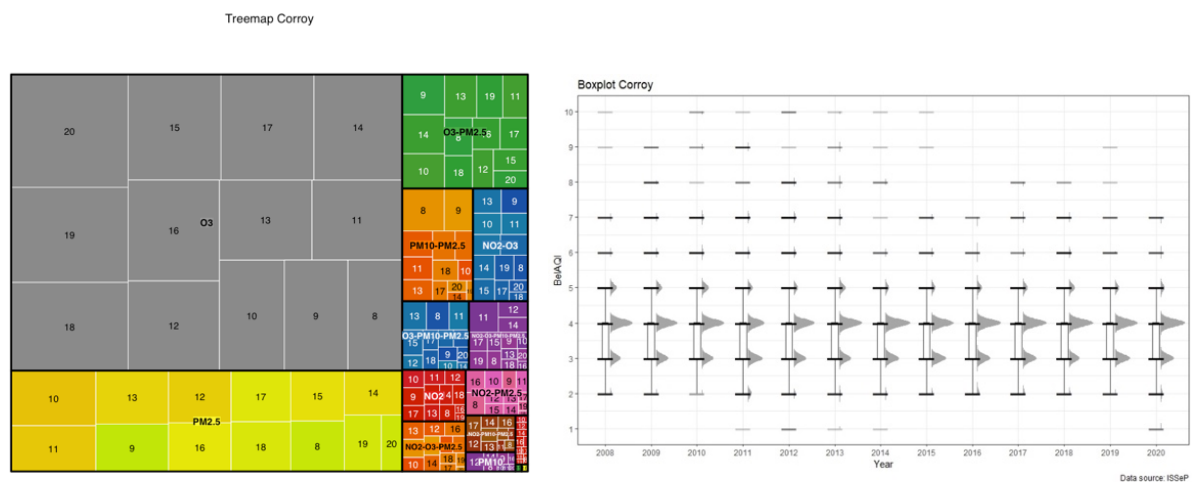
Les stations de Corroy, Dourbes, Habay, Havinnes, Offagne, Sainte-Ode, Sinsin, Vezin et Vielsalm sont toutes de type rural.

4.4.1.1.1 Corroy

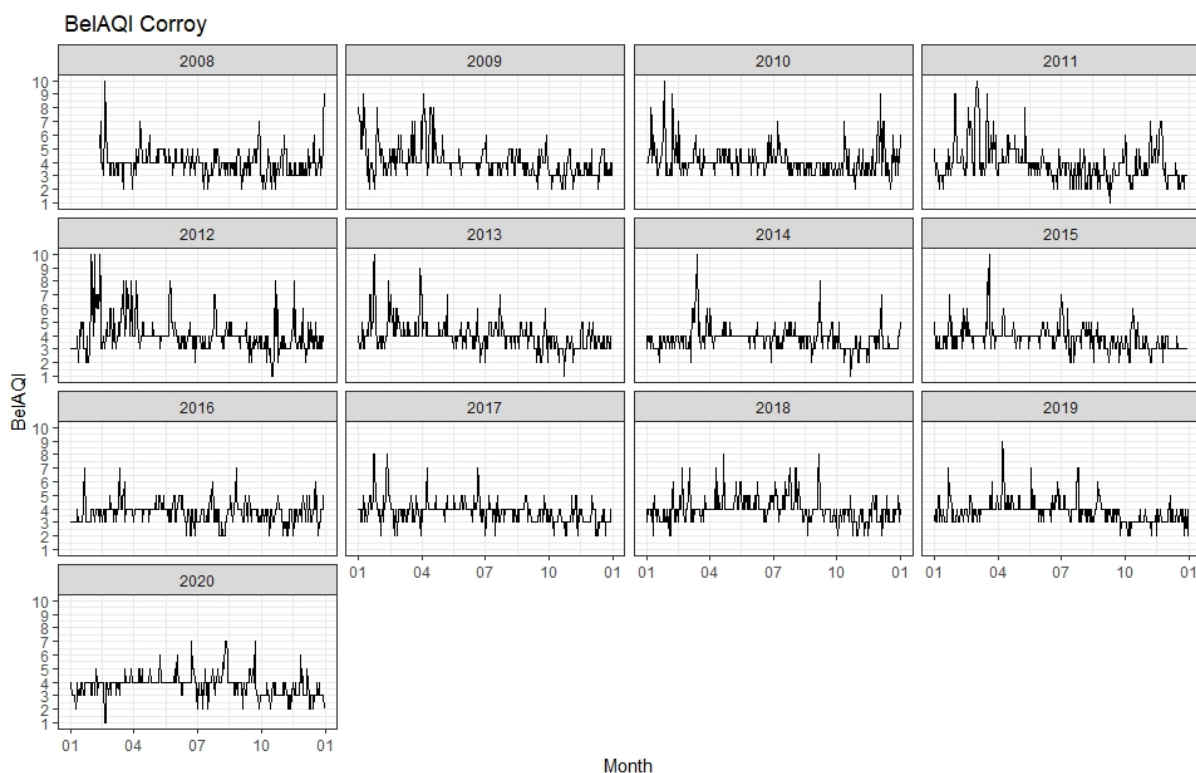
Le jeu de données englobe des valeurs du 12 février 2008 jusqu'au 31 décembre 2020.

Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,91	3	4	4	1,05	1	10

L'ozone et les PM_{2.5} sont les principales causes provoquant l'indice journalier à Corroy. Le tableau reprenant les occurrences du BelAQI démontre que l'indice n'a pas atteint la valeur 10 depuis 2016. En se basant sur les moustaches du boxplot, les valeurs entre 2 et 5 inclus correspondent aux situations normales, et ce, quelle que soit l'année considérée. Toute autre valeur est considérée comme événement particulier. On constate également que les événements défavorables ont diminué depuis 2013 - sauf en 2018 où ils ont augmenté de manière non négligeable. La fréquence des événements particuliers fluctue d'une année à l'autre et se retrouve dans le tableau récapitulatif. Le test de Wilcoxon indique qu'il y a au moins une année qui diffère d'une autre année. La comparaison 2 à 2 conclut que l'année 2010 est significativement différente aux années 2011, 2014, 2015, 2016, 2017, 2019, 2020.



Années													
BelAQI	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	3
2	10	9	2	32	12	9	10	12	19	15	11	8	15
3	79	100	94	121	101	95	112	120	106	110	86	125	107
4	171	175	186	137	171	185	203	183	194	192	197	187	200
5	51	50	57	40	35	51	29	34	39	37	49	34	31
6	6	11	11	10	14	9	4	7	5	3	12	5	5
7	6	11	10	14	16	9	1	5	3	5	8	4	5
8	0	6	1	3	8	3	3	0	0	3	2	1	0
9	1	3	2	6	1	2	1	1	0	0	0	1	0
10	1	0	2	1	3	1	1	1	0	0	0	0	0
TOT	325	365	365	365	364	365	365	363	366	365	365	365	366
EPD	14	31	26	34	42	24	10	14	8	11	22	11	10
% EPD	4%	8%	7%	9%	12%	7%	3%	4%	2%	3%	6%	3%	3%



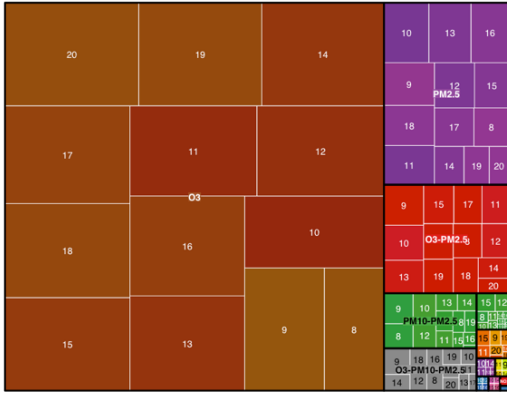
4.4.1.1.2 Dourbes

La première valeur pour le BelAQI date du 18 avril 2008. Le treemap indique que l’ozone est la principale cause du BelAQI suivi par les PM_{2.5}.

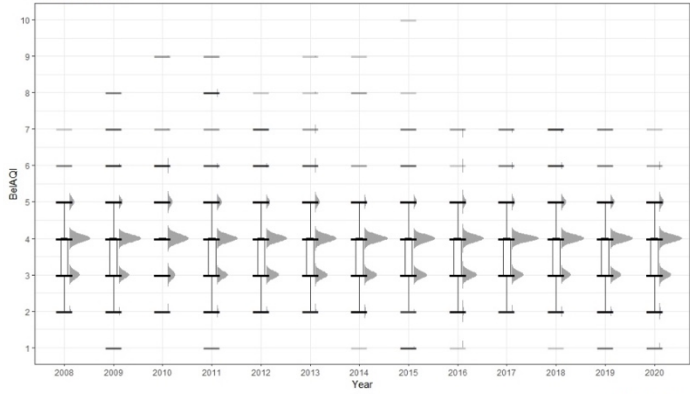
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,81	3	4	4	0,84	1	10

Le tableau reprenant toutes les valeurs du BelAQI démontre que l’indicateur a atteint la valeur de 10 une seule fois en 2015. Comme pour la première station, les moustaches du boxplot démontrent que lorsque le BelAQI se situe entre 2 et 5 inclus, la qualité d’air est normale. De manière générale, les événements particuliers défavorables restent assez faibles mais l’année 2018 contient une hausse de ces mêmes événements. Elles varient entre 1% et 4% des valeurs annuelles. Selon le test statistique, l’année 2010 se différencie des années 2014, 2015 et 2016. C’est également le cas pour l’année 2018 ou la qualité de l’air se différencie par rapport à 2014 et 2016.

Treemap Dourbes

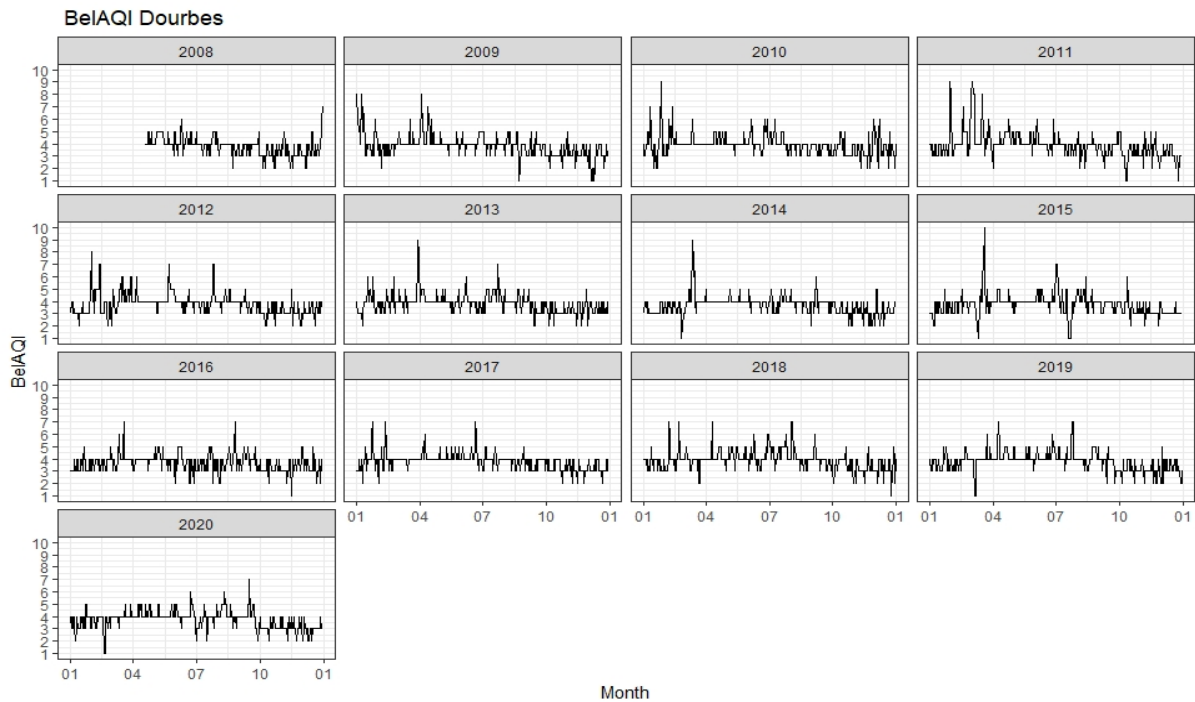


Boxplot Dourbes



Data source: ISSeP

Années													
BeIAQI	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	4	0	3	0	0	1	5	1	0	1	3	3
2	9	11	9	14	12	8	15	5	12	8	9	13	13
3	71	95	79	99	117	113	116	119	129	99	86	99	105
4	141	204	216	189	189	194	210	191	190	227	211	206	203
5	33	37	48	45	34	41	18	29	31	25	46	38	39
6	3	7	9	5	7	5	2	4	1	3	6	3	2
7	1	4	2	2	5	2	0	3	2	3	6	3	1
8	0	3	0	6	1	1	2	1	0	0	0	0	0
9	0	0	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
TOT	258	365	365	365	365	365	365	358	366	365	365	365	366
EPD	4	14	13	15	13	9	5	9	3	6	12	6	3
% EPD	2%	4%	4%	4%	4%	2%	1%	3%	1%	2%	3%	2%	1%



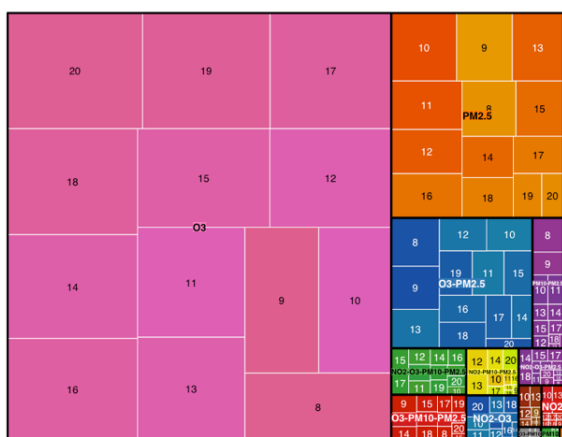
4.4.1.1.3 Habay

Le premier indicateur journalier a été calculé du 7 février 2008 jusqu'à la fin de l'année 2020. De plus, le treemap indique que l'ozone est la cause principale du BelaAQI suivi par les PM_{2.5}.

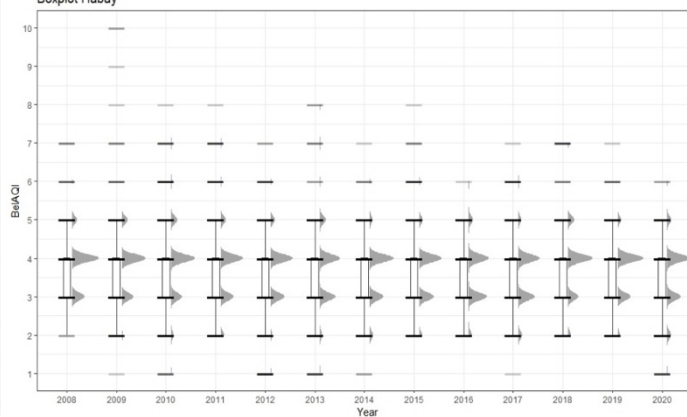
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,72	3	4	4	0,88	1	10

Le tableau avec la distribution du BelaAQI démontre que la valeur maximale a été atteinte uniquement 2 fois, et cela pendant la même année en 2009. Les moustaches sont identiques pour toutes les années. Le BelaAQI journalier entre 2 et 5 inclus correspond à la situation normale et toute autre valeur correspond à des événements particuliers. Les événements particuliers favorables se sont produits à plusieurs reprises en 2009, 2010, 2012 à 2014, 2017 et 2020. Quant aux événements défavorables, leur fréquence fluctue fortement d'une année à l'autre. Le test statistique démontre que la qualité de l'air est significativement différente pour plusieurs années. Ces années se retrouvent dans le tableau 16 et les p-valeurs sont en annexe.

Treemap Habay

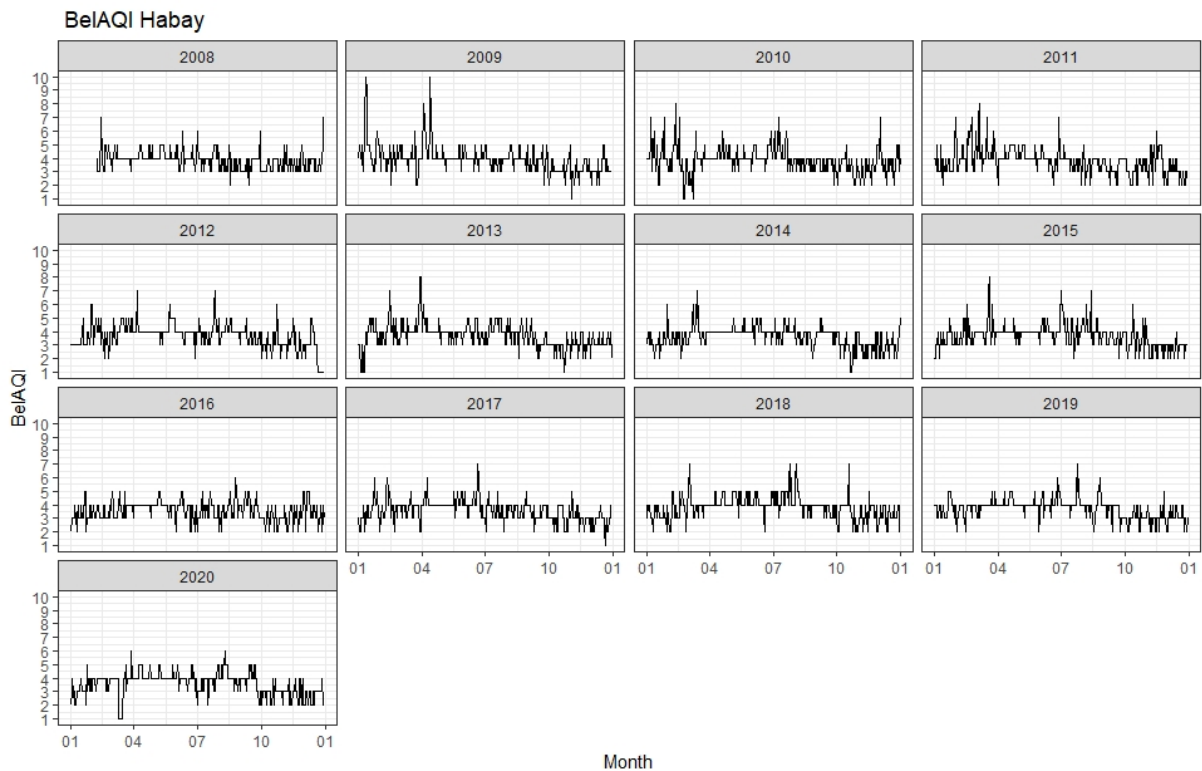


Boxplot Habay



Data source: ISSeP

Années		08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BelAQI		08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		0	1	4	0	10	6	2	0	0	1	0	0	6
2		2	11	19	27	15	18	29	24	24	30	25	20	32
3		91	95	87	103	115	125	112	119	146	133	82	105	108
4		193	194	191	178	182	161	194	182	161	171	198	207	185
5		36	50	50	42	36	48	24	29	34	22	51	28	33
6		4	4	8	7	6	2	3	7	1	7	3	4	2
7		3	3	5	6	2	3	1	3	0	1	6	1	0
8		0	1	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0
9		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10		0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOT		329	362	365	364	366	365	365	365	366	365	365	365	366
EPD		7	11	14	14	8	7	4	11	1	8	9	5	2
% EPD		2%	3%	4%	4%	2%	2%	1%	3%	0%	2%	2%	1%	1%



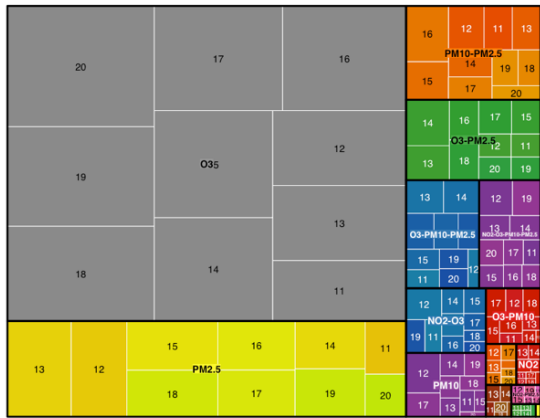
4.4.1.1.4 Havinnes

Le calcul de BelAQI est possible depuis le 10 mai 2011 à Havinnes. L'indice varie entre 1 et 10 et la moyenne est proche de celle d'Habay. La situation à Havinnes est identique à celle d'Habay. Les causes principales du BelAQI sont l'ozone, les PM_{2.5} et les PM₁₀.

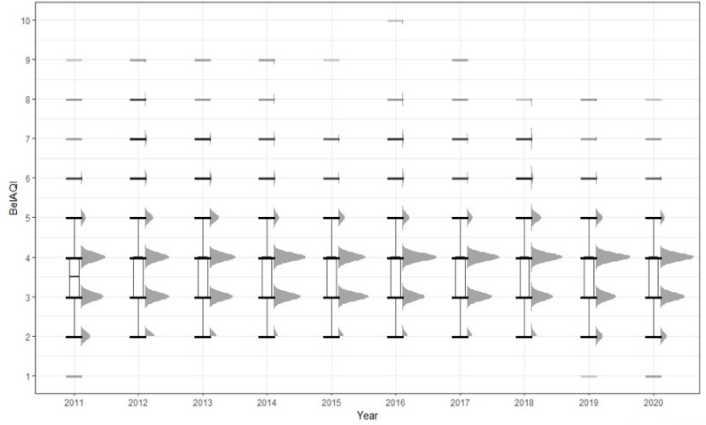
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,70	3	4	4	1,06	1	10

La valeur maximale de 10 est survenue une seule et unique fois en 2016. Selon les moustaches du boxplot, les situations normales ne changent pas entre les années et se situent entre 2 et 5 inclus. L'événement particulier favorable s'est produit 5 fois: en 2011, en 2019 et en 2020. Les événements défavorables sont plus fréquents et varient entre 2% et 8%. Le graphique temporel ainsi que le tableau indiquent que les deux dernières années correspondent aux années avec le moins d'événements particuliers défavorables. Les années 2012 et 2013 par contre semblent connaître le plus grand nombre de pics. Selon le test de comparaison 2 à 2, la qualité de l'air a été significativement différente pour au moins deux années à Havinnes. C'est le cas lorsqu'on compare la qualité en 2011 avec 2018 et 2015 par rapport à 2018. Les p-valeurs sont en annexes.

Treemap Havinnes



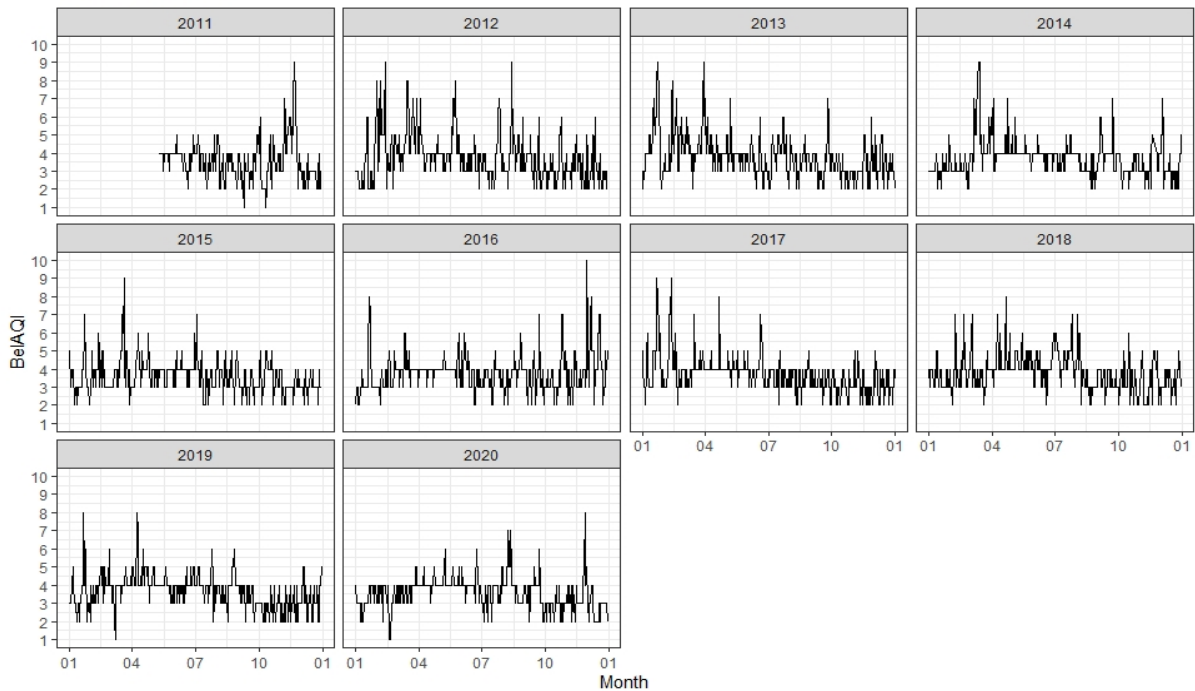
Boxplot Havinnes



Data source: ISSeP

BelAQI	Années									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2
2	34	49	36	20	27	25	27	27	37	34
3	82	123	120	135	155	112	129	111	104	127
4	89	123	134	162	139	176	166	158	177	172
5	18	41	49	26	33	35	28	51	36	24
6	6	12	13	8	6	8	6	11	6	4
7	2	11	9	5	4	7	5	6	2	2
8	2	5	2	2	0	2	2	1	2	1
9	1	2	2	2	1	0	2	0	0	0
10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
TOT	236	366	365	360	365	366	365	365	365	366
EPD	11	30	26	17	11	18	15	18	10	7
% EPD	5%	8%	7%	5%	3%	5%	4%	5%	3%	2%

BelAQI Havinnes

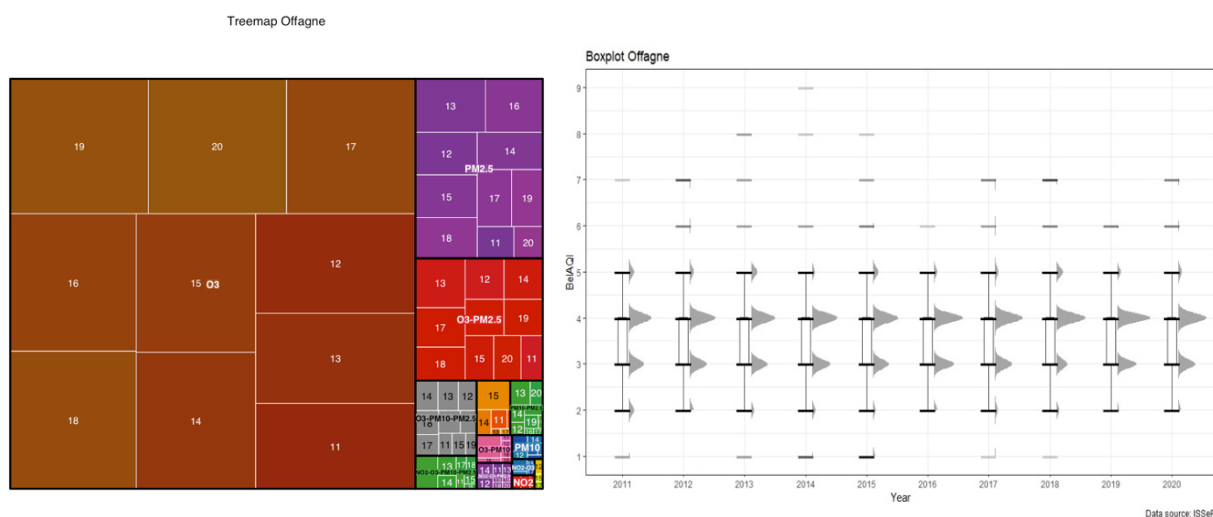


4.4.1.1.5 Offagne

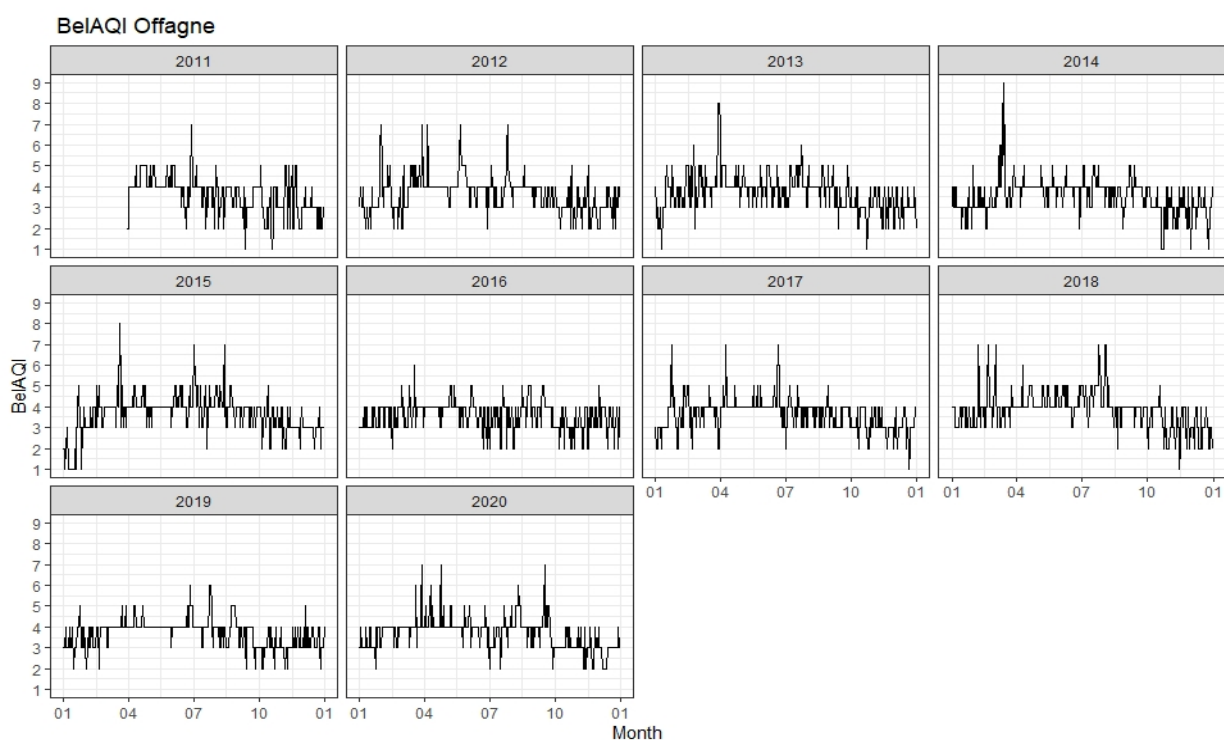
Le BelAQI a été mesuré à partir du 31 mars 2011 jusqu'à la fin de 2020. La moyenne sur toutes les années vaut 3,66. Le résumé statistique indique également qu'aucun indice de 10 n'a été atteint. Le treemap met en avant que l'ozone est le polluant principal qui cause le BelAQI suivi par les PM_{2.5}.

Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,66	3	4	4	0,83	1	9

Les moustaches sont toutes identiques et indiquent que les situations normales varient entre 2 et 5 inclus. Les fréquences des événements défavorables fluctuent entre 0,3% et 2,5% et sont donc relativement faibles. Le taux maximal d'événements particuliers a été atteint en 2018 et le minimum a été atteint en 2011 et 2016. Contrairement aux autres stations, les événements favorables ont été mesurés à plusieurs reprises comme l'indique le tableau récapitulatif. Lors de la comparaison 2 à 2, les p-valeurs pour 2018 étaient à plusieurs reprises inférieures à 0,05. La qualité de l'air est significativement différente en 2018 par rapport à 2011, 2012, 2014, 2016 et 2017. Les p-valeurs se retrouvent en annexe.



Années										
BelAQI	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	0	2	5	13	0	1	1	0	0
2	30	26	22	25	17	21	19	21	11	17
3	86	119	117	131	111	132	121	79	121	119
4	128	179	171	181	178	192	197	208	209	199
5	29	27	45	19	38	20	22	47	21	25
6	0	3	2	2	3	1	2	3	3	3
7	1	5	2	0	2	0	3	6	0	3
8	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOT	276	359	363	365	363	366	365	365	365	366
EPD	1	8	6	4	6	1	5	9	3	6
% EPD	0%	2%	2%	1%	2%	0%	1%	2%	1%	2%



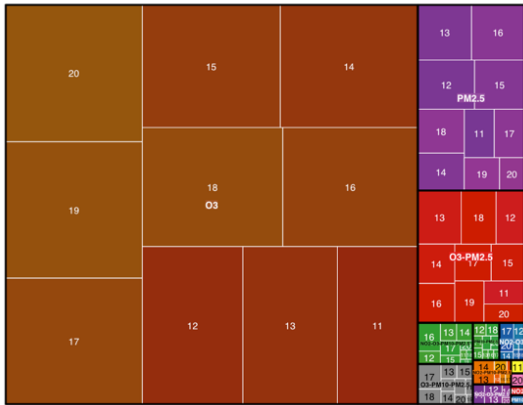
4.4.1.1.6 Sainte-Ode

L'indicateur est calculé du 5 mai 2011 jusqu'à la fin de l'année 2020. Comme pour la station d'Offagne, aucun pic de 10 n'a été atteint. De plus, l'indice n'a également jamais atteint la valeur de 9. Les polluants principaux causant le BelAQI sont l'ozone et les $PM_{2.5}$.

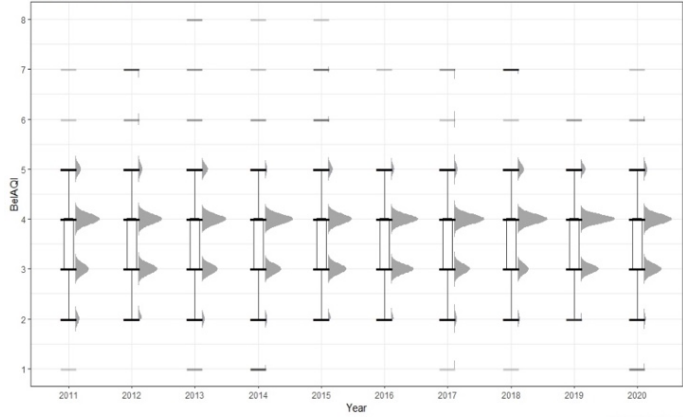
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,68	3	4	4	0,79	1	8

Les moustaches du boxplot sont identiques pour toutes les années. Les situations normales se situent entre 2 et 5. Il y a des événements particuliers favorables, lorsque le BelAQI vaut 1, et défavorables, lorsque le BelAQI dépasse l'indice de 5. Ces événements défavorables restent peu fréquents et varient entre 0,2% et 2%. Les graphiques temporels de 2013 à 2015 semblent indiquer qu'il y a une même cause pour ces années et cela au même moment. La comparaison 2 à 2 met en avant que l'année 2018 diffère vis-à-vis de plusieurs années. Les p-valeurs sont inférieures au seuil $\alpha = 5\%$ pour 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 et 2020 par rapport à 2018. C'est également le cas pour 2016 par rapport à 2019. Les p-valeurs se trouvent en annexe.

Treemap Sainte-Ode



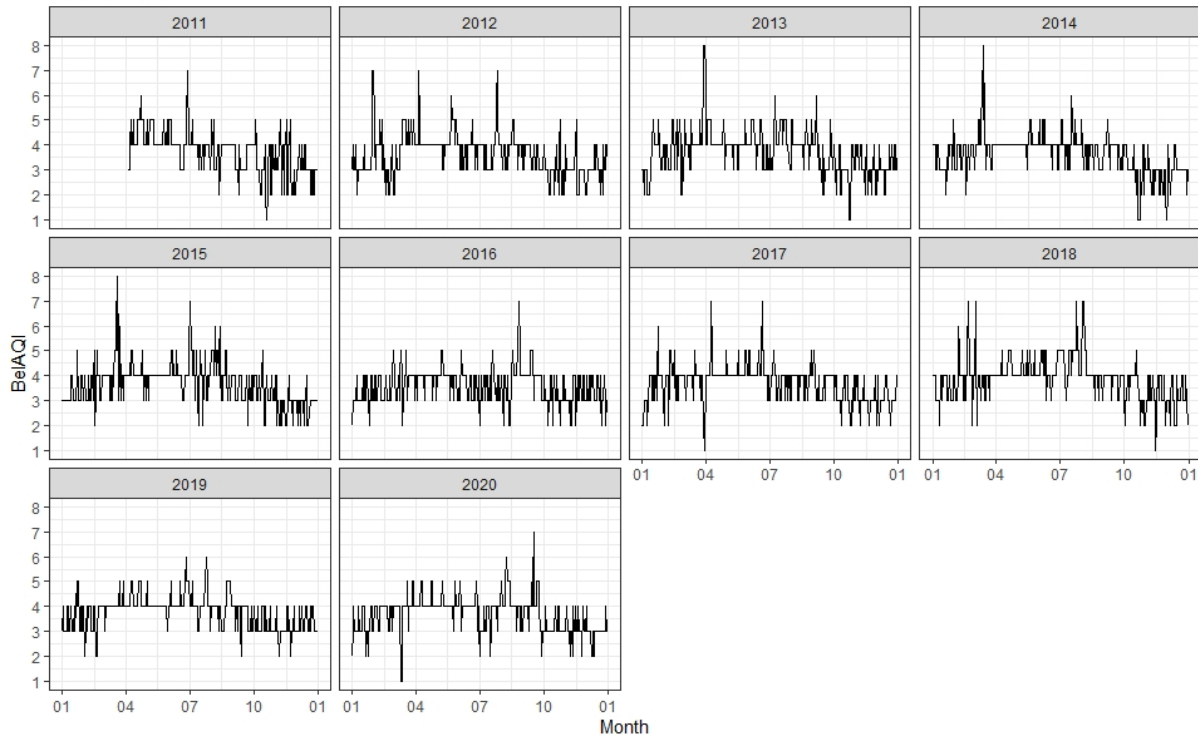
Boxplot Sainte-Ode



Data source: ISSeP

Années										
BelAQI	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	0	2	5	0	0	1	1	0	3
2	22	25	21	18	19	15	17	15	6	12
3	77	137	115	117	133	145	110	80	114	125
4	138	170	175	203	170	175	211	215	213	199
5	31	28	44	18	33	19	22	47	30	24
6	1	2	2	2	3	0	1	1	2	2
7	1	4	2	1	3	1	2	6	0	1
8	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOT	271	366	363	365	362	355	364	365	365	366
EPD	2	6	6	4	7	1	3	7	2	3
% EPD	1%	2%	2%	1%	2%	0%	1%	2%	1%	1%

BelAQI Sainte - Ode



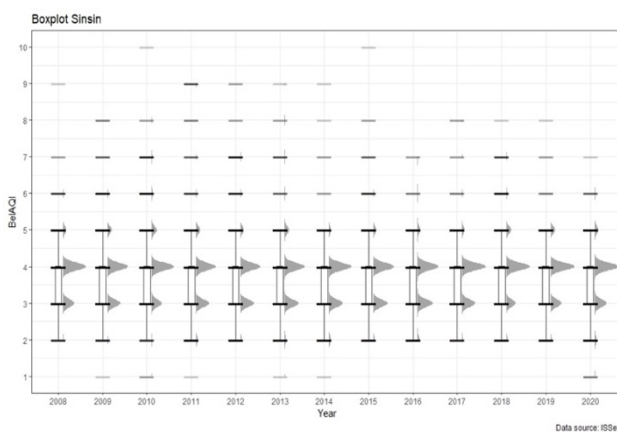
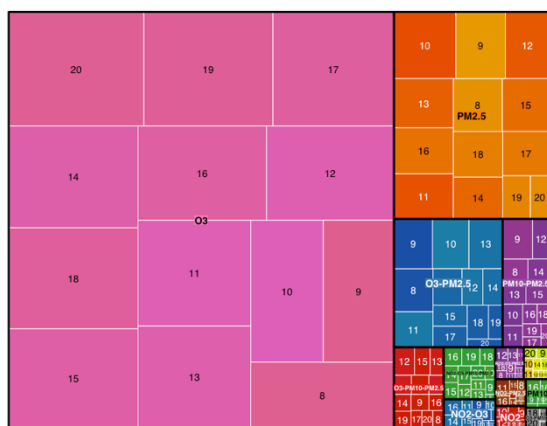
4.4.1.1.7 Sinsin

Le BelAQI est calculé du 25 février 2008 jusqu'à 2020 et la moyenne vaut 3,80. La station de Sinsin a connu des pics d'indice atteignant la valeur de 10. La moyenne est proche des autres stations de type fond rural. Le treemap indique que les polluants principaux sont l'ozone et les PM_{2.5}.

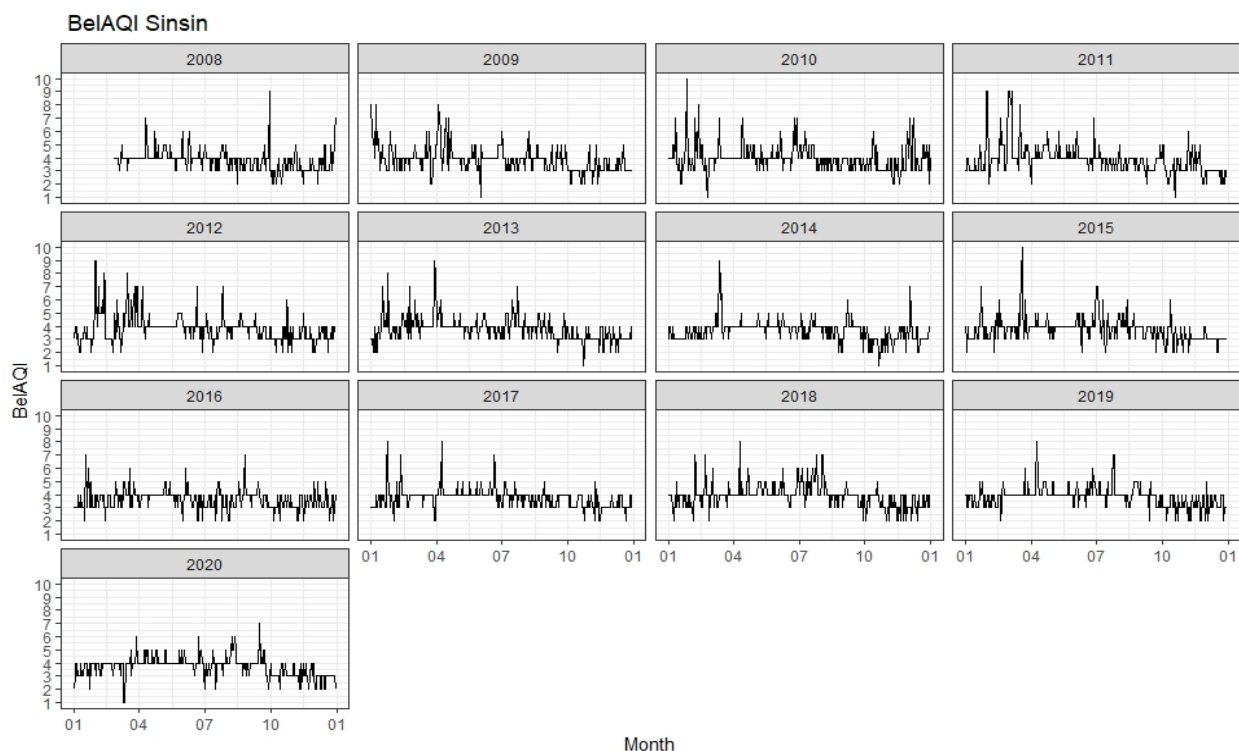
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,80	3	4	4	0,91	1	10

Les moustaches sont identiques pour toutes les années et démontrent que les situations normales varient entre 2 et 5. Le tableau concernant la distribution des indices indique que des événements favorables ont eu lieu à plusieurs reprises. De plus, on constate qu'un pic de 10 a également été atteint 2 fois, en 2010 et 2015. On constate également dans le même tableau que l'indice 9 a été calculé 5 fois en 2011. Les événements particuliers défavorables fluctuent entre 1% et 6%. Le rapport est le plus élevé entre 2009 et 2012 et en 2018. La comparaison 2 à 2 démontre que plusieurs années sont significativement différentes. Ces années se retrouvent dans le tableau 16 à la fin de cette sous-section. Les p-valeurs se trouvent en annexe.

Treemap Sinsin



Années														
BelAQI	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	0	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3	
2	8	9	7	18	15	13	19	15	18	9	14	13	16	
3	89	117	90	118	121	123	123	124	134	117	82	97	104	
4	179	180	197	173	177	176	198	183	182	210	209	211	208	
5	26	39	47	37	32	40	17	27	23	22	43	38	30	
6	6	10	11	6	8	4	2	7	3	3	10	3	4	
7	2	4	8	4	9	5	2	4	2	2	6	2	1	
8	0	3	2	3	2	2	1	2	0	2	1	1	0	
9	1	0	0	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
TOT	311	363	365	365	366	365	364	363	362	365	365	365	366	
EPD	9	17	22	18	21	12	6	14	5	7	17	6	5	
% EPD	3%	5%	6%	5%	6%	3%	2%	4%	1%	2%	5%	2%	1%	



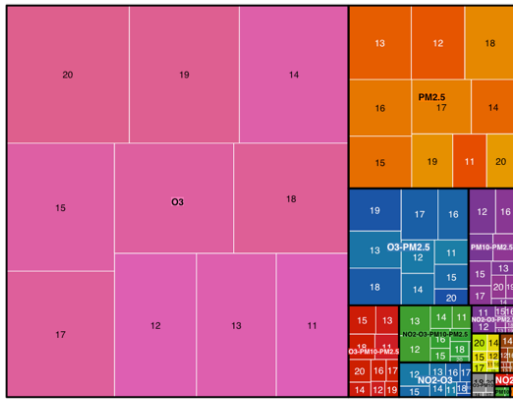
4.4.1.1.8 Vezin

L'indice calculé couvre la période du 31 mars 2011 jusqu'à la fin de 2020. Le treemap indique que l'ozone correspond au polluant principal causant l'indice journalier, suivi par les PM_{2.5}.

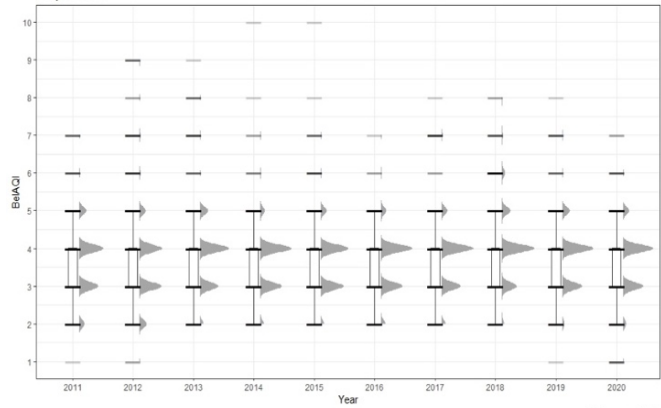
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,74	3	4	4	0,96	1	10

Les moustaches du boxplot sont identiques et les situations normales varient entre les indice 2 et 5. Concernant les événements défavorables, ceux-ci varient entre 1% et 7%. On constate dans le tableau ainsi que dans le boxplot qu'il y a eu des événements favorables en 2011, 2012, 2019 et 2020. En 2020, ces événements favorables sont survenus plus fréquemment que pour toutes les autres années. La valeur maximale de 10 a été atteinte 2 fois, une fois en 2014 et une fois en 2015. En se basant sur le graphique temporel, on peut penser que ce pic se reproduit au même moment de l'année. Grâce à la comparaison 2 à 2 de Wilcoxon, il a été possible de montrer que la qualité de l'air en 2018 est significativement différente lorsqu'on la compare à 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 et 2018. Les p-valeurs se trouvent en annexe.

Treemap Vezin



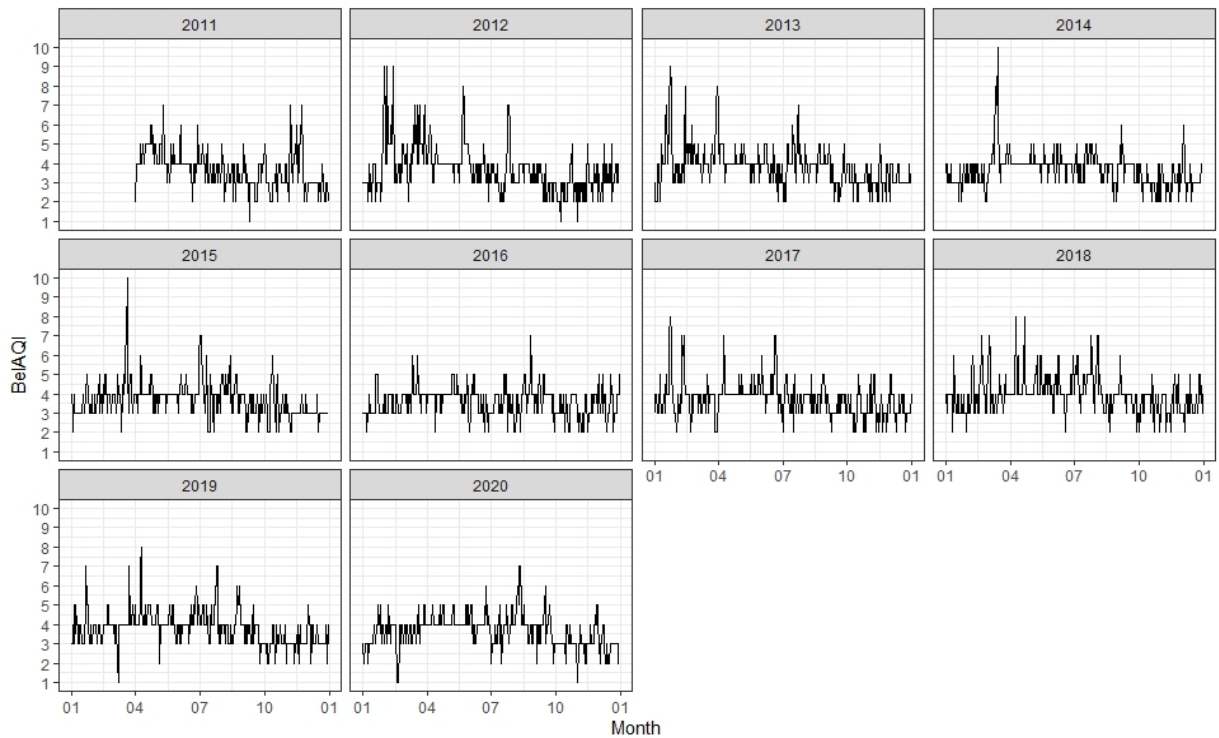
Boxplot Vezin



Data source: ISSaP

Années										
BelAQI	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	5
2	26	43	21	21	19	25	23	12	12	19
3	91	131	107	124	134	125	112	87	116	119
4	115	132	169	184	164	183	186	190	182	179
5	34	37	48	26	35	30	34	50	44	37
6	5	7	4	3	6	2	2	18	4	5
7	4	7	6	2	4	1	7	5	5	2
8	0	2	4	1	1	0	1	2	1	0
9	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
TOT	276	365	360	362	364	366	365	364	365	366
EPD	9	20	15	7	12	3	10	25	10	7
% EPD	3%	5%	4%	2%	3%	1%	3%	7%	3%	2%

BelAQI Vezin

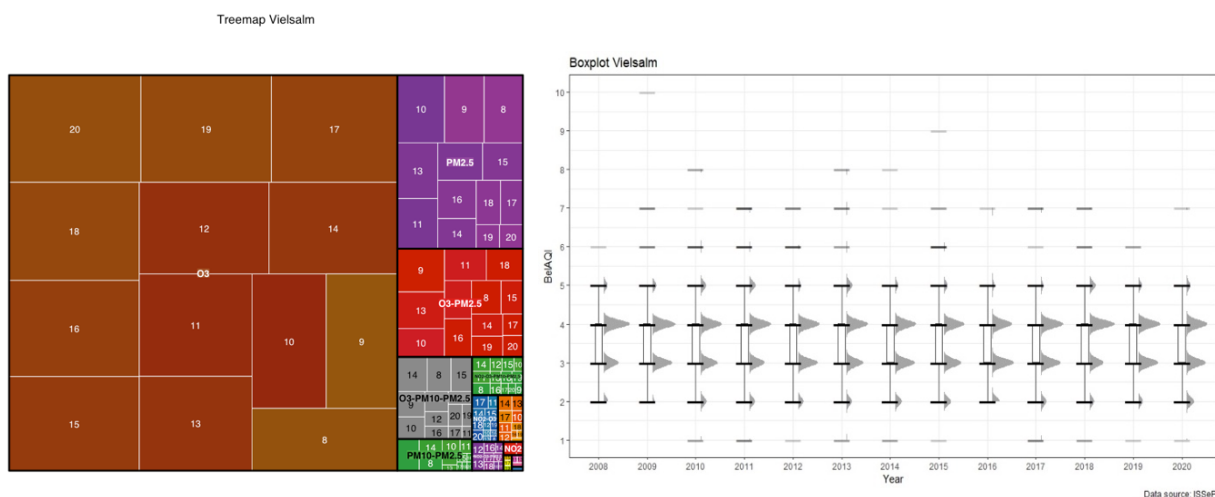


4.4.1.1.9 Vielsalm

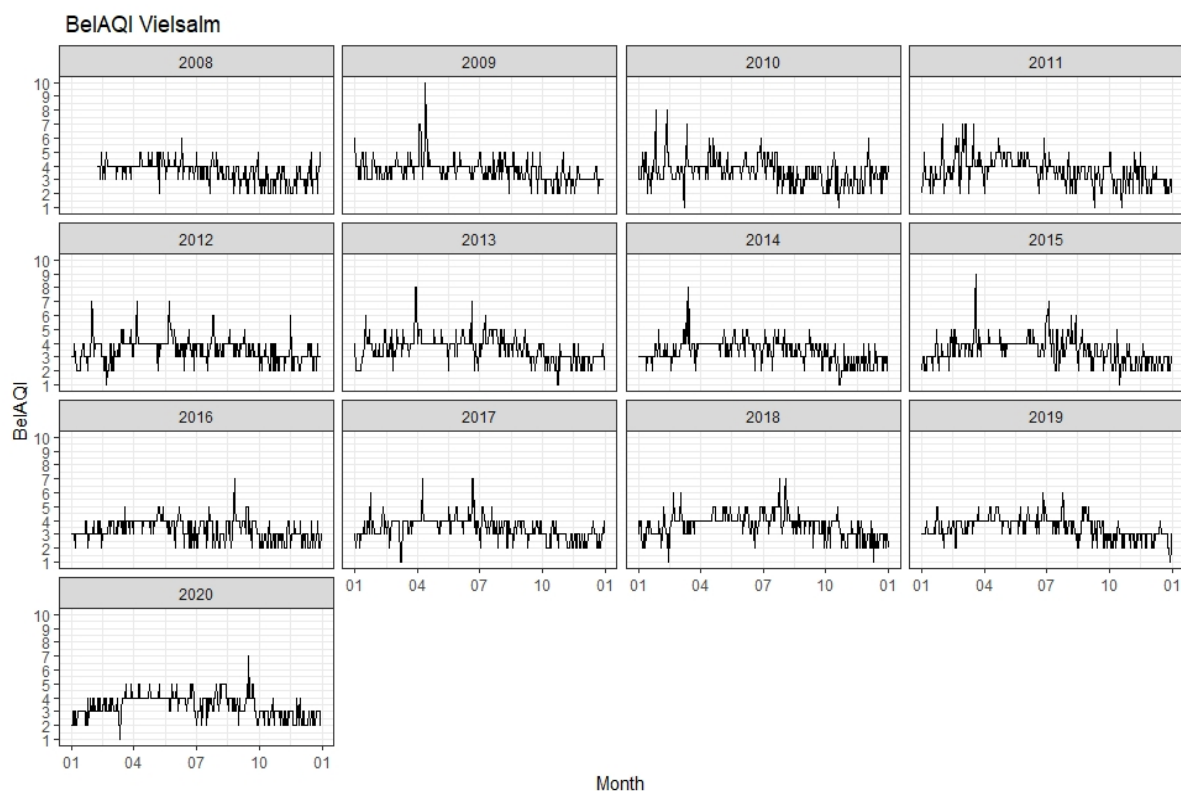
L'indicateur a été calculé à partir du 7 février 2008 à Vielsalm jusqu'à la fin de 2020. La moyenne à Vielsalm est la plus basse de toutes les stations et vaut 3,53. Les valeurs calculées pour l'indice proviennent principalement de l'ozone et les PM_{2.5}.

Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,53	3	4	4	0,89	1	10

Les moustaches du boxplot indiquent que les situations normales sont toutes identiques. Toutes les valeurs dépassant l'indice 5 sont classées comme événements défavorables. Ceux-ci restent assez rares et ne dépassent pas les 3%. Concernant les extrémités, les événements favorables se reproduisent pendant plusieurs années et le pic de 10 est survenu une seule fois. Le graphique temporel démontre également qu'il y a moins de pics sur toutes les années comparées aux autres années. Le test statistique démontre qu'une multitude de p-valeurs sont inférieures au seuil $\alpha = 5\%$. Toutes ces années se retrouvent dans le tableau 16 à la fin de cette sous-section. De plus, les p-valeurs sont en annexe.



Années													
BelAQI	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	2	3	1	2	2	1	0	3	2	1	1
2	30	16	41	40	39	38	48	52	54	39	33	33	52
3	99	143	123	110	142	121	143	127	155	142	100	145	138
4	174	169	152	157	156	154	150	148	141	162	181	158	149
5	25	30	39	44	20	42	20	27	14	15	43	26	25
6	1	3	5	6	5	2	0	6	0	1	3	2	0
7	0	3	1	5	3	3	1	2	1	3	3	0	1
8	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOT	329	365	365	365	366	364	365	364	365	365	365	365	366
EPD	1	7	8	11	8	7	2	9	1	4	6	2	1
% EPD	0%	2%	2%	3%	2%	2%	1%	2%	0%	1%	2%	1%	0%



4.4.1.2 Stations urbaines

Les stations d'Herstal, Lodelinsart, Mons, Namur et Val Benoit sont toutes urbaines.

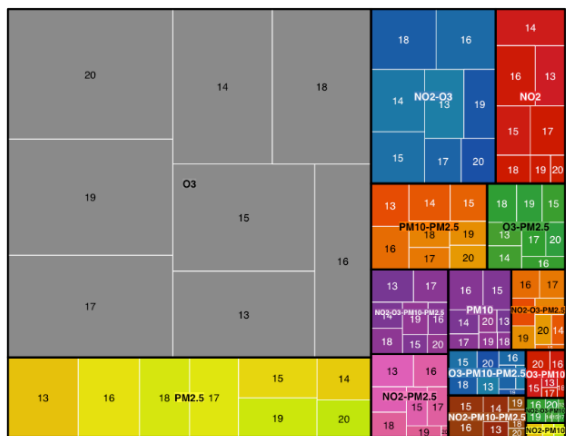
4.4.1.2.1 Herstal

La station à Herstal est la plus récente permettant de calculer l'indicateur BelAQI. Le premier calcul est possible depuis le 3 janvier 2013 jusqu'à fin 2020. Le résumé statistique des calculs indique que l'indice le plus faible vaut 2. Les causes principales du BelAQI sont l'ozone, les $PM_{2.5}$ et le NO_2 .

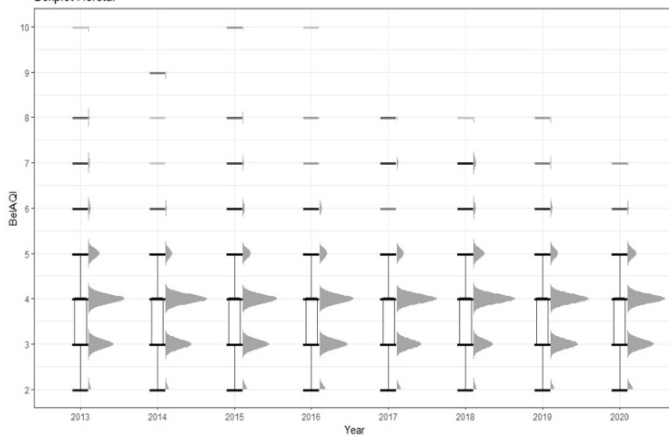
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,80	3	4	4	0,98	2	10

En se basant sur les moustaches du boxplot, on peut constater qu'aucun événement particulier favorable n'a eu lieu. Les situations normales sont identiques pour toutes les années et se trouvent entre les indices 2 et 5. Les événements défavorables varient fortement d'une année à l'autre. Le graphique temporel démontre clairement que l'indice 10 a été atteint pendant plusieurs années. Grâce au test de Wilcoxon, il a été possible de mettre en avant que la qualité de l'air en 2018 semble différer de la qualité d'air en 2014, 2016, 2017, 2019 et 2020.

Treemap Herstal



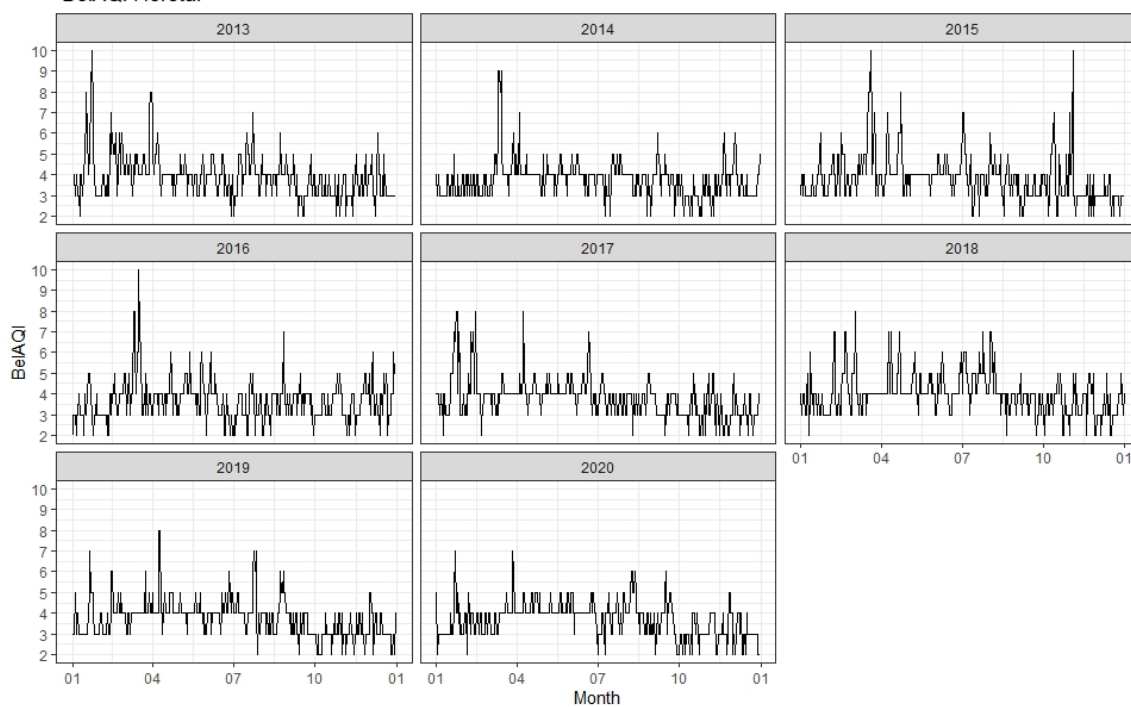
Boxplot Herstal



Data source: ISSeP

Années								
BelAQI	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	11	14	21	27	20	13	16	25
3	114	120	124	132	113	88	126	121
4	164	191	159	157	184	191	175	172
5	50	30	38	35	34	51	35	41
6	10	5	11	10	3	10	8	5
7	6	1	6	2	7	11	3	2
8	4	1	4	2	4	1	2	0
9	0	3	0	0	0	0	0	0
10	1	0	2	1	0	0	0	0
TOT	360	365	365	366	365	365	365	366
EPD	21	10	23	15	14	22	13	7
% EPD	6%	3%	6%	4%	4%	6%	4%	2%

BelAQI Herstal



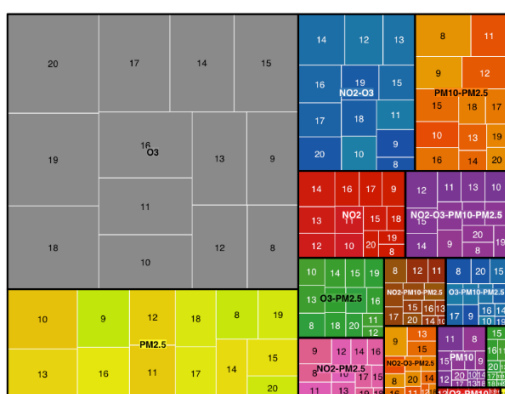
4.4.1.2.2 Lodelinsart

À Lodelinsart, l'indicateur est calculable depuis le 6 février 2008 et a été calculé jusqu'à la fin de 2020. Notons que le treemap ressemble fortement à celui d'Herstal. Les causes principales sont l'ozone, les PM_{2.5} et le NO₂.

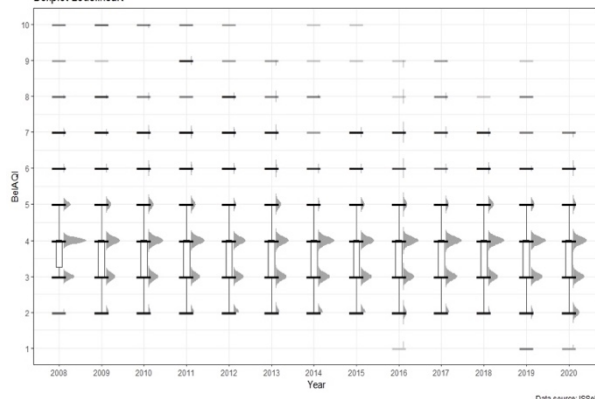
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,82	3	4	4	1,22	1	10

Néanmoins, comme l'indique le tableau, l'indice de 10 a été atteint pendant 7 années. Les moustaches montrent qu'en 2008, la situation normale n'est pas identique à celle des autres années. Pour les autres années, les situations normales se situent entre 2 et 5. Le tableau avec la distribution du BelAQI démontre également qu'en 2016, 2019 et 2020 le BelAQI a atteint la valeur de 1, ce qui correspond à un événement particulier favorable. Ceci est également le cas en 2008 sauf que le BelAQI vaut 2. Le taux d'événements défavorables varie fortement d'une année à l'autre. Il fluctue entre 3% et 12%. Jusqu'en 2013, ce rapport reste plus élevé que les années qui suivent. Le test de comparaison a démontré que la qualité d'air se différenciait pour une multitude d'années. Toutes les années où la p-valeur est inférieure à 0,05 se retrouvent dans le tableau 16.

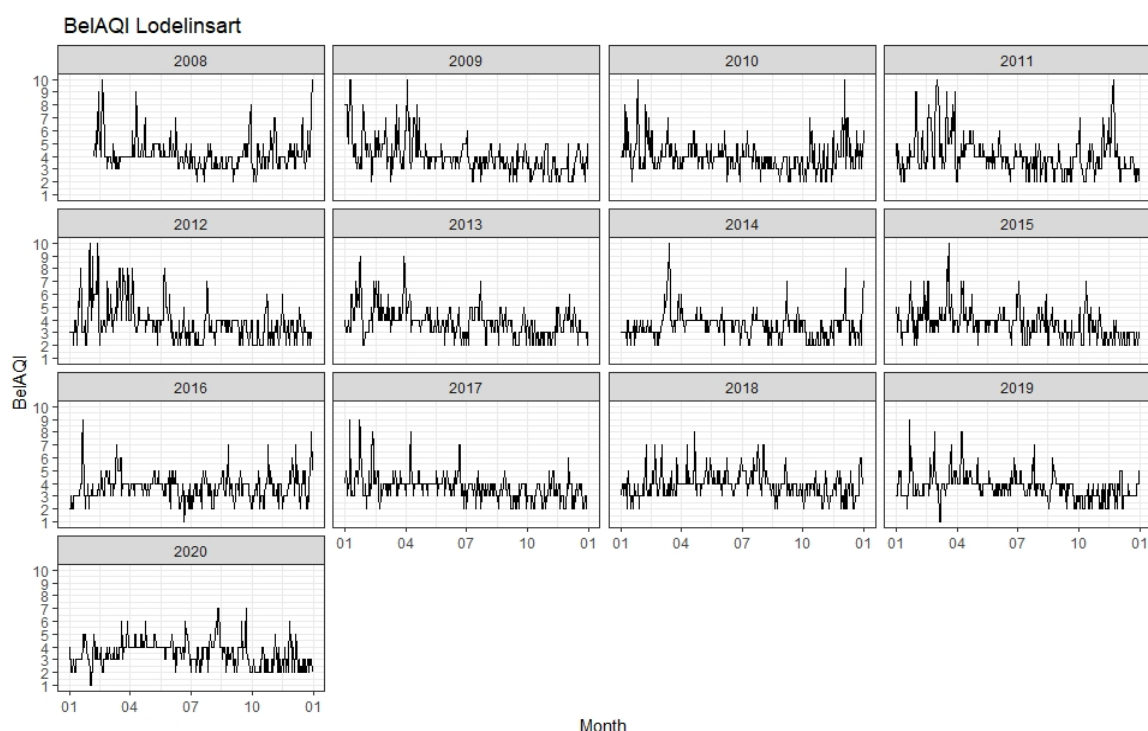
Treemap Lodelinsart



Boxplot Lodelinsart



Années													
BelAQI	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	2
2	5	29	20	33	59	37	48	49	35	35	17	27	65
3	78	98	103	96	106	112	120	115	117	118	103	124	115
4	166	148	157	145	129	132	167	141	158	165	166	157	143
5	52	53	54	48	27	55	15	37	40	32	57	39	29
6	10	11	13	15	15	13	6	10	5	4	13	8	9
7	10	10	10	14	15	9	2	11	8	6	8	3	3
8	4	7	3	3	9	3	3	0	1	3	1	3	0
9	2	1	0	8	2	2	1	1	1	2	0	1	0
10	3	4	3	3	2	0	1	1	0	0	0	0	0
TOT	330	361	363	365	364	363	363	365	366	365	365	365	366
EPD	29	33	29	43	43	27	13	23	15	15	22	15	12
% EPD	9%	9%	8%	12%	12%	7%	4%	6%	4%	4%	6%	4%	3%



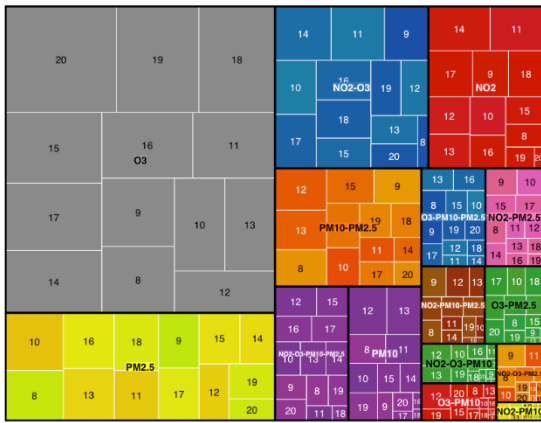
4.4.1.2.3 Mons

Le calcul du BelAQI couvre la période du 8 février 2008 au 31 décembre 2020. Le résumé statistique indique que la moyenne sur toutes les années est identique à la station de Lodelinsart. Les causes principales du BelAQI sont mises en avant dans le treemap et correspondent à l’ozone, les $PM_{2.5}$ et le NO_2 .

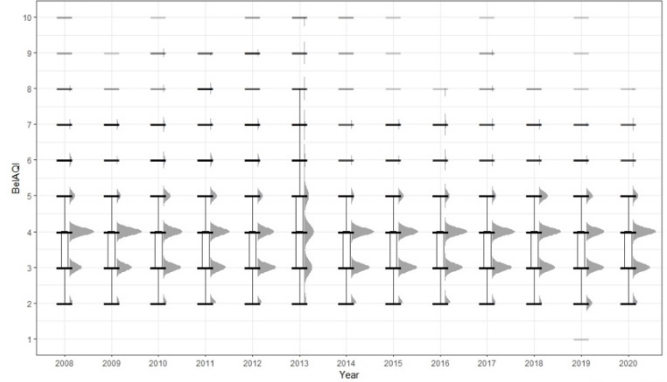
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,82	3	4	4	1,19	1	10

Les différentes moustaches sont quasi identiques. Les situations normales se trouvent entre les indices 2 et 5. Néanmoins, l’année 2013 semble particulière car les situations normales fluctuent entre les indices 2 à 8. Les événements favorables se sont produits une seule fois en 2019 lorsque le BelAQI valait 1. Globalement, le taux d’événements défavorables varie entre 2% et 12%. Après 2012, on constate une diminution assez importante des événements particuliers. De plus, le graphique temporel indique que le pic de 10 a été atteint à plusieurs reprises et qu’en 2020, la qualité d’air semble avoir moins varié que les autres années au cours du temps. Lors de la comparaison 2 à 2, plusieurs p-valeurs sont inférieures au seuil $\alpha = 5\%$, ce qui implique que la qualité d’air de plusieurs années se différencie de manière non négligeable. Ces années se retrouvent dans le tableau 16.

Treemap Mons

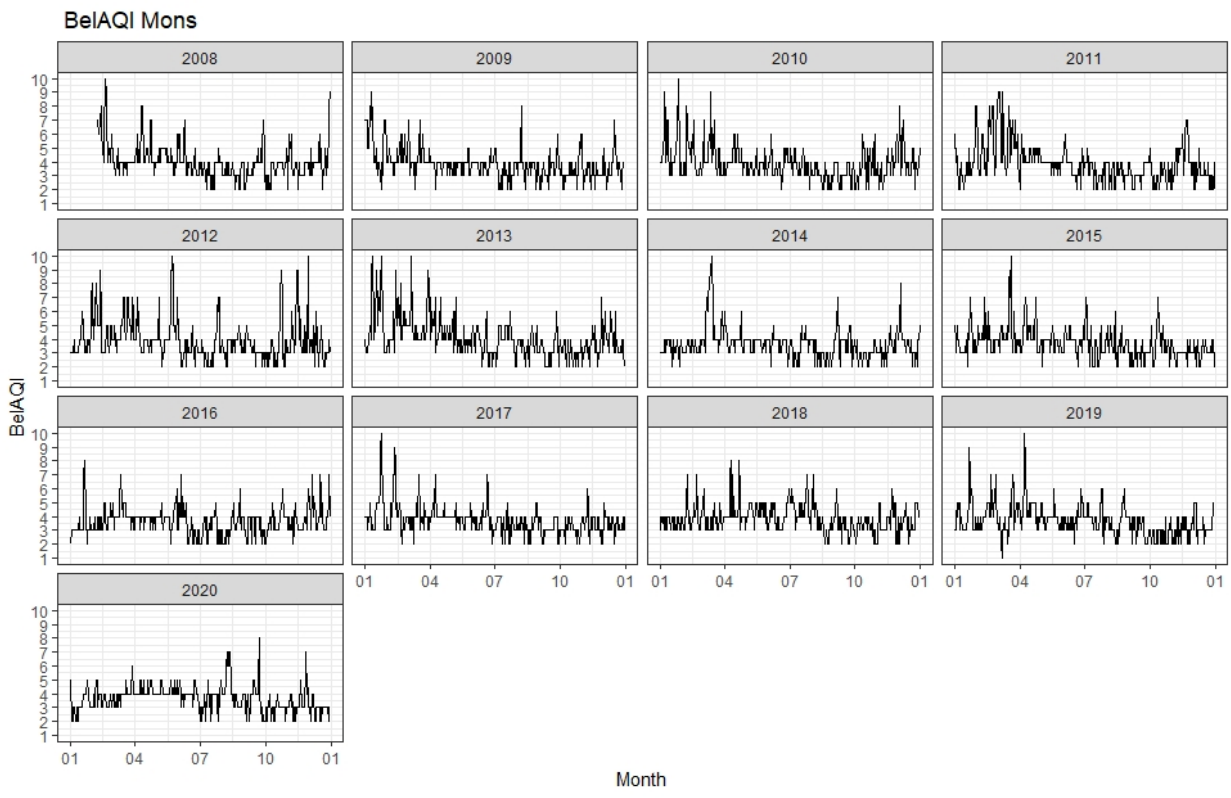


Boxplot Mons



Data source: BS&P

Années													
BelAQI	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	19	23	23	39	31	27	36	32	37	23	18	43	33
3	78	108	123	108	129	107	130	133	123	137	114	127	122
4	162	180	137	134	120	128	162	142	158	162	155	130	163
5	37	30	51	47	39	63	20	38	32	27	63	48	38
6	16	8	14	17	17	16	5	7	7	6	6	8	5
7	8	13	10	8	13	11	4	9	8	5	7	5	4
8	4	2	2	8	4	5	2	1	1	2	2	1	1
9	2	1	3	4	7	5	2	1	0	2	0	1	0
10	2	0	1	0	2	3	2	1	0	1	0	1	0
TOT	328	365	364	365	362	365	363	364	366	365	365	365	366
EPD	32	24	30	37	43	8	15	19	16	16	15	16	10
% EPD	10%	7%	8%	10%	12%	2%	4%	5%	4%	4%	4%	4%	3%

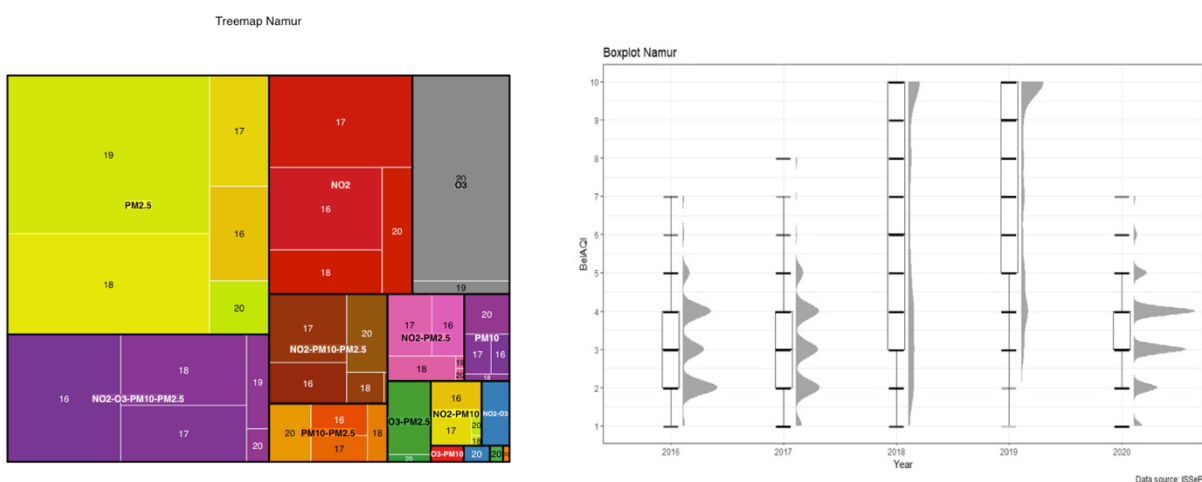


4.4.1.2.4 Namur

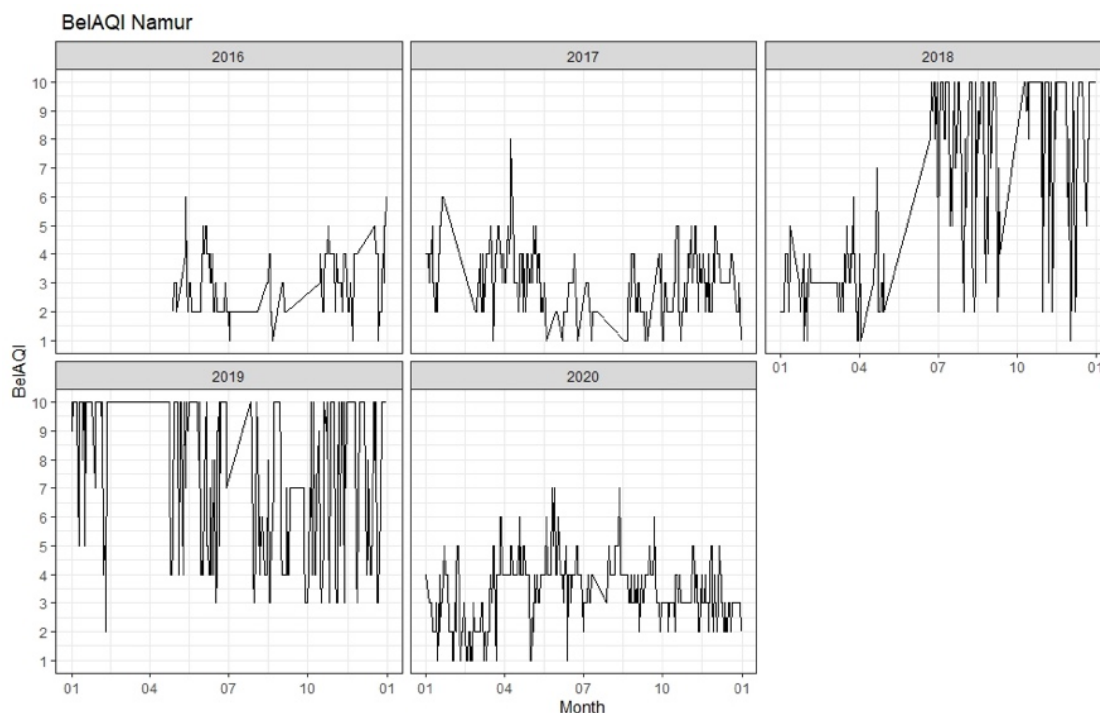
Le BelAQI a été calculé depuis le 29 février 2016 jusqu'à la fin de 2020 à Namur. Les données fournies avant cette date étaient insuffisantes et ne permettaient pas de calculer le BelAQI. Le résumé statistique indique que la moyenne est clairement plus élevée que les autres stations. Les causes principales du BelAQI sont les PM_{2,5}, les PM₁₀, l'O₃ et le NO₂.

Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
4,79	3	4	6	2,83	1	10

Les moustaches du boxplot démontrent que les situations normales varient fortement d'une année à l'autre. Pour 2016 et 2017, les situations normales se situent entre les indices 1 et 6. Pour 2020, cette situation normale varie entre les valeurs 2 et 5. Par contre, les années 2018 et 2019 semblent particulière. Les moustaches indiquent que les situations sont normales lorsque le BelAQI se situe entre les indices 1 et 10. En se basant sur ces moustaches et les boxplots, aucun événement particulier ne s'est produit en 2016, 2018 et en 2019. Les graphiques temporels indiquent également que les années 2018 et 2019 sont des extrêmes et que certains éléments ont fortement perturbé la qualité de l'air mesuré. La comparaison 2 à 2 démontre que la qualité d'air est significativement différente pour toutes les années sauf pour 2016 - 2017



Années					
BelAQI	16	17	18	19	20
1	5	21	6	1	18
2	84	83	38	2	53
3	51	77	38	21	118
4	68	80	39	51	138
5	16	26	19	27	29
6	3	4	11	12	7
7	3	2	11	25	3
8	0	5	20	19	0
9	0	0	13	16	0
10	0	0	86	171	0
TOT	230	298	281	345	366
EPD	-	5	-	-	10
% EPD		2%			3%



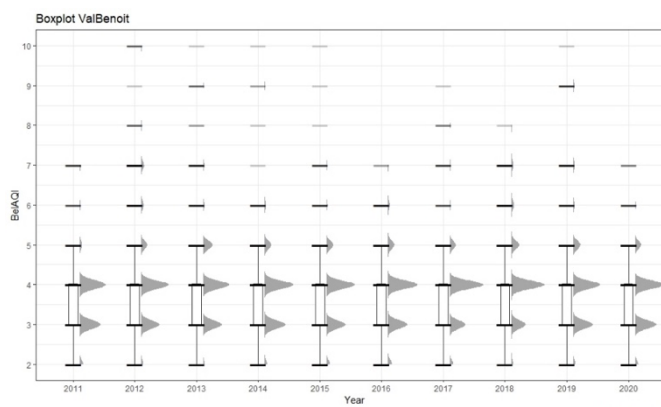
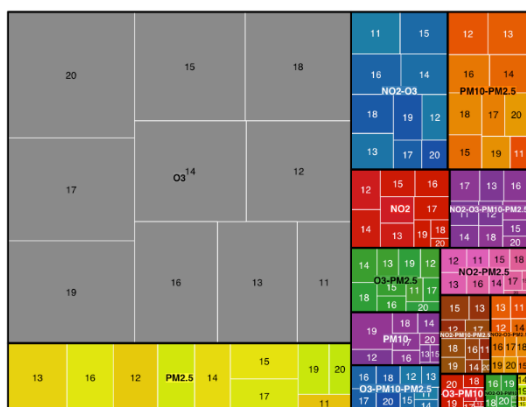
4.4.1.2.5 Val Benoit

Les premières mesures exploitables à Val Benoit datent du 10 mai 2011. Le résumé statistique démontre que l'indice n'a jamais atteint la valeur 1. Les causes principales du BelAQI sont l'ozone, les PM_{2.5} et le NO₂.

Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
3,86	3	4	4	1,06	2	10

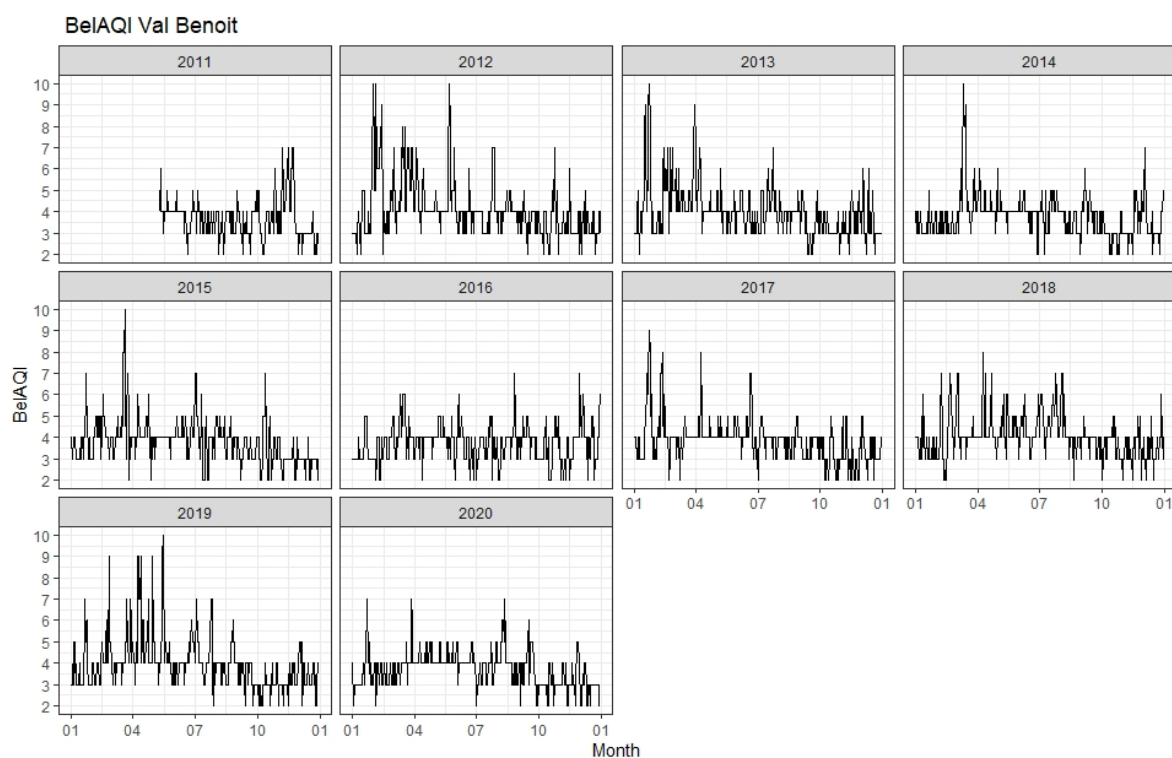
Les moustaches du boxplot sont toutes identiques et mettent en avant que les situations normales fluctuent entre 2 et 5. On constate qu'il n'y a aucun événement favorable. Concernant les événements défavorables, ceux-ci varient entre 2% et 11% du temps. L'indice maximal de 10 a été atteint pour 5 années. En 2012, ce pic a été calculé pour 4 journées. Les graphiques temporels indiquent que les pics reviennent au début de chaque année. Lors de la comparaison 2 à 2, on constate qu'en 2018 la qualité de l'air était significativement différente à 2011, 2014, 2015, 2016 et 2018. Les p-valeurs figurent en annexe pour toutes les années.

Treemap ValBenoit



Data source: ISSeP

Années										
BelAQI	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	13	11	15	23	24	22	10	14	20
3	89	111	115	127	116	114	93	84	120	128
4	110	165	157	171	169	174	199	196	161	172
5	11	35	57	39	41	37	35	46	43	37
6	5	15	9	8	7	10	5	16	9	6
7	6	18	9	1	6	2	6	12	10	3
8	0	4	2	1	1	0	3	1	0	0
9	0	1	4	2	1	0	1	0	7	0
10	0	4	1	1	1	0	0	0	1	0
TOT	236	366	365	365	365	361	364	365	365	366
EPD	11	42	25	13	16	12	15	29	27	9
% EPD	5%	11%	7%	4%	4%	3%	4%	8%	7%	2%



4.4.1.3 Stations industrielles

Une seule station est de type industrielle. Il s'agit d'Engis.

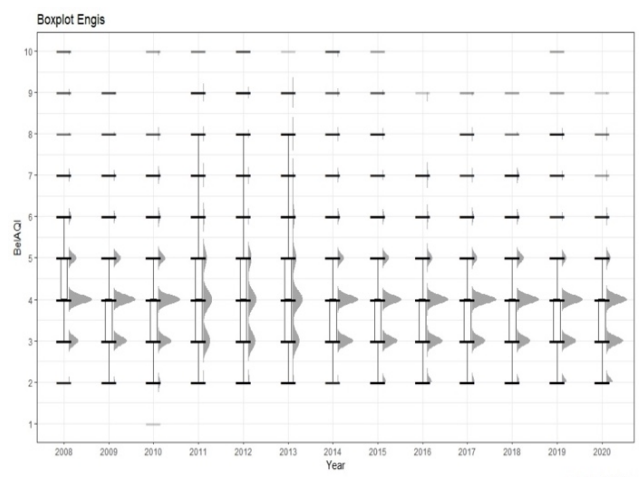
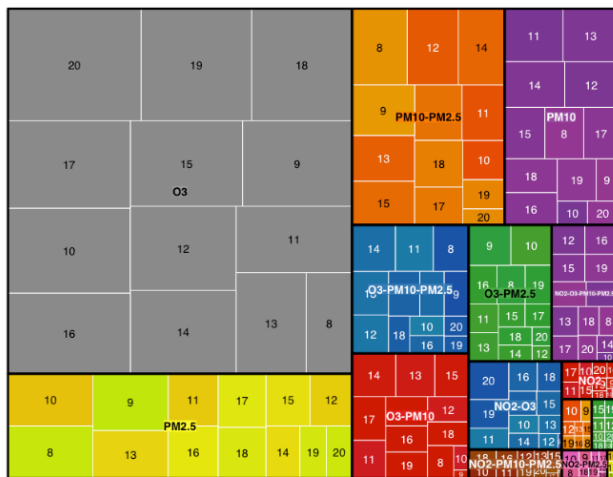
4.4.1.3.1 Engis

Les calculs englobent les indicateurs du 11 février 2008 jusqu'au 31 décembre 2020. L'indicateur varie entre 1 et 10 sur toutes les années et la moyenne est plus élevée par rapport à la majorité des stations. Tous les calculs permettent d'indiquer que l'ozone est également la cause principale du BelAQI suivi par les PM_{2.5} et les PM₁₀ comme l'indique le treemap.

Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
4,04	3	4	4	1,33	1	10

Les moustaches du boxplot démontrent que les événements particuliers et les situations normales varient d'une année à l'autre. En 2008, les situations normales correspondent à un indicateur entre 3 et 6. Pour 2009, 2010 et 2014 à 2020, les situations normales fluctuent entre les valeurs 2 et 5. De 2011 à 2013, les situations normales se situent entre 2 et 8. Le tableau reprenant la distribution du BelAQI entre les différentes années démontre que l'événement particulier favorable a été atteint une seule fois en 2010. La valeur maximale 10 par contre est bien plus fréquente que les deux autres stations auparavant. Elle apparaît pendant 8 années sur 13. Les événements particuliers défavorables fluctuent fortement d'une année à l'autre. Leur fréquence est plus faible entre 2011 à 2013, ce qui est imputable aux moustaches. Finalement, le test de comparaison a mis en avant que la qualité de l'air s'est avérée significativement différente pour plusieurs années. Ces années sont mises en avant se retrouvent à la fin des résultats de l'indicateur BelAQI.

Treemap Engis



Data source: ISSeP

Années														
BelAQI	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	7	11	16	13	24	15	7	25	33	19	17	37	46	
3	66	100	97	107	111	95	116	111	114	99	100	107	124	
4	160	164	164	136	127	144	154	141	156	181	164	159	152	
5	53	56	53	54	54	52	47	50	38	39	51	34	30	
6	18	14	16	21	13	30	14	15	10	13	14	7	8	
7	10	10	12	14	13	11	9	8	10	6	14	8	2	
8	3	5	4	8	9	10	7	8	0	6	3	9	3	
9	4	5	0	9	10	7	4	4	1	2	2	2	1	
10	4	0	2	3	5	1	5	2	0	0	0	2	0	
TOT	325	365	365	365	366	365	363	364	362	365	365	365	366	
EPD	21	34	34	12	15	8	39	37	21	27	33	28	14	
% EPD	6%	9%	9%	3%	4%	2%	11%	10%	6%	7%	9%	8%	4%	

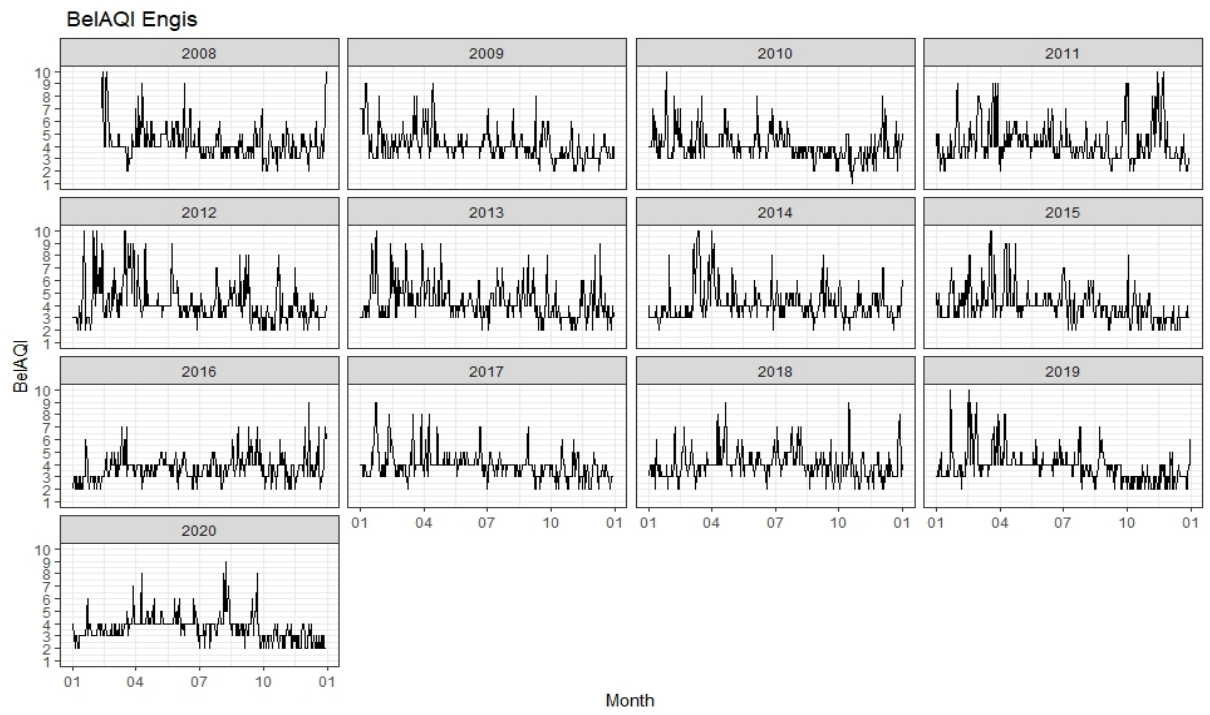


Tableau 16: Test de Wilcoxon pour le BelAQI - comparaison 2 à 2 – Années dont la p-valeur est inférieure à 5%

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2009												
2010												
2011			Cy									
2012	Lo			Vb								
2013	Lo			Vb								
2014	Hb, Lo, Mo, Vi	Hb, Lo, Vi	Cy, Db, Hb, Lo, Si	Lo, Vi		Mo						
2015	En, Lo, Mo	Vi	Cy, Db, Lo, Si	Lo		Mo						
2016	En, Hb, Lo, Mo, Vi	En, Hb	Cy, Db, Hb, Si, Vi	En, Vi		En, Mo, Vi						
2017	En, Hb, Lo, Mo	Hb	Cy, Hb, Lo, Si	Lo		Mo						
2018				Hv, Of, Vb, Vz	Of, So, Vz, Vi		Db, Hb, He, Lo, Mo, Of, So, Si, Vb, Vz, Vi	Hv, Lo, So, Si, Vb, Vz	Db, Hb, He, Na, Of, So, Si, Vb, Vz, Vi	Hb, He, Lo, Na, Of, So, Vz, Vi		
2019	En, Lo, Mo	En	Cy	En		En, Mo			Na, So, Si	Na	He, Lo, Na	
2020	En, Hb, Lo, Mo	En, Hb, Lo, Vi	Cy, En, Hb, Lo	En, Lo	En	En, Lo, Mo	En	En	Na	En, Na	En, Hb, He, Lo, Na, So, Vb, Vz, Vi	Na

4.4.2 Indice européen adapté

Comme pour le BelAQI, deux tableaux ont été créés pour chaque station. Le premier correspond à un résumé statistique et le second correspond à la distribution de l'indicateur pour les différentes années. Chaque station possède un boxplot, un treemap et un graphique temporel indiquant l'indicateur journalier au cours des années.

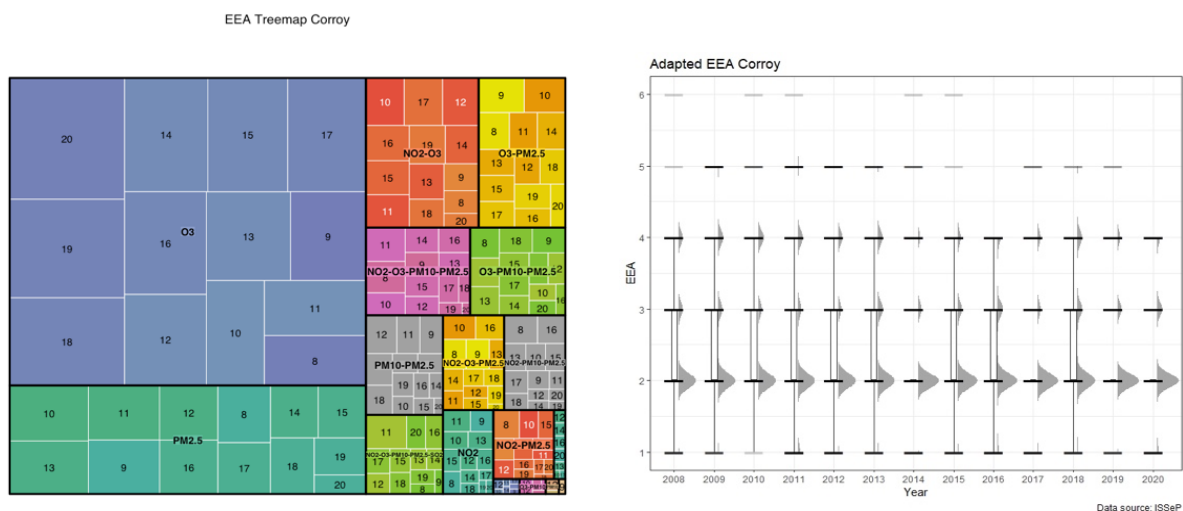
4.4.2.1 Stations rurales

4.4.2.1.1 Corroy

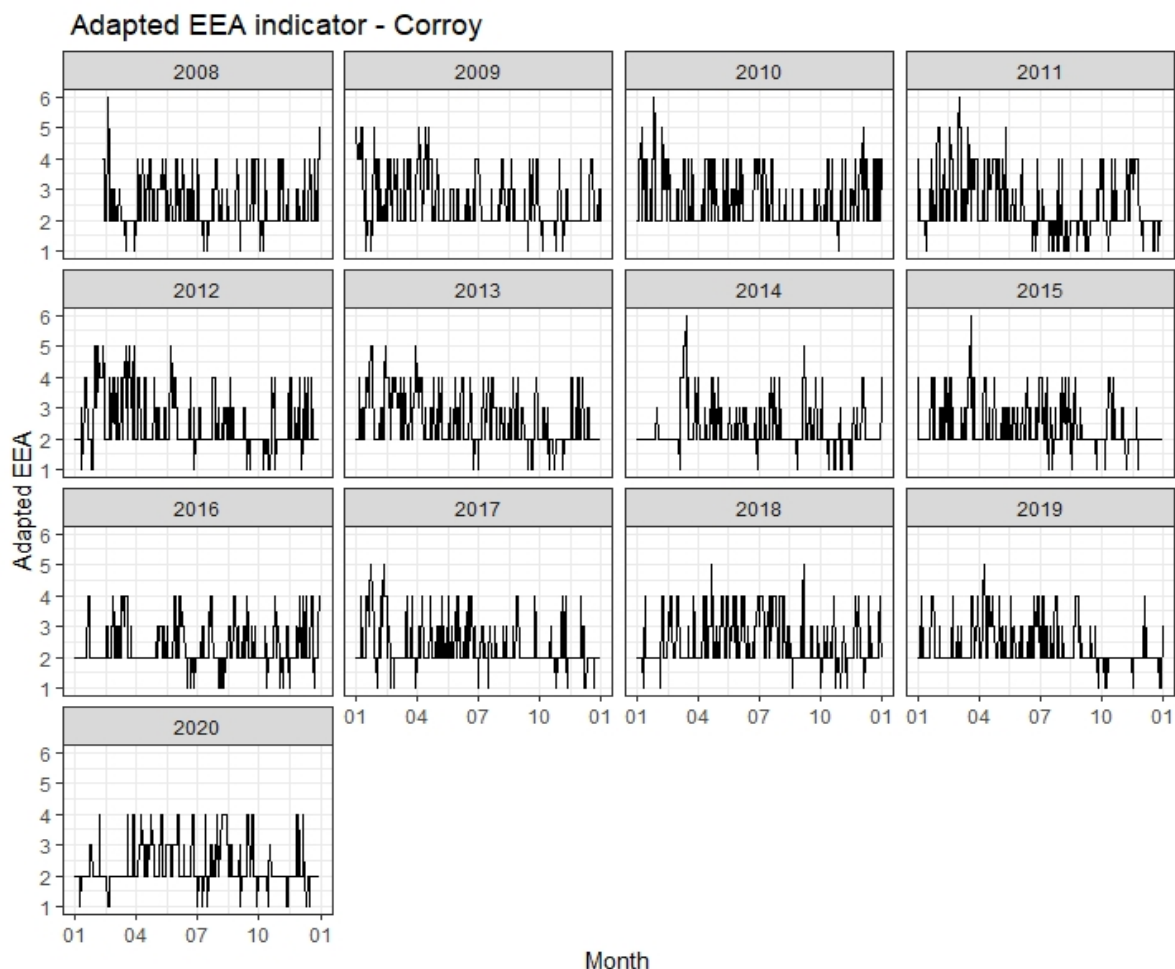
La station de Corroy mesure le dioxyde de soufre depuis longtemps. Il a été possible de calculer cet indicateur pour les mêmes années que le BelAQI. Le treemap indique que les polluants principaux sont l'ozone, les PM_{2.5} et le NO₂.

Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,43	2	2	3	0,81	1	6

Les moustaches du boxplot sont toutes identiques et se situent entre les indicateurs 1 et 4. Ceci correspond aux situations normales. Certaines années ne possèdent pas de moustache car la distribution de l'indicateur ne le permet pas. Le tableau récapitulatif démontre que depuis 2015, les événements particuliers ont diminué et que l'indice maximal n'a plus été atteint depuis. Les graphiques temporels semblent connaître plus de pics que l'indice belge mais ceci s'explique par la différence d'échelles entre les deux indicateurs. Le test de comparaison 2 à 2 démontre que la qualité de l'air pour plusieurs années est significativement différente. Les années précises se retrouvent dans le tableau 17 à la fin de cette sous-section et les p-valeurs sont en annexe.



Années													
EEA	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	8	6	1	28	13	9	10	10	16	13	9	7	16
2	210	227	233	221	237	220	271	255	246	270	231	267	259
3	54	56	52	44	44	68	50	56	68	40	62	53	60
4	51	67	74	62	61	62	29	40	36	39	61	36	31
5	1	9	4	9	9	6	4	1	0	3	2	2	0
6	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
TOT	325	365	365	365	364	365	365	363	366	365	365	365	366
EPD	2	9	5	10	9	6	5	2	0	3	2	2	0
% EPD	1%	2%	1%	3%	2%	2%	1%	1%	0%	1%	1%	1%	0%



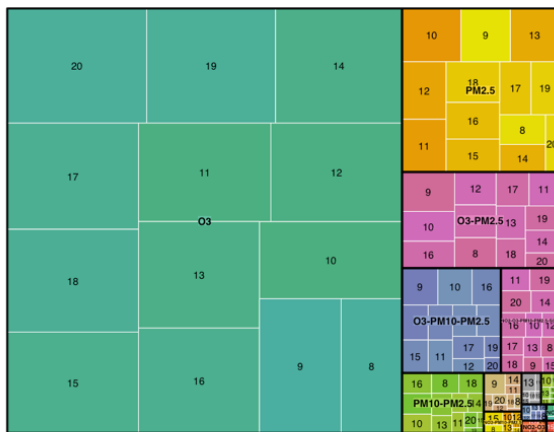
4.4.2.1.2 Dourbes

Le dioxyde de soufre est également mesuré depuis des années au sein de cette station. L'indicateur est donc calculé pour la même durée que celle du BelAQI. L'ozone et les PM_{2.5} restent les principaux polluants qui dominent au sein de cette station.

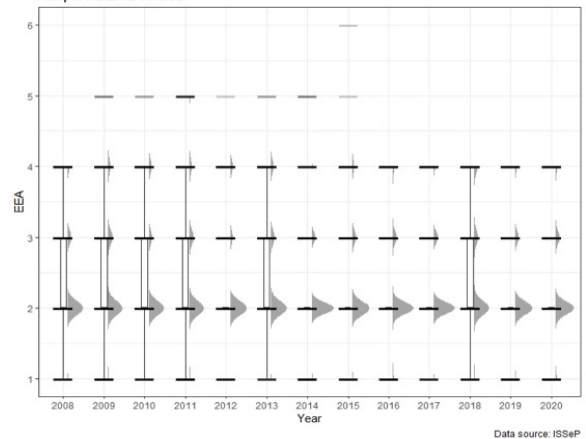
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,33	2	2	3	0,71	1	6

Les moustaches sont toutes identiques mais ne sont pas présentes pour toutes les années. Les situations normales varient entre les indicateurs 1 et 4 pour les années possédant une moustache. L'absence de moustache s'explique par la distribution des indices calculés. Si deux tiers des indices ne dépassent pas l'EEA = 2, aucune moustache ne peut être représentée. Les événements défavorables fluctuent assez fortement d'une année à l'autre. Une seule année a connu un pic atteignant l'indice 6. Concernant le test de comparaison de Wilcoxon, on peut constater que la qualité de l'air diffère pour plusieurs années. Ces années se retrouvent dans le tableau 17 à la fin de cette section.

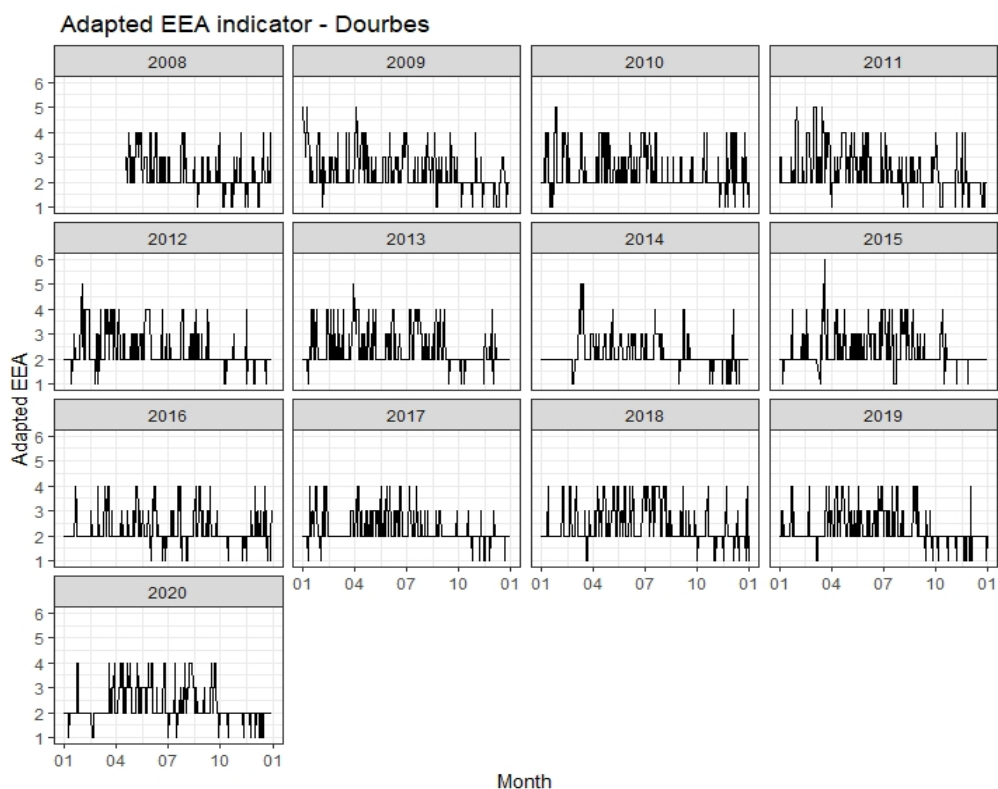
EEA Treemap Dourbes



Adapted EEA Dourbes



		Années												
EEA		08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		9	15	9	17	10	7	16	10	13	8	10	16	16
2		180	233	249	233	269	254	284	259	277	278	240	262	264
3		44	76	55	68	41	60	51	58	53	57	62	55	59
4		25	38	50	39	44	42	11	29	23	22	53	32	27
5		0	3	2	8	1	2	3	1	0	0	0	0	0
6		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
TOT		258	365	365	365	365	365	365	358	366	365	365	365	366
EPD		0	3	2	8	-	2	-	-	-	-	0	-	-
% EPD		0%	1%	1%	2%	-	1%	-	9%	-	-	0%	-	-



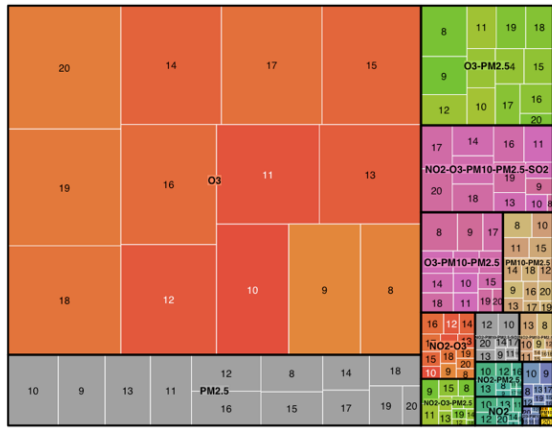
4.4.2.1.3 Habay

Le calcul de l'indicateur européen adapté englobe les mêmes dates que celles du BelAQI. Le résumé statistique indique que la moyenne vaut 2,29 et les extrémités valent 1 et 5. L'ozone et les PM_{2,5} sont majoritairement responsables des différents indices calculés à Habay.

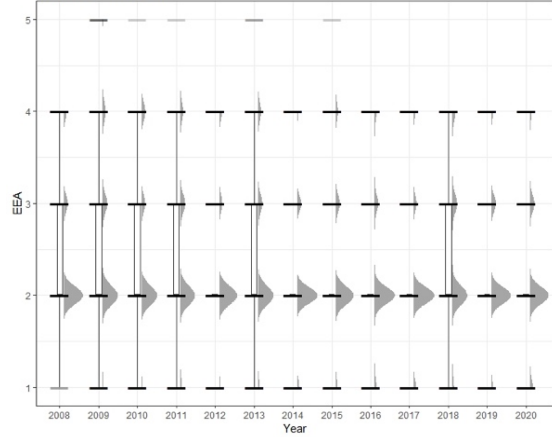
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,29	2	2	3	0,73	1	5

Les moustaches ont été élaborées uniquement pour 6 années. De nouveau, la distribution de l'indicateur explique l'absence de certaines moustaches. Sur base du tableau récapitulatif, on constate que plus de 2/3 des valeurs calculées se situent entre les indices 1 et 2. Les situations normales fluctuent entre 1 et 4 pour toutes les années possédant une moustache. La fréquence des événements particuliers est assez faible. Le test statistique démontre que la qualité d'air diffère significativement pour au moins une année. Lors de la comparaison 2 à 2, on constate que cela est le cas pour un grand nombre d'années. Ceux-ci se retrouvent dans le tableau 17 à la fin de cette section. Toutes les p-valeurs se retrouvent en annexe.

EEA Treemap Habay



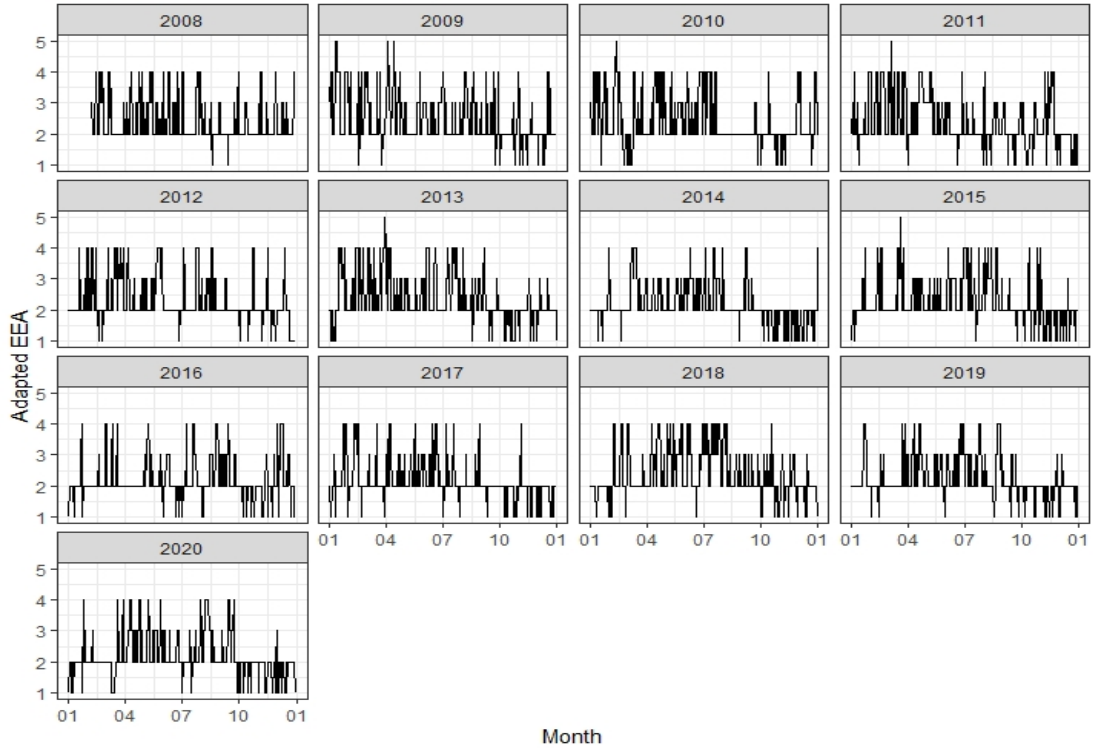
Adapted EEA Habay



Data source: ISSeP

Années													
EEA	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	12	18	24	20	23	29	24	24	31	25	20	36
2	242	229	237	222	263	232	263	255	269	273	223	259	252
3	50	70	52	73	44	64	55	55	47	38	71	62	57
4	35	47	57	44	39	44	18	30	26	23	46	24	21
5	0	4	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOT	329	362	365	364	366	365	365	365	366	365	365	365	366
EPD	0	4	1	1	-	2	-	-	-	-	0	-	-
% EPD	0%	1%	0%	0%	-	1%	-	-	-	-	0%	-	-

Adapted EEA indicator - Habay



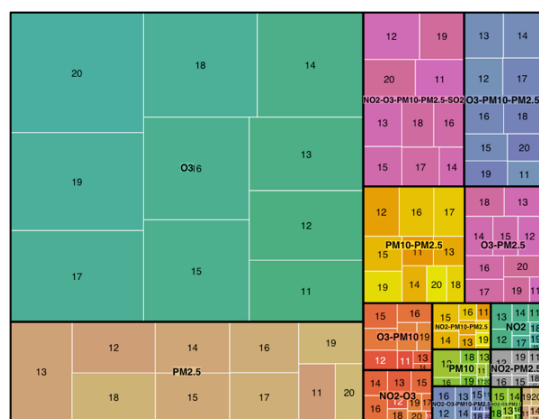
4.4.2.1.4 Havinnes

L'indicateur à Havinnes a été calculé pour la même durée que celle du BelAQI. La moyenne est fort proche de Habay et vaut 2,30. Au sein de cette station, les principaux polluants sont l'ozone et les PM_{2.5}.

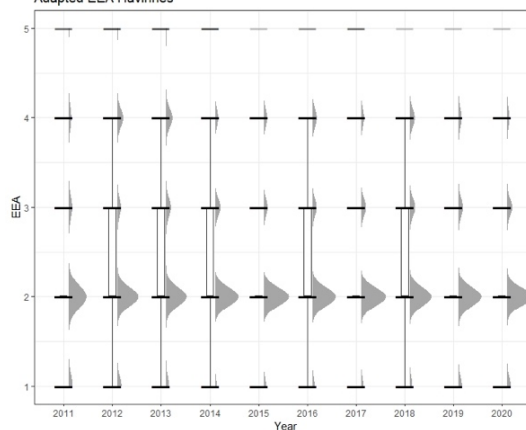
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,30	2	2	3	0,81	1	5

Seule une moustache sur deux a été créée. Comme pour les autres stations, cela est lié à la distribution des indices. Les situations normales se trouvent entre les indices 1 et 4. Toute valeur dépassant l'indicateur 4 est considérée comme événement particulier, c'est-à-dire tout pic atteignant la valeur de 5. Le tableau récapitulatif indique que l'indice maximal a été atteint au moins une fois chaque année. Pour cette station, le test statistique démontre que la qualité d'air diffère pour au moins une année. Les résultats sont représentés dans le tableau 17. Leurs p-valeur se trouvent en annexe.

EEA Treemap Havinnes

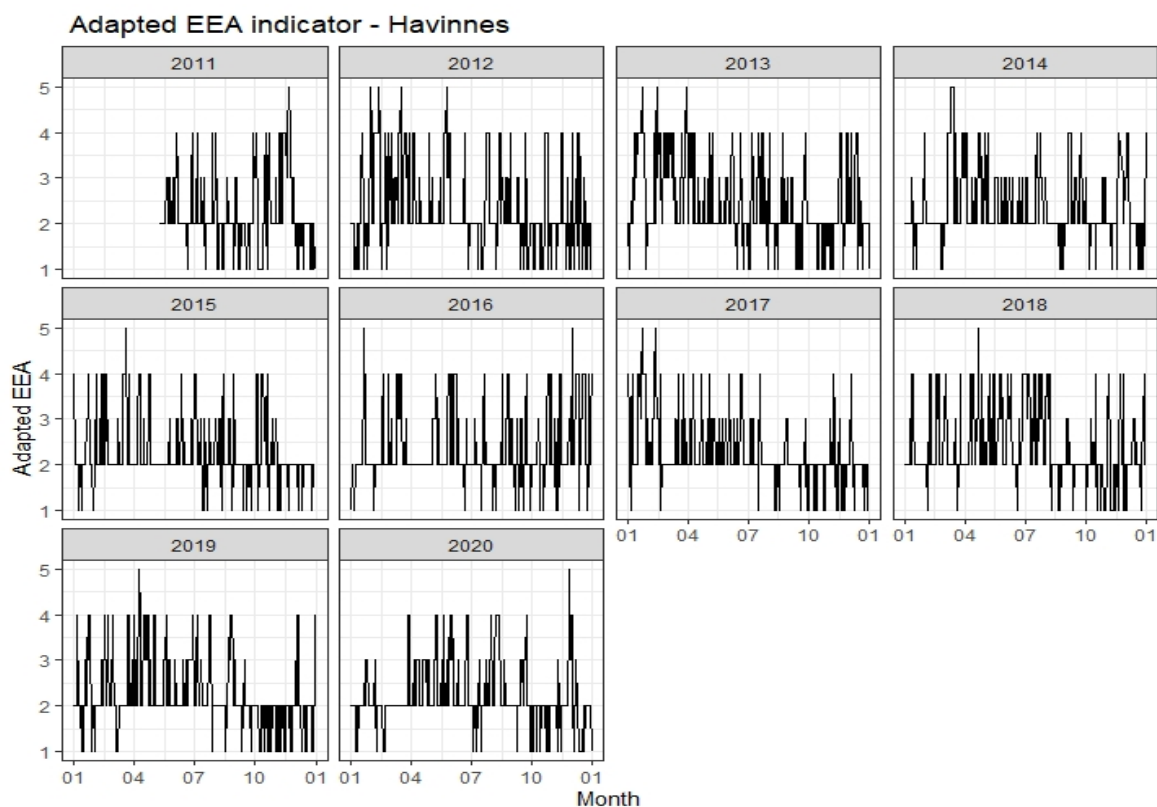


Adapted EEA Havinnes



Data source: ISSeP

Années		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
EEA		33	43	30	18	25	24	24	26	37	36
1		149	223	215	246	263	249	259	228	246	258
2		29	36	50	58	40	44	49	57	47	48
3		22	60	66	34	36	47	30	53	34	23
4		3	4	4	4	1	2	3	1	1	1
5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOT		236	366	365	360	365	366	365	365	365	366
EPD		-	4	4	4	-	2	-	1	-	-
% EPD		-	1%	1%	1%	-	1%	-	0%	-	-



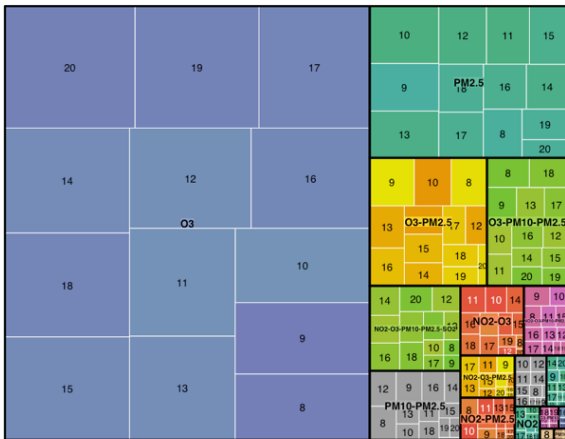
4.4.2.1.5 Sinsin

L'indicateur a été calculé pour les mêmes années que le BelAQI, c'est-à-dire de 2008 à 2020. L'indice maximal vaut 6 et a été calculé pour une seule année. Le treemap démontre que l'ozone ainsi que les PM_{2.5} sont les polluants prédominants au sein de cette station.

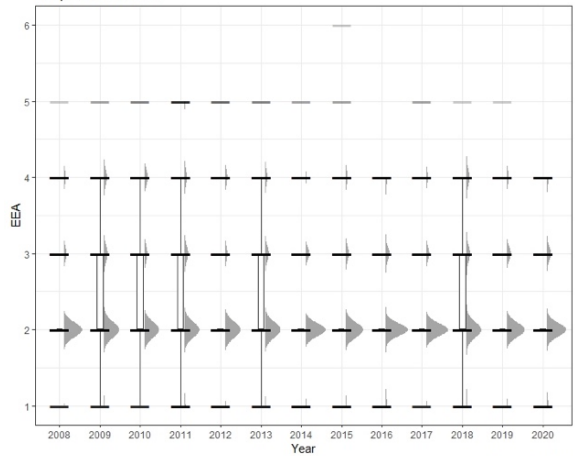
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,31	2	2	2	0,72	1	6

Les moustaches n'ont pas été produites pour toutes les années. Les situations normales se situent entre 1 et 4 pour le peu de moustaches élaborées par le logiciel. Les événements particuliers restent assez limités mais ont connu un pic en 2011 avant de diminuer pour toutes les autres années suivantes. La comparaison de la qualité d'air entre les différentes années démontre que plusieurs années sont significativement différentes. Elles se retrouvent dans le tableau 17 à la fin de cette section. Toutes les p-valeurs sont en annexe.

EEA Treemap Sinsin

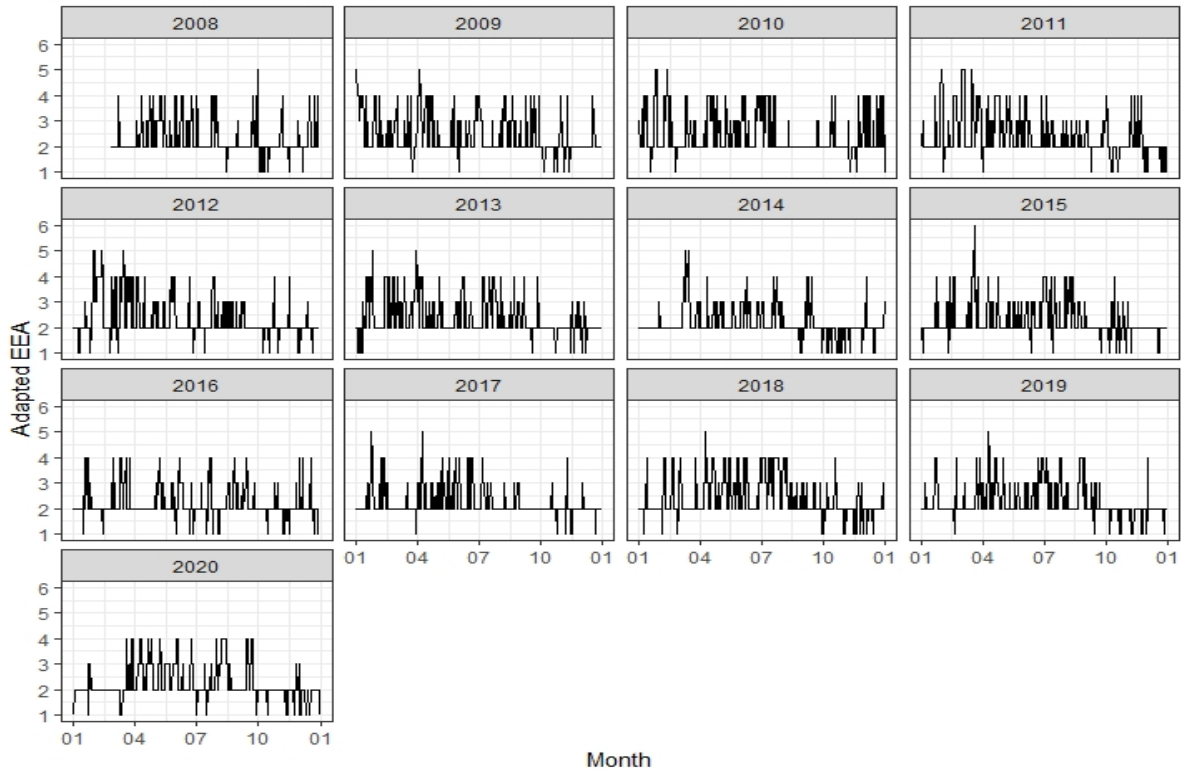


Adapted EEA Sinsin



Années													
EEA	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	8	9	8	18	14	11	20	15	17	8	14	12	19
2	237	247	243	241	265	252	274	267	280	292	240	265	267
3	37	58	52	59	42	61	52	51	46	40	59	58	57
4	28	47	59	39	41	38	16	27	19	23	51	29	23
5	1	2	3	8	4	3	2	2	0	2	1	1	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
TOT	311	363	365	365	366	365	364	363	362	365	365	365	366
EPD	-	2	3	8	-	3	-	-	-	-	1	-	-
% EPD	-	1%	1%	2%	-	1%	-	-	-	-	0%	-	-

Adapted EEA indicator - Sinsin

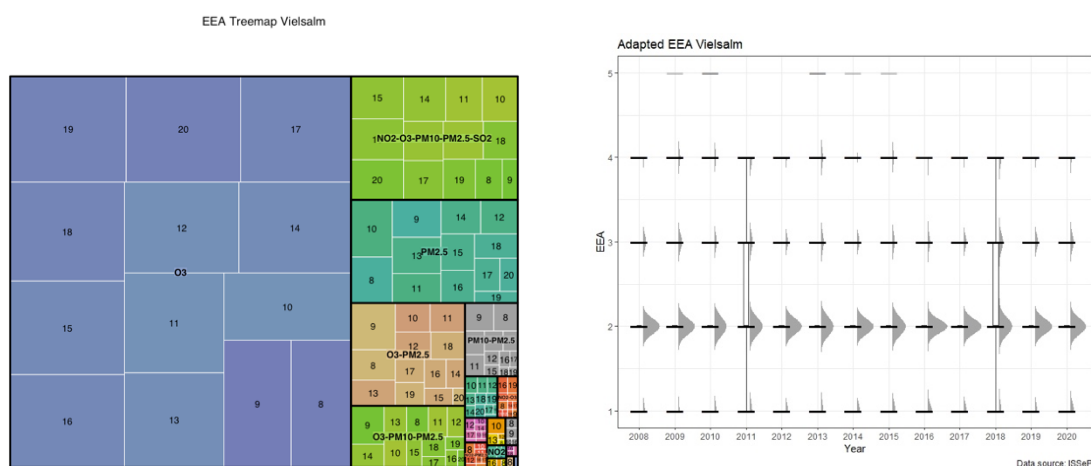


4.4.2.1.6 Vielsalm

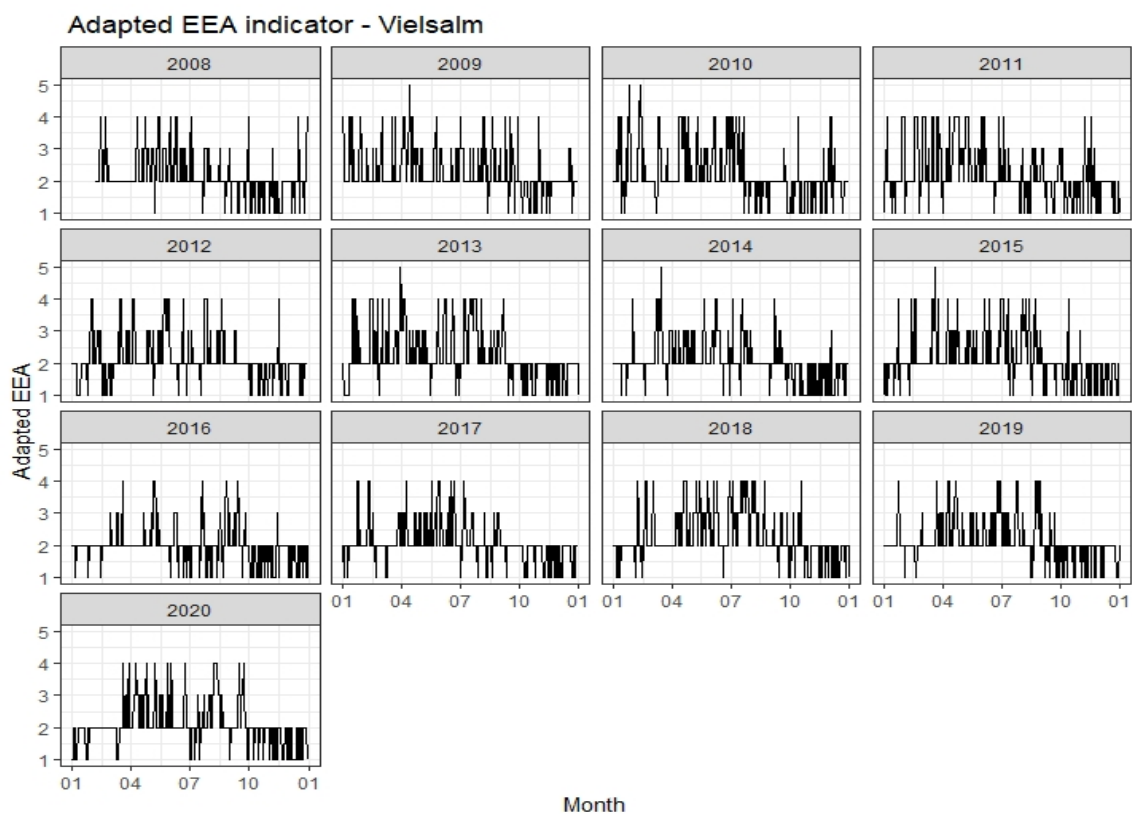
La station de Vielsalm permet le calcul de l'indicateur européen pour la même période que celle du BelAQI. La moyenne vaut 2,16 et correspond donc à la moyenne la plus basse de toutes les stations. L'ozone est le polluant le plus dominant au sein de la station, suivi par les PM_{2.5} et tous les autres polluants.

Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,16	2	2	2	0,71	1	5

Le boxplot démontre clairement qu'uniquement 2 moustaches ont été établies. Ce sont les années 2011 et 2018 et leur moustache indique que les situations normales varient entre les indices 1 et 4. L'indice dépasse rarement la valeur de 4. En se basant sur le boxplot, aucun événement particulier n'existe pour les 2 années possédant une moustache. Le dernier test statistique démontre que la qualité d'air varie significativement pour plusieurs années. Ces années spécifiques se retrouvent dans le tableau 17 et toutes les p-valeurs sont en annexe.



Années		08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
EEA		29	16	43	43	40	40	49	53	54	42	34	34	53
1		237	263	237	227	264	236	260	241	270	267	231	265	248
3		46	58	47	51	39	50	42	42	31	41	66	47	49
4		17	27	36	44	23	36	13	27	10	15	34	19	16
5		0	1	2	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0
6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOT		329	365	365	365	366	364	365	364	365	365	365	365	366
EPD		-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0	-	-
% EPD		-	-	-	0%	-	-	-	-	-	-	0%	-	-



4.4.2.2 Stations urbaines

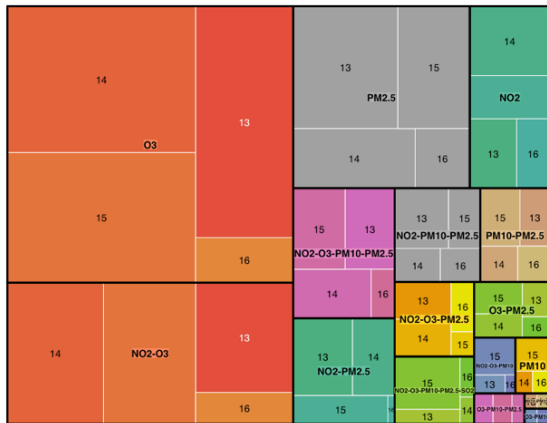
4.4.2.2.1 Herstal

Les calculs à Herstal sont un peu particuliers. L'indicateur européen a été calculé seulement pendant 4 ans, car la mesure du dioxyde de soufre a été abrogée le 13 avril 2016. La qualité de l'air est principalement influencée par l'ozone, le NO₂ et les PM_{2.5}.

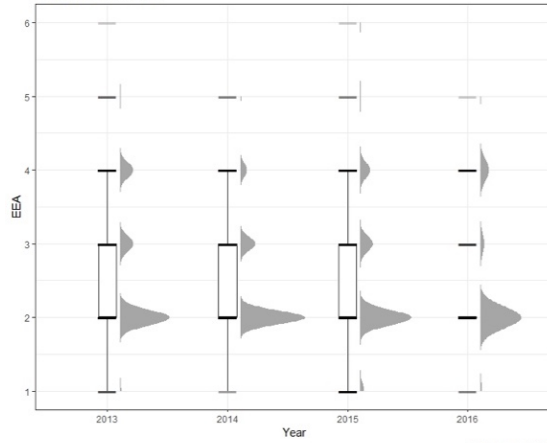
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,42	2	2	3	0,79	1	6

De 2016 à 2019, les moustaches sont identiques. L'année 2020 ne possède pas de moustache car plus de 2/3 des valeurs calculées font partie des 2 premiers indices. Les situations normales varient entre les indices 1 et 4. Les événements défavorables se sont reproduits à quelques reprises comme indiqué dans le tableau récapitulatif. La comparaison 2 à 2 démontre que la qualité d'air est significativement différente entre 2013 et 2014. La p-valeur est inférieure au seuil $\alpha = 5\%$.

EEA Treemap Herstal



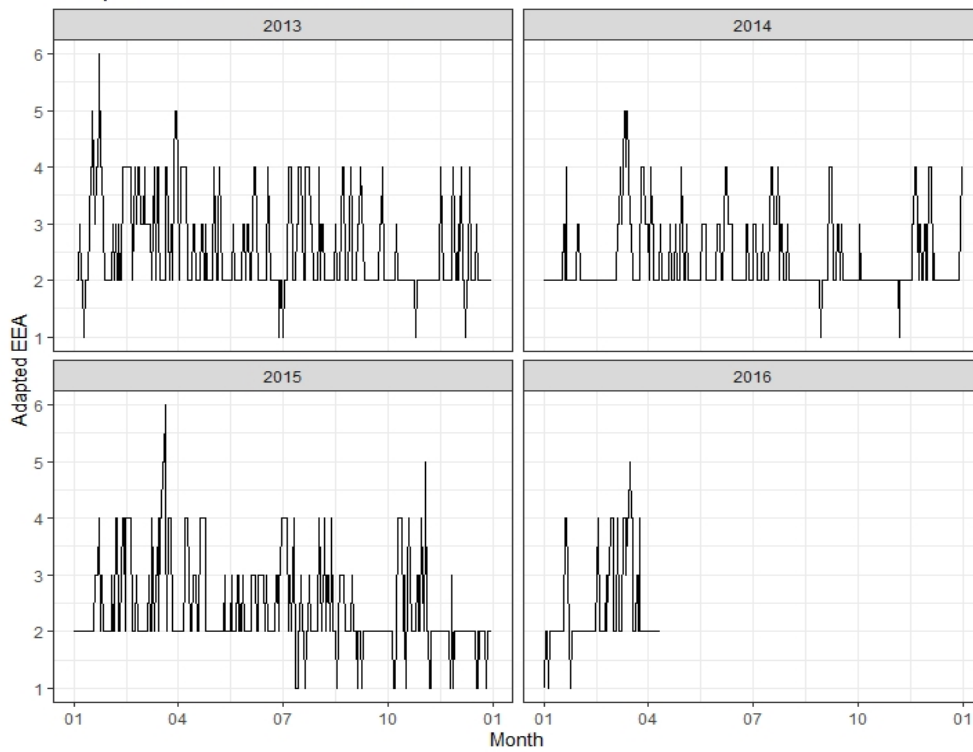
Adapted EEA Herstal



Data source: ISSeP

Années				
EEA	13	14	15	16
1	6	2	18	3
2	228	271	238	76
3	61	62	59	7
4	60	27	46	16
5	4	3	3	1
6	1	0	1	0
TOT	360	365	365	104
EPD	5	3	4	-
% EPD	1%	1%	1%	1%

Adapted EEA indicator - Herstal

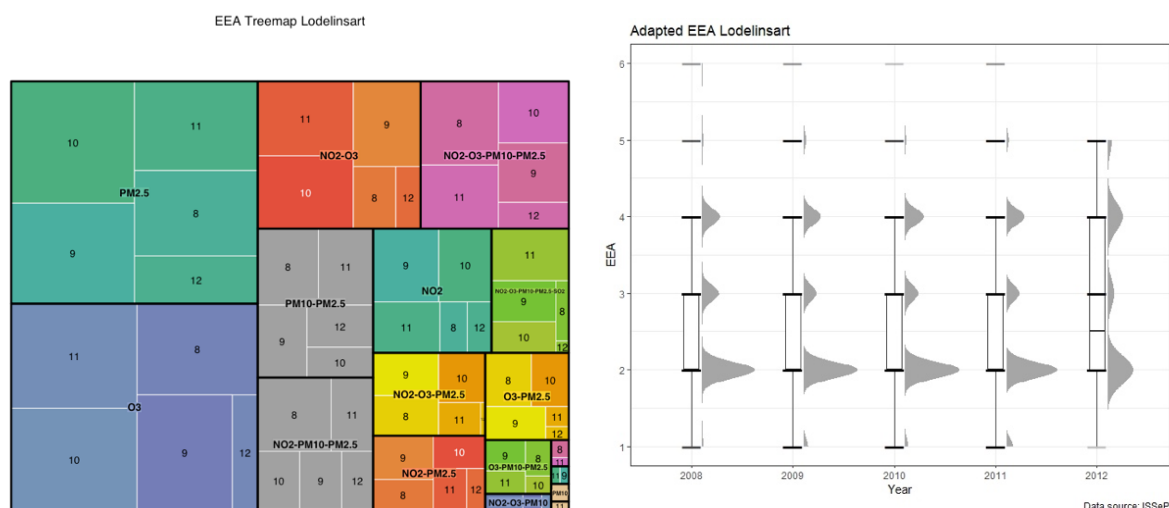


4.4.2.2.2 Lodelinsart

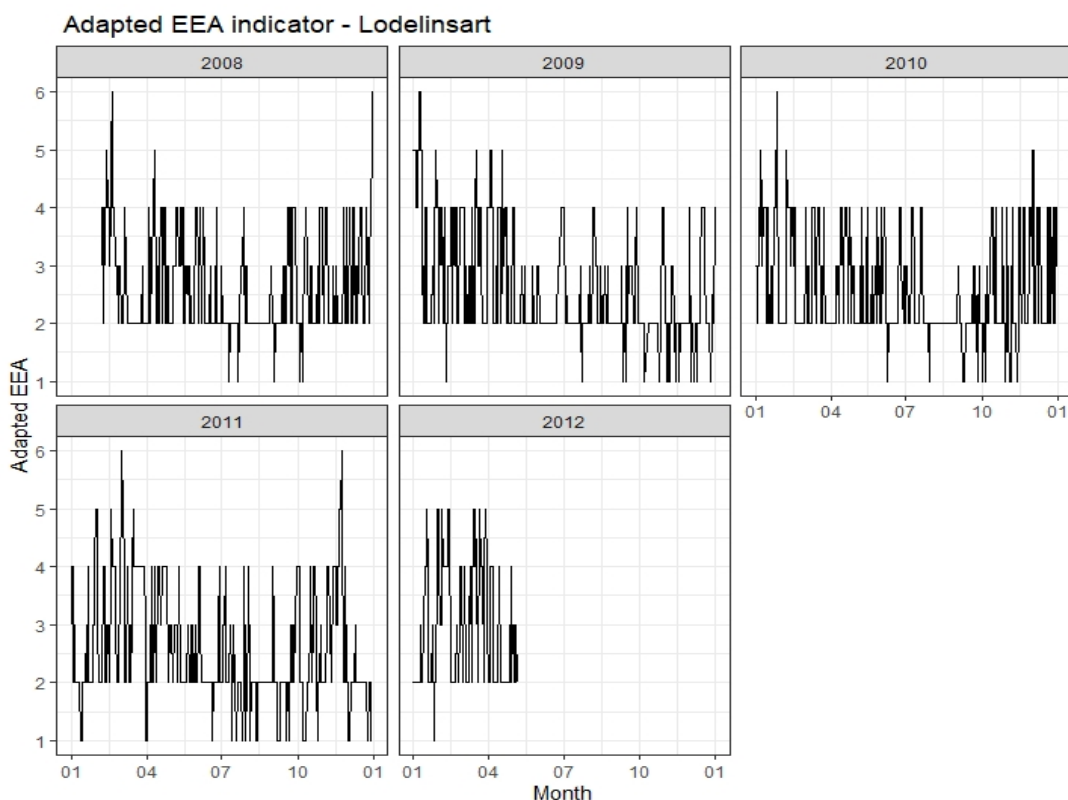
La situation à Lodelinsart est également particulière. Le dioxyde de soufre a été mesuré jusqu'au 5 mai 2012. Le treemap pour Lodelinsart indique que les PM_{2.5} et l'ozone dominant de manière égale au sein de la station. Le NO₂ n'est pas négligeable non plus.

Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,61	2	2	3	0,97	1	6

Toutes les années possèdent une moustache, mais celles-ci ne sont pas identiques. De 2008 à 2011, les situations normales varient entre les indices 1 et 4. En 2012, les situations normales se situent entre 1 et 5. Pour cette même année, aucun événement particulier n'existe car aucun pic de 6 n'a été atteint jusqu'au mois de mai. Grâce à la comparaison 2 à 2, il a été possible de mettre en avant que la qualité de l'air en 2012 diffère par rapport à toutes les années précédentes. Leur p-valeur se retrouve annexe.



Années					
EEA	08	09	10	11	12
1	5	18	13	27	1
2	192	212	216	202	62
3	62	51	53	52	16
4	65	68	75	72	37
5	4	10	5	10	10
6	2	2	1	2	0
TOT	330	361	363	365	126
EPD	6	12	6	12	0
% EPD	2%	3%	2%	3%	0%



4.4.2.2.3 Mons

La station de Mons a mesuré le dioxyde de soufre jusqu'au 31 décembre 2016. Le calcul de l'indicateur est donc possible de 2008 à 2016. La valeur maximale calculée vaut 6 et a été atteinte pendant plusieurs années. Le treemap indique que l'ozone, le NO₂ et les PM_{2.5} sont majoritairement responsables pour l'indice journalier calculé.

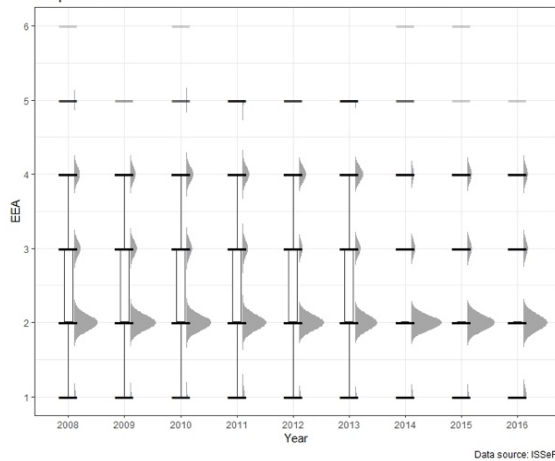
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,43	2	2	3	0,85	1	6

Les moustaches ont été produites pour toutes les années jusqu'à 2014. Celles-ci sont toutes identiques et varient entre les indices 1 et 4. Toutes les autres valeurs sont des événements particuliers défavorables. On constate sur le graphique temporel que les pics et les événements défavorables ont principalement lieu en hiver pour chaque année. La comparaison entre les différentes années conclut que la qualité d'air varie significativement pour une multitude d'années. Celles-ci se retrouvent dans le tableau 17 qui se situe à la fin de la section. Toutes les p-valeurs sont en annexe.

EEA Treemap Mons

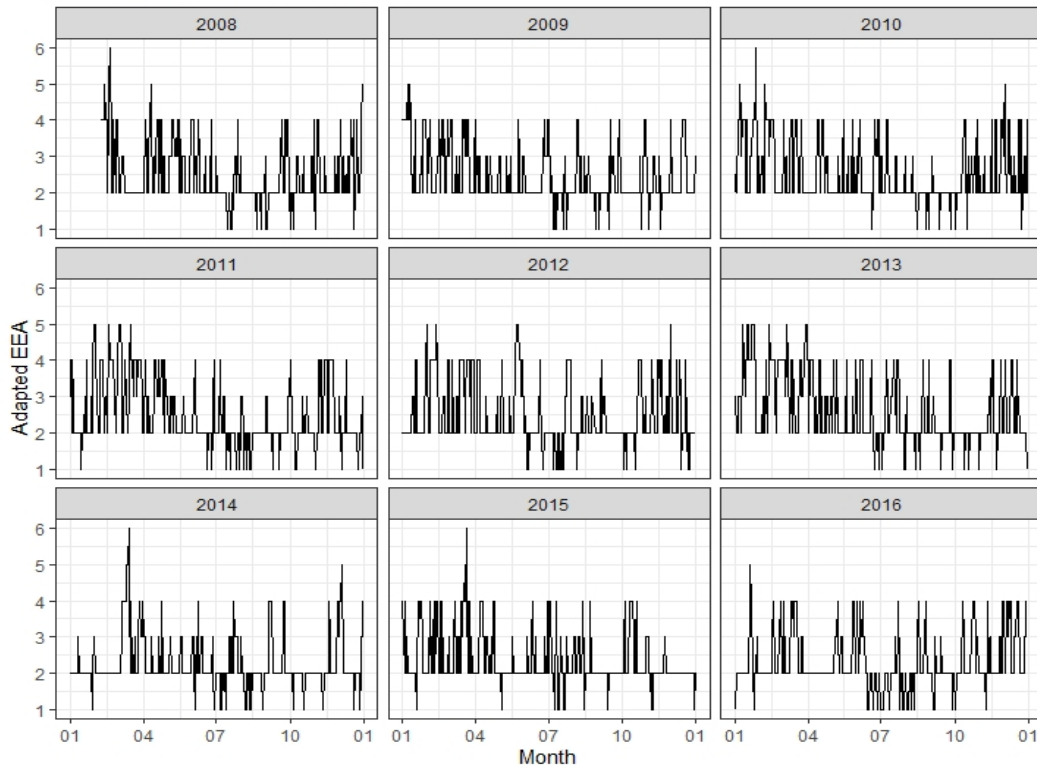


Adapted EEA Mons



Années									
EEA	08	09	10	11	12	13	14	15	16
1	13	11	9	21	18	15	18	14	33
2	204	241	233	222	236	210	276	263	241
3	55	62	53	51	34	53	39	43	45
4	49	49	64	62	68	77	25	42	44
5	6	2	4	9	6	10	4	1	1
6	1	0	1	0	0	0	1	1	0
TOT	328	365	364	365	362	365	363	364	364
EPD	7	2	5	9	6	10	-	-	-
% EPD	2%	1%	1%	2%	2%	3%	-	-	-

Adapted EEA indicator - Mons

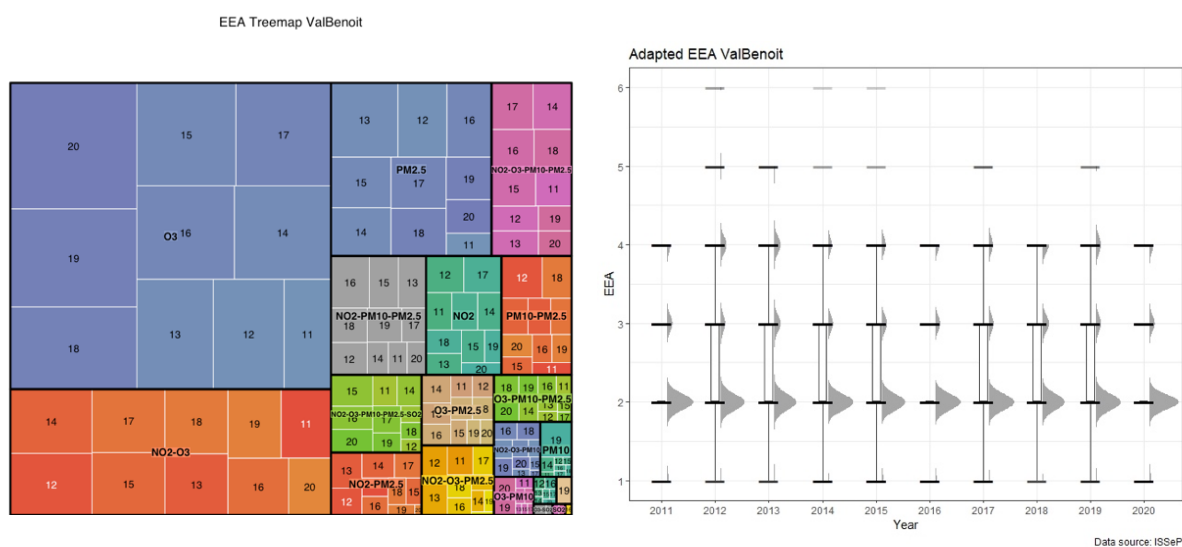


4.4.2.2.4 Val Benoit

La station de Val Benoit permet de calculer l'indice EEA adapté depuis 2011 jusqu'à 2020. La valeur maximale a été atteinte pour 3 années. Les polluants principaux responsables pour l'indice journalier sont l'ozone, le NO₂ et les PM_{2.5}.

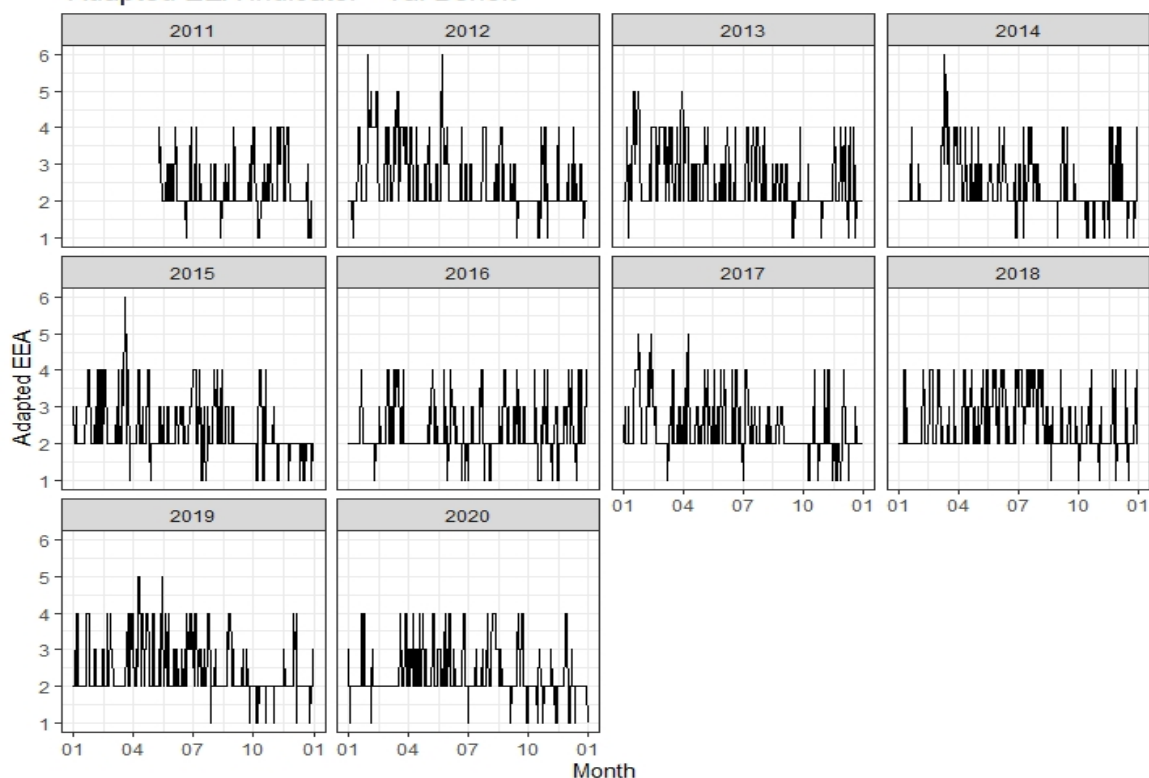
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,40	2	2	3	0,79	1	6

La majorité des années possèdent une moustache. Les situations normales y sont similaires et fluctuent entre les indices 1 et 4. Les événements particuliers ont atteint leur sommet en 2012 avant de diminuer progressivement pendant les années suivantes. Lors de la comparaison 2 à 2, on constate que la qualité d'air en 2018 semble différer significativement par rapport à plusieurs années. Le résultat précis se retrouve dans le tableau 17 à la fin de cette section et toutes les p-valeurs sont en annexe.



Années										
EEA	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10	6	6	12	20	17	12	5	8	15
2	171	244	223	260	243	254	259	226	252	270
3	35	47	65	52	57	49	48	68	51	48
4	20	60	64	38	42	41	41	66	51	33
5	0	7	7	2	2	0	4	0	3	0
6	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0
TOT	236	366	365	365	365	361	364	365	365	366
EPD	-	9	7	3	3	-	4	0	3	-
% EPD	-	2%	2%	1%	1%	-	1%	0%	1%	-

Adapted EEA indicator - Val Benoit



4.4.2.3 Stations industrielles

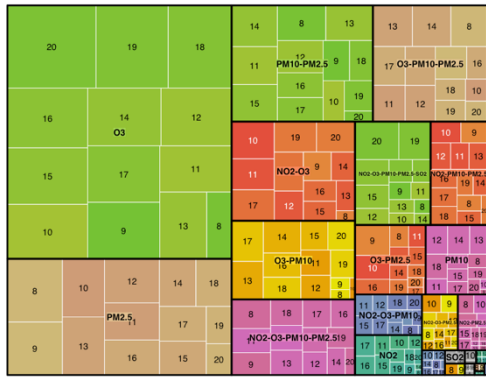
4.4.2.3.1 Engis

L'indicateur EEA adapté est calculé pour la même durée que celle du BelaQI. La moyenne est plus élevée que pour les autres stations. Le minimum et le maximum valent 1 et 6 et ont été atteints à plusieurs reprises. Le treemap indique que l'ozone, les PM_{2.5} et les PM₁₀ sont les polluants les plus dominants à Engis.

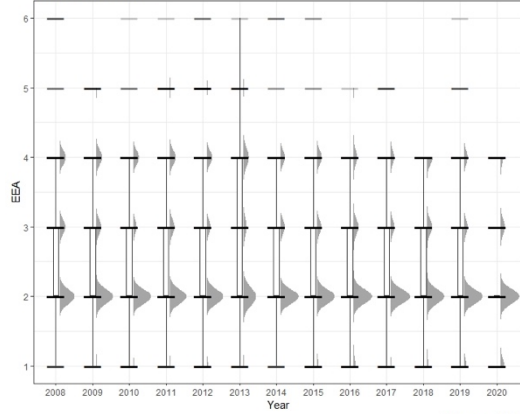
Moyenne	Q1	Médiane	Q3	Écart-type	Minimum	Maximum
2,50	2	2	3	0,90	1	6

Les moustaches des boxplots ne sont pas toutes identiques. Les situations normales varient entre 1 et 4 pour toutes les années sauf pour 2013, les situations normales se situent entre les indices 1 et 6. Ceci implique qu'aucun événement particulier n'existe pour cette même année. Cette hausse était également observable au sein du BelaQI en 2013. Le tableau récapitulatif démontre également que les années 2016 et 2018 possèdent moins d'événements particuliers que les autres années. Selon le test statistique, la qualité de l'air varie significativement pour une multitude d'années. Ceux-ci sont représentés dans le tableau 17 et toutes les p-valeurs sont en annexe.

EEA Treemap Engis



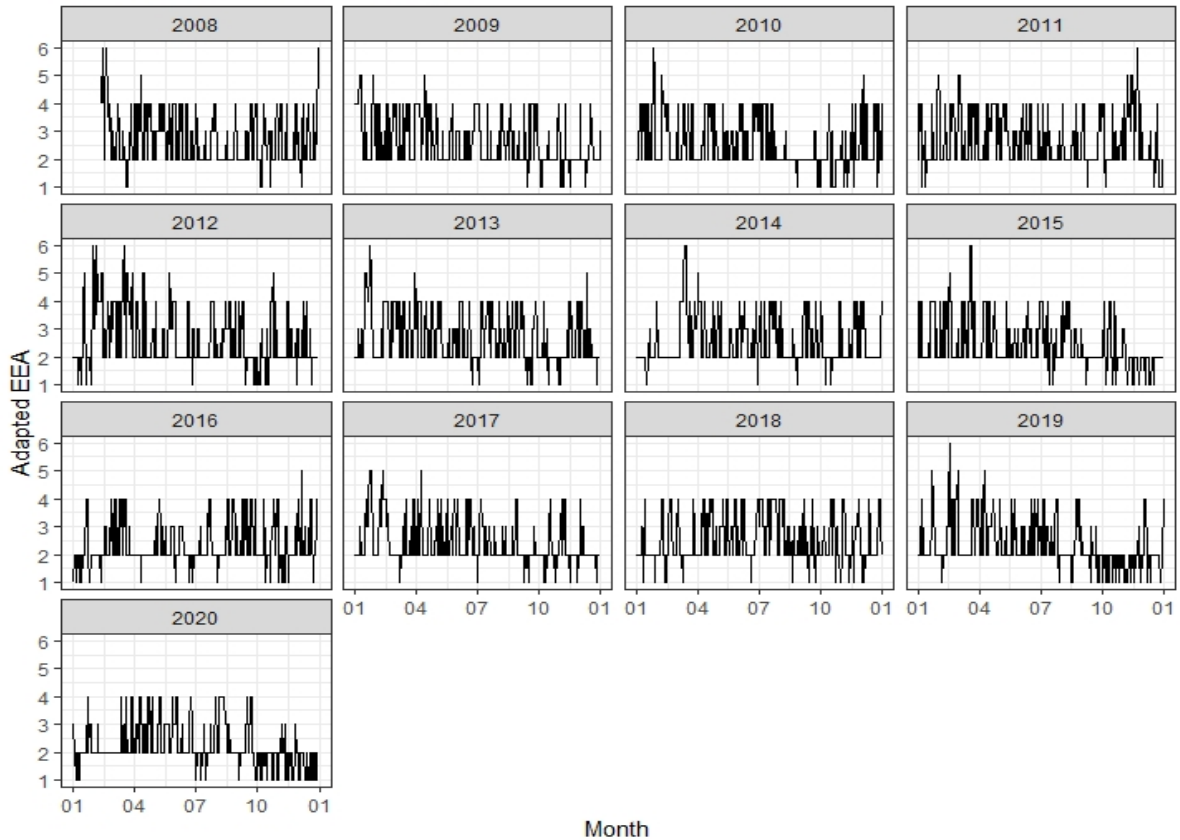
Adapted EEA Engis



Data source: ISSeP

Années													
EEA	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	6	9	14	9	20	10	6	21	25	12	16	32	44
2	173	212	227	210	211	204	230	223	230	251	215	235	238
3	68	63	45	61	49	53	61	56	62	49	64	47	53
4	71	74	75	75	69	89	61	60	44	48	70	46	31
5	3	7	3	9	14	8	2	2	1	5	0	4	0
6	4	0	1	1	3	1	3	2	0	0	0	1	0
TOT	325	365	365	365	366	365	363	364	362	365	365	365	366
EPD	7	7	4	10	17	-	5	4	1	5	0	5	-
% EPD	2%	2%	1%	3%	5%	-	1%	1%	0%	1%	0%	1%	-

Adapted EEA indicator - Engis



4.4.2.4 Test statistique de Wilcoxon

Dans le tableau 17 se retrouvent toutes les années et les stations dont la p-valeur était inférieure au seuil $\alpha = 5\%$. Il s'agit d'un résumé de la comparaison 2 à 2 pour chaque station.

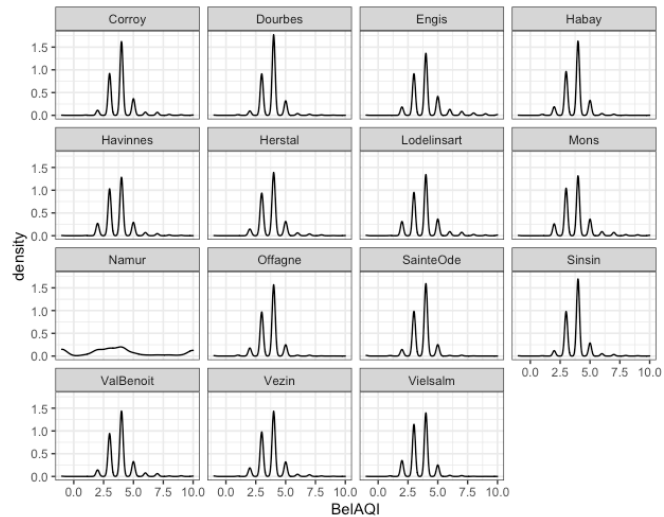
Tableau 17: Test de Wilcoxon pour l'indice européen - comparaison 2 à 2 – Années dont la p valeur est inférieure à 5%

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2009												
2010												
2011												
2012	Lo	Lo	Lo	Lo								
2013				Hv, Vb								
2014	Hb, Mo	Cy, Db, Hb, Mo, Si, Vi	Cy, Db, Hb, Mo, Si	Db, Hb, Mo	Mo	Cy, Db, He, Mo, Vb						
2015	En	Hb	Cy			Mo, Vb						
2016	En, Mo, Vi	En, Hb, Si, Vi	Cy, Hb, Mo, Si, Vi	En, Vi		En, Mo, Si, Vb, Vi						
2017	En, Hb	Cy, En, Hb, Si, Vi	Cy, Hb, Si	En, Hb		Cy, En, Hb, Vb						
2018				Vb			Db, Hb, Si, Vb, Vi	Vb	Db, Si, Vb, Vi	Cy, Hb, Si, Vb, Vi		
2019	En	Cy, En, Hb	Cy	En	En	Cy, En, Hv	En					
2020	En, Hb	Cy, En, Hb, Vi	Cy, En, Hb, Si	En, Hb	En, Vb	Cy, En, Hv, Vb	En	En		En	En, Hb, Hv, Vb, Vi	

4.5 Comparaison entre les stations

4.5.1 BelAQI

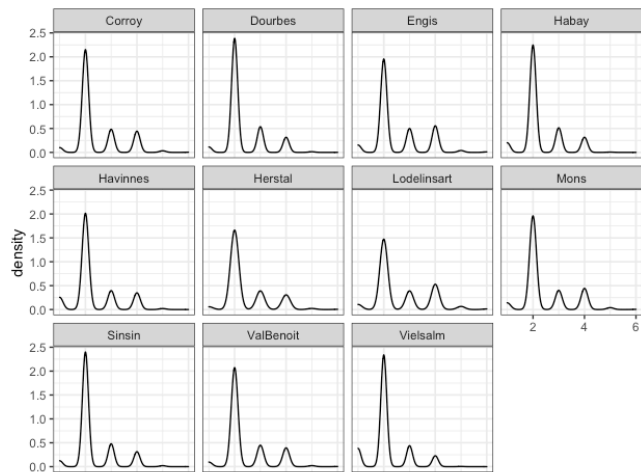
Afin de comparer les stations entre elles et vérifier si les calculs de certaines stations sont similaires, le graphique 2 a été élaboré. Ce graphique représente la fréquence des différents indices au sein de chaque station. En se basant sur ce graphique, il est possible de penser que les calculs entre plusieurs stations se ressemblent - par exemple entre les stations de Corroy, de Dourbes, d'Habay et de Sinsin. Néanmoins, le graphique ne donne qu'un bref aperçu. Afin de pouvoir tirer des conclusions, une comparaison 2 à 2 de Wilcoxon est effectuée. Les résultats de ces tests se trouvent dans le tableau 18. Les p-valeurs au-dessus du seuil $\alpha = 5\%$ sont encadrées. Pour ces stations, l'hypothèse H_0 ne peut être rejetée. Cela implique que ces mêmes stations possèdent des similitudes entre elles.



Graphique 2: Fréquence du BelAQI

4.5.2 Indice européen

Il a été fait de même avec les calculs pour l'indice européen. Les différents graphiques se ressemblent mais la hauteur des pics varie d'une station à l'autre, ce qui implique qu'il y ait des différences non négligeables entre ces stations. Le test de Wilcoxon a permis de mettre en avant les différentes stations ayant des similitudes. Le tableau 19 représente le résultat des tests statistiques. Toutes les p-valeurs en dessous du seuil $\alpha=5\%$ indiquent que les stations diffèrent de manière significative.



Graphique 3: Fréquence de l'indice européen

Tableau 18: Test de Wilcoxon pour le BelAQI - comparaison entre les différentes stations

	Corroy	Dourbes	Engis	Habay	Havannes	Herstal	Lodel	Mons	Namur	Offagne	Sainte Ode	Sinsin	Val Benoit	Vezin
Dourbes	0.20048													
Engis	0.83160	0.00013												
Habay	2.6e-10	0.00045	6.3e-16											
Havannes	< 2e-16	7.2e-14	< 2e-16	0.00338										
Herstal	0.00052	0.68273	3.4e-07	1.00000	4.0e-05									
Lodel	4.5e-08	0.00592	7.6e-13	1.00000	0.00848	1.00000								
Mons	3.6e-09	0.00093	8.7e-14	1.00000	0.01450	1.00000	1.00000							
Namur	< 2e-16	1.1e-13	< 2e-16	4.5e-08	0.00069	8.4e-09	8.9e-08	5.7e-08						
Offagne	< 2e-16	2.1e-11	< 2e-16	0.09168	1.00000	0.00167	0.12489	0.28530	9.4e-05					
SO	< 2e-16	3.6e-09	< 2e-16	0.68273	0.89171	0.02247	0.79624	1.00000	1.4e-05	1.00000				
Sinsin	0.00022	0.83160	1.8e-08	0.38968	1.8e-08	1.00000	0.79624	0.32994	1.8e-11	4.9e-06	0.00023			
VB	0.14656	1.00000	0.00040	0.01914	1.1e-09	1.00000	0.07542	0.02733	1.5e-11	1.4e-07	7.3e-06	1.00000		
Vezin	1.9e-10	9.8e-05	4.4e-15	1.00000	0.07939	0.83160	1.00000	1.00000	1.1e-06	0.83160	1.00000	0.09698	0.00571	
Vielsalm	< 2e-16	< 2e-16	4.4e-15	< 2e-16	3.2e-07	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	0.83160	3.6e-12	2.4e-15	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16

Tableau 19: Test de Wilcoxon pour l'indice européen - comparaison entre les différentes stations

	Corroy	Dourbes	Engis	Habay	Havannes	Herstal	Lodelinsart	Mons	Sinsin	Val Benoit
Dourbes	2.6e-06									
Engis	0.00548	< 2e-16								
Habay	2.0e-12	0.20317	< 2e-16							
Havannes	9.3e-14	0.00858	< 2e-16	1.00000						
Herstal	1.00000	0.00925	0.20317	4.5e-05	4.5e-06					
Lodelinsart	9.2e-09	< 2e-16	0.00478	< 2e-16	< 2e-16	3.2e-05				
Mons	1.00000	0.00250	0.00180	2.2e-07	9.8e-09	1.00000	7.8e-09			
Sinsin	5.8e-10	1.00000	< 2e-16	1.00000	0.25563	0.00032	< 2e-16	1.3e-05		
Val Benoit	1.00000	0.00858	4.5e-05	9.5e-07	2.6e-08	1.00000	3.6e-11	1.00000	4.4e-05	
Vielsalm	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	9.7e-12	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16	< 2e-16

5 Discussion

5.1 Le BelAQI

Les différents treemaps de la section « Résultat » démontrent qu'au sein des stations de type rural, l'ozone est le principal polluant responsable du BelAQI. La production d'ozone nécessite du NO₂, qui se forme en grande quantité dans les zones urbaines en journée. Le NO₂ - qui a une durée de vie assez courte - aura tendance à réagir rapidement afin de devenir de l'ozone. Ce polluant a un temps de séjour bien plus important que le NO₂ et lui permet donc de se déplacer d'une zone vers une autre. Dans les zones rurales, il n'y a pas assez de NO pour détruire l'entièreté de l'ozone et les COV présents ont tendance à bloquer le mécanisme de destruction. Dès lors, l'ozone pourra s'accumuler en milieu rural.

Les PM₁₀ et les PM_{2.5} sont les principaux polluants responsables des événements particuliers. Leurs sources sont multiples, tel qu'indiqué dans le chapitre des polluants. Quasiment toutes les activités à combustion émettent des aérosols. Toutefois, l'ozone apparaît également à plusieurs reprises en tant qu'événement particulier mais à des périodes bien précises durant l'été. Presque tous les événements particuliers qui se produisent entre juin et fin août sont causés par l'ozone suite au rayonnement solaire participant à sa formation (plus l'apport d'énergie sera élevé, plus la réaction sera efficace). Toutefois, en 2018, les événements particuliers augmentent généralement dans toutes les stations. Lors de l'analyse des données, on constate que ces événements sont causés en grande partie par l'ozone durant l'été. Il s'avère que l'année 2018 était particulière en Belgique. Les températures étaient élevées pendant plusieurs jours et il n'a pratiquement pas plu, favorisant ainsi la formation de l'ozone (Mievis, 2018). En 2020, les événements défavorables ont diminué. Ces événements limités ont principalement été causés par l'ozone. Suite à la crise sanitaire, les mesures de confinement ont provoqué une diminution drastique des rejets anthropiques. Un grand nombre d'activités humaines ont dû cesser et le trafic a également fortement baissé en raison des mesures mettant en place le télétravail, provoquant ainsi une diminution importante des PM.

Dans les prochains paragraphes, les événements particuliers des différentes stations seront analysés d'année en année. Pour cela, différents éléments tels que le positionnement des industries par-rapport aux stations et les vents dominants ont été vérifiés. Toute entreprise IED dans la zone tampon peut influencer la qualité de l'air mais une attention particulière a été portée pour celles dont la dispersion des polluants était dirigée vers la station de mesure.

La station de **Corroy** se trouve à côté d'une route principale et d'un château d'eau. De plus, une autoroute est assez proche, impliquant que le trafic peut influencer les quantités de polluants mesurés. On y retrouve également un grand nombre de champs destinés à l'agriculture. Dès lors, l'épandage peut influencer la qualité d'air localement à partir du mois de février (PROTECT eau, 2021). Sachant que les vents dominants proviennent du Sud-Ouest, les entreprises Ajinomoto Omnicem sa, CETeM (Shanks), 5N plus Belgium SA ainsi qu'un exploitant utilisant des quantités importantes de NH₃ peuvent influencer la mesure au sein de la station. D'autres vents non négligeables venaient également du nord-est. Deux exploitants utilisant du NH₃ y étaient

également actifs. La rose des vents indique également qu'en 2008 et 2010, des vents provenaient régulièrement de l'ouest. L'entreprise Pfizer Animal Health SA s'y retrouvait avant de démanger en 2012. L'entreprise rejetait des HFC en 2008 et a multiplié ces mêmes rejets par 26 en 2010.

Les événements particuliers restent assez faibles au sein de la station de **Dourbes**. Néanmoins, les années 2009 à 2012 ont connu une hausse. La station est entourée par des champs destinés à l'agriculture. L'épandage peut donc causer des pics journaliers de PM. Les roses des vents de Lodelinsart indiquent que des vents provenaient principalement du sud-ouest et du nord-est. L'entreprise Thermic Distribution Europe s'y trouve et rejetait des métaux lourds en 2010. Au nord-est se trouve un exploitant qui utilisait des quantités importantes de NH₃ en 2009 et 2010, pouvant ainsi contribuer à la hausse des événements particuliers. C'est également le cas d'un autre exploitant en 2011.

La station d'**Engis** est entourée par une multitude d'entreprises IED. Les entreprises les plus proches sont Prayon SA, la carrière à chaux Dumont Wautier et la centrale des Awirs d'Electrabel. Ces entreprises influencent probablement le nombre d'événements particuliers. Néanmoins, les années 2011, 2012 et 2013 comptent moins d'EPD car les moustaches du boxplot indiquent que les situations normales varient entre les indices 2 et 8. Ces situations normales plus élevées peuvent s'expliquer par les 8 exploitants utilisant du NH₃ en 2011 et 2012. De plus, la raffinerie Tirlemontoise se situe au sud-ouest de la station et les vents principaux viennent de cette direction. L'entreprise augmente ses rejets en NH₃ en 2011 à 2014.

Les événements particuliers restent assez rares à **Habay**. Le peu d'événements calculés peuvent être causés par la localisation de la station. Il s'agit d'une station de type fond rural mais elle se situe à côté de la gare et proche d'une route nationale et d'une autoroute. La station est également proche de champs destinés à l'agriculture, ce qui augmente les probabilités que l'épandage influence la qualité de l'air. Une seule entreprise IED se situe dans la zone tampon. Il s'agit du site d'Idelux, qui influence probablement peu les mesures.

La station d'**Havannes** est entourée par des champs destinés à l'agriculture. L'épandage peut donc être responsable de certains événements à partir du mois de février. Selon la rose des vents, les vents principaux viennent du sud-ouest. L'entreprise CBR peut influencer les mesures de manière significatives et contribuer à certains événements particuliers. Elle émet un grand nombre de polluants de 2007 à aujourd'hui. On y retrouve entre autre du NH₃, des NMVOC et des PM₁₀. D'autres vents non négligeables proviennent du nord-est. L'entreprise Rosiers SA s'y situe et émet du NH₃. Ces rejets en NH₃ ont atteint leur maximum en 2012 et ont diminué par la suite, pouvant contribuer au fait que les événements soient plus fréquents en 2012 et 2013.

La station d'**Herstal** se situe dans la ville, à côté d'un parking et de grandes surfaces. Cette position impacte les mesures réalisées au sein de la station. En effet, le trafic peut influencer la mesure. Il est également fort probable qu'un pic soit observable en début de matinée et en fin d'après-midi lorsque les citoyens arrivent et partent de leur lieu de travail. Un nombre plus élevé d'événements particuliers semble donc logique. Concernant les entreprises IED, FN Herstal SA et Revatech SA se situent à moins d'1km de la station mais elles ne figurent que dans la liste E-PRTR pour les années 2007 à 2011. Les vents dominants à Herstal viennent principalement du sud-ouest. On y retrouve l'entreprise Everzinc Belgium qui émet du zinc. Elle augmente considérablement ses rejets en

2015. Néanmoins, il est peu probable qu'elle contribue aux événements car ses émissions atteignent un maximum en 2017 alors que les EPD y sont plus rares. Cockerill Sambre est également située au sud-ouest. Ses émissions ont été suivies jusqu'en 2014. Elle participe probablement à des EPD en 2013 car elle émet une quantité importante de polluants. La diminution des EPD en 2014 peut être liée à Cockerill Sambre car tous ses rejets ont drastiquement diminué. La quantité émise pour chaque polluant diminue de plus de 50%. ArcelorMittal se situe également au sud-ouest. Elle émet des quantités de polluants non négligeables et met un terme à son activité fin 2013, ce qui peut expliquer la diminution des EPD en 2014. Il en va de même pour l'entreprise SPE – centrale de Seraing. Après 2013, ses rejets ne figurent plus sur la liste E-PRTR car il y a eu une délocalisation. En revanche, la cause de l'augmentation des événements en 2015 n'a pas pu être identifiée avec les données récoltées.

La station de **Lodelinsart** est située en ville et est entouré de végétation. Elle est proche d'une nationale et de plusieurs grandes surfaces. Le trafic peut probablement influencer la qualité de l'air. Un grand nombre d'entreprises IED se trouvent autour de la station. La rose des vents à Lodelinsart indique que les vents dominants proviennent du Sud et de l'Ouest. On y retrouve THY Marcinelle et Bemis Monceau SA. Ces entreprises diminuent leurs rejets en 2016, pouvant ainsi contribuer à la diminution des événements particuliers de la même année. Timac Agro BeLux émet du NH₃ en grande quantité en 2012 et 2015. En 2014 et à partir de 2016, ces rejets ont diminué significativement. Cette variation des rejets est identique avec la variation des EPD. Néanmoins, les quantités émises en 2017 augmentent fortement alors que les EPD stagnent. Plusieurs exploitants ont utilisé une grande quantité de NH₃ et figurent dans le registre E-PRTR. Ils ont émis ce polluant en 2008, 2009, 2010, 2011, 2015 et 2017 et participent fort probablement aux événements particuliers de ces mêmes années. Il y a également des vents dont il faut tenir compte en provenance du nord-est, voire de l'est. L'entreprise HELIO s'y situe et émet des grandes quantités de NMVOC pour toutes les années sauf en 2014. L'entreprise Saint-Gobain Glass figure également sur la liste et était active jusqu'en 2012 avant de cesser toute activité. Elle peut donc contribuer à la diminution des EPD après 2012.

La station de **Mons** est placée à côté d'une route et est proche d'une nationale. Il y a également des grandes surfaces qui se situent à proximité. Le trafic influence probablement les mesures. De plus, des champs se trouvent autour de cette station. En se basant sur la carte d'utilisation des sols, on constate que ces terrains sont destinés à l'agriculture. L'épandage peut donc également influencer la qualité de l'air mesuré. En 2013, la moustache est plus longue ce qui implique que les situations normales étaient plus mauvaises. Ceci peut s'expliquer par l'entreprise HolCIM Belgique qui a augmenté ses rejets de NH₃ de 300% en 2013. Par rapport à 2011, un exploitant émettait du NH₃ pouvant ainsi contribuer aux événements particuliers. De plus, la baisse des événements particuliers à partir de 2014 peut s'expliquer par la baisse des émissions de polluants de l'entreprise CBR.

La station de **Namur** est la plus particulière de toutes les stations. Elle est placée sur un parking au centre de la ville de Namur: c'est sûrement la raison pour laquelle les PM_{2,5} et le NO₂ dominant au sein de cette station. Les moustaches indiquent que les situations normales sont très élevées entre 2016 et 2019. Cette situation peut provenir des travaux réalisés à Namur. La gare de Namur est en rénovation depuis plusieurs années. Les travaux préparatoires ont commencé en 2015,

suivis par des travaux importants à partir de 2018 – travaux qui relâchent une multitude de polluants (Le Nid, 2021). En se basant sur les roses des vents de Lodelinsart, les vents dominants proviennent du Sud-Ouest. Plusieurs entreprises IED s’y retrouvent telles que SOLVIC sa, AGC Flat Glass Europe, Inovyn et un exploitant. Néanmoins, aucune entreprise n’a augmenté ces rejets après 2015.

La station d’**Offagne** est installée à côté d’une route et en face d’une ferme. On constate que très peu d’événements particuliers ont été calculés au sein de cette station. Ce sont principalement les PM qui en sont responsables. Un grand nombre de champs destinés à l’agriculture se trouvent autour de la station. Les mesures peuvent donc être influencées par l’épandage et causer des pics de PM. En 2020, les PM causent deux-tiers des événements particuliers. De nouveau, cela peut s’expliquer par l’agriculture, car cette activité n’a pas cessé pendant les mesures de confinement. Une seule entreprise IED se trouve dans la zone tampon d’Offagne et se situe au nord-est. Il s’agit d’un exploitant utilisant du NH₃ en 2015 et 2017. Il est donc possible que l’exploitant contribue à la hausse des événements de ces mêmes années même si les vents dominants ne vont pas vers la station.

La station de **Sainte-Ode** est entourée par des champs. La station se situe également dans le parc éolien de Sainte-Ode. Les événements particuliers restent assez faibles et sont principalement causés par les PM jusqu’en 2015. La position indique que l’épandage peut causer des événements particuliers car ceux-ci se produisent pendant la période d’épandage. De 2015 à 2020, l’ozone domine principalement et les événements particuliers surviennent principalement en été. Deux entreprises IED se trouvent au sud-est de la station. Il s’agit d’exploitants relâchant du NH₃ à grande quantité. Il est peu probable que ceux-ci influencent de manière significative les calculs car les vents dominants à Sainte-Ode proviennent d’une autre direction. De plus, l’indicateur a été calculé à partir de 2011 et les rejets de NH₃ ont été enregistrés de 2009 à 2011.

Concernant la station de **Sinsin**, ce sont les PM_{2,5} qui posent principalement un problème mais l’ozone prend de l’ampleur en tant qu’événement particulier depuis 2015. La station est entourée par des champs destinés à l’agriculture et est proche de la route nationale 4. L’épandage et le trafic peuvent probablement contribuer aux événements particuliers. Les entreprises situées au sud-ouest sont BEP Environnement et deux exploitants. Concernant BEP, elle relâche de grandes quantités de méthane. De 2008 à 2009, ces rejets ont augmenté de 58%. Un des deux exploitants émet du NH₃ de 2007 à 2011, en 2015 et en 2017. Ces rejets peuvent être liés à la hausse des événements pour les années correspondantes. Certains vents proviennent également du nord-est. Un autre exploitant s’y trouve et a émis du NH₃, précurseur de PM, en 2008.

La station de **Val Benoit** est située à Liège, à côté de l’ISSeP. Les PM sont les principaux responsables des événements particuliers. Les années 2012, 2013, 2018 et 2019 ont connu une hausse des événements particuliers. A Liège, les vents dominants proviennent du sud-ouest. Une centrale d’énergie d’ArcelorMittal s’y trouve et émettait des polluants jusqu’en 2013. Néanmoins, en 2012 et en 2013, cette centrale émettait d’autres polluants comme par exemple les PCB. En 2012, elle émettait des quantités importantes de NO_x, pouvant ainsi contribuer à la forte augmentation des EPD. Un second site (Arcelormittal Upstream) s’y trouve également et émettait des polluants jusqu’en 2014. Néanmoins, ses rejets ont tendance à chuter d’année en année. L’entreprise Prayon SA émet du NH₃ en 2012 uniquement. Étant donné que ce polluant est

précurseur de particules fines, cette entreprise peut en effet contribuer à l'augmentation des EPD lors de cette même année. Par contre, les données ne permettent pas d'identifier les sources concernant l'augmentation des événements particuliers en 2019.

La station de **Vezi** est située dans un petit village, en face d'une église et du cimetière et est entourée de champs. L'épandage peut donc contribuer aux différents événements particuliers. Différentes entreprises peuvent impacter la qualité d'air. L'entreprise Dolomies de Marche les Dames se trouve au sud-ouest de la station. On constate qu'elle augmente ses rejets de 2011 à 2012 pour plusieurs polluants comme les NO_x. En 2013, les rejets diminuent mais de nouveaux polluants sont émis tel que les NMVOC. Il y a également différents exploitants qui rejettent des grandes quantités de NH₃ en 2009, 2010, 2011, 2015 et 2017.

Finalement, la station de **Vielsalm** est implantée en milieu naturel. Elle est entourée par des champs destinés à la sylviculture et l'agriculture. Une route nationale se trouve un peu plus loin. L'épandage et le trafic peuvent donc influencer la qualité d'air localement. Le maximum d'événements a été atteint en 2011. Ceci peut être dû à l'utilisation du NH₃ par un exploitant pendant la même année. Il peut être responsable pour l'augmentation des événements. De plus, l'entreprise Renogen SA émet des NO_x de 2009 à 2013. A partir de 2014, elle n'émet plus de NO_x et les événements diminuent pour cette même année et les années qui suivent. Les événements à partir de 2015 sont principalement provoqués par l'ozone pendant l'été.

5.2 L'indicateur européen adapté

Les différences d'événements particuliers entre les 2 indicateurs peuvent s'expliquer par différents éléments. Dans un premier temps, cet indicateur inclut un polluant de plus, le dioxyde de soufre. Il est donc possible que dans les stations urbaines et industrielles, plus d'événements particuliers soient calculés. Néanmoins, après vérification, le dioxyde de soufre n'intervient à aucun moment en tant qu'événement particulier. Il apparaît rarement dans les treemaps et n'est pas un polluant dominant en région wallonne. Dans un second temps, les valeurs limites entre les deux indicateurs sont différentes. Prenons l'exemple des PM₁₀. Lorsque la concentration dépasse 80 microgrammes, le BelaAQI indique que la qualité d'air est très mauvaise. Selon l'indicateur européen, la qualité est très mauvaise lorsque la concentration dépasse les 100 microgrammes. Pour le même polluant, la qualité est exécrable si la concentration dépasse les 100 microgrammes pour le BelaAQI et 150 microgrammes pour l'index européen. Il est donc fort probable que certains pics du BelaAQI ne valent pas de pic au sein de l'indicateur européen. Finalement, il y a également moins d'événements particuliers en raison du nombre de sous-indices des indicateurs. L'indicateur européen en possède moins, ce qui implique que certains EPD du BelaAQI peuvent rentrer dans la catégorie des situations normales au sens de l'index européen.

Pour toutes les stations, les événements particuliers ont été vérifiés. Le dioxyde de soufre n'est jamais responsable d'un tel événement. Ce sont toujours les PM, principalement les PM_{2,5} mais également de temps en temps les PM₁₀. De plus, les événements particuliers de l'index européen sont identiques aux événements du BelaAQI.

Il est également possible que certaines années, comme en 2012 à Engis, connaissent plus d'événements particuliers que lors du BelAQI. Sachant que le dioxyde de soufre n'intervient pas, cela doit s'expliquer par la différence des valeurs limites des sous-indices.

Néanmoins, quelques différences surviennent entre les indicateurs. A Mons, il y a plus d'événements particuliers en 2013, ce qui s'explique par la moustache plus petite pour l'index européen comparé à celle du BelAQI. Cette différence provient de la distribution des indices journaliers calculés qui n'est pas identique en raison des différences d'échelles. Finalement, il est également constatable que l'ozone ne provoque à aucun moment d'événement particulier alors que celui-ci est présent pendant plusieurs années pour le BelAQI. Ceci s'explique par les différentes valeurs limites des sous-indices. Pour le BelAQI, l'indice calculé pour l'ozone valait principalement 6 ou 7. Cela signifie que la concentration ne dépassait jamais 240 microgrammes. Cette même concentration signifie que l'ozone ne peut dépasser le sous-indice 4 au sein de l'index européen. Pour rappel, ce sous-indice se situe pour la majorité du temps dans les situations normales.

6 Conclusion

Pour les besoins de ce travail, deux indicateurs de qualité d'air ont été calculés. Ces indicateurs sont le BelAQI et l'indice européen de la qualité d'air. Ils ont été calculés à partir de données historiques, c'est-à-dire des données qui ont été enregistrées à partir de 2008 jusqu'à aujourd'hui principalement. Les principaux polluants de chaque station ont été mis en avant. Il en ressort que l'ozone et les particules fines dominant, c'est-à-dire qu'ils causent dans la majorité du temps l'indice journalier. En même temps, des événements particuliers ont été définis et correspondent à des sortes de « pic » de pollution. Les polluants causant ces événements particuliers ont été vérifiés afin de trouver les sources rejetant ces quantités importantes de polluant. Pour ce faire, différents éléments tels que la présence des entreprises IED et leur positionnement par-rapport aux stations ont été contrôlés. Il est possible que ces résultats s'avèrent utiles à la comparaison du nouvel indicateur avec les indicateurs utilisés actuellement.

Personnellement, utiliser le BelAQI pour réaliser les comparaisons me semble la meilleure option pour différentes raisons. Premièrement, le dioxyde de soufre impacte peu, voire très peu, les résultats. Le SO₂ apparaît rarement dans les treemaps et cause l'indice journalier avec d'autres polluants. De plus, ce polluant n'intervient à aucun moment en tant qu'événement particulier, démontrant ainsi que son rejet reste faible. Dans un second temps, les échelles ainsi que les sous-indicateurs du BelAQI sont plus fins et permettent de dégager des informations plus précises. L'indicateur européen possède moins de sous-indices, donnant ainsi des résultats moins précis que celui du BelAQI. Finalement, la distribution des indices journaliers au sein de l'indice européen ne permet pas à chaque fois de générer des situations normales et des événements particuliers alors que ceci est bien le cas pour le BelAQI. Ce dernier indicateur est donc plus utile à la comparaison.

7 Bibliographie

- Abusalem, Z., Odeh, I., Al-Hazim, N., Bazlamit, S. M., & Al-Saket, A. (2019). Analysis of Air Pollutants' Concentration in Terms of Traffic Conditions and Road Gradient in an Urban Area. *Jordan Journal of Civil Engineering*.
- Actu-Environnement. (2021). *Dictionnaire environnement : Polluant*. https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/polluant.php4
- Agence européenne pour l'environnement. (2021). *Qui nous sommes*. <https://www.eea.europa.eu/fr/about-us>
- Agence wallonne de l'air et du climat, & Institut scientifique de service public. (2019). *Réseaux de surveillance de la Qualité de l'Air : Rapport 2019*. <https://www.wallonair.be/images/pdf/rapport2019-final.pdf>
- Air Quality Expert Group to the Department for Environment. (2018). *Effects of vegetation on urban air pollution*. https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat09/1807251306_180509_Effects_of_vegetation_on_urban_air_pollution_v12_final.pdf
- ATMO Bourgogne Franche Comté. (2020). *L'analyseur d'oxydes d'azotes*. https://www.atmo-bfc.org/medias/publications/l_analyseur_d_oxydes_d_azote1.pdf
- ATMO Franche Comté. (2016). *L'analyseur d'ozone*. https://www.atmo-bfc.org/medias/publications/l_analyseur_d_ozone.pdf
- Cancer Environnement. (2020). *Classification des substances cancérogènes par le CIRC*. <https://www.cancer-environnement.fr/478-Classification-des-substances-cancerogenes.ce.aspx>
- Carruthers, D., Sabatino, S. D., & Hunt, J. (2012). Urban Air Quality urban air quality : Meteorological Processes urban air quality meteorological processes. In R. A. Meyers (Éd.), *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology* (p. 11262-11291). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_427
- Carslaw, D. C., & Ropkins, K. (2012). *openair—An R package for air quality data analysis*. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364815211002064>
- Cellule Interrégionale de l'Environnement. (s. d.). *Indice BELAQI*. <https://www.irceline.be/fr/qualite-de-lair/mesures/belaqi-indice-de-la-qualite-de-lair/information>
- Centre international de recherche sur le cancer. (2019, décembre). *IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans: Questions and Answers*. https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/QA_ENG.pdf
- Centre international de recherche sur le cancer. (2021). *IARC MONOGRAPHS ON THE IDENTIFICATION OF CARCINOGENIC HAZARDS TO HUMANS*. <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>
- Churkina, G., Kuik, F., Bonn, B., Lauer, A., Grote, R., Tomiak, K., & Butler, T. M. (2017). Effect of VOC Emissions from Vegetation on Air Quality in Berlin during a Heatwave. *Environmental Science & Technology*, 51(11), 6120-6130. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06514>
- Commission européenne. (2019). *DIRECTIVE 2008/50/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe*.

- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0050-20150918&from=PL>
- European Environment Agency. (2012). *Le réseau Eionet en action Partager les informations sur l'environnement en Europe*.
- European Environment Agency. (2016). *L'air en Europe aujourd'hui*.
<https://www.eea.europa.eu/fr/signaux/signaux-2013/articles/l2019air-en-europe-aujourd2019hui>
- European Environment Agency. (2020a). *À propos du réseau Eionet*.
<https://www.eea.europa.eu/fr/about-us/countries-and-eionet/intro>
- European Environment Agency. (2020b). *European Air Quality Index*.
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>
- European Environment Agency. (2021). *The European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR), Member States reporting under Article 7 of Regulation (EC) No 166/2006*.
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/member-states-reporting-art-7-under-the-european-pollutant-release-and-transfer-register-e-prtr-regulation-22>
- González Ortiz, A., Guerreiro, C., Soares, J., & European Environment Agency. (2020). *Air quality in Europe : 2020 report*.
https://op.europa.eu/publication/manifestation_identifier/PUB_THAL20023ENN
- Goodsite, M. E., Johnson, M. S., & Hertel, O. (2021). *Air pollution sources, statistics and health effects*.
<https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0596-7>
- GRIMM Aerosol Technik GmbH. (2003). *Environmental Dust Monitor #180 USER MANUAL*.
http://www.lisa.uec.fr/~formenti/Tools/Manuals/GRIMM_model1.180_Manual_2004.pdf
- Grolemund, G., & Wickham, H. (2011). *Dates and Times Made Easy with lubridate*.
<https://www.jstatsoft.org/article/view/v040i03>
- Herich, H., & Hueglin, C. (2013). *Urban Air Quality in Europe* (M. Viana, Éd.; Vol. 26). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-38451-6>
- Institut royal météorologique. (2021). *Le climat de la Belgique*.
<https://www.meteo.be/fr/climat/atlas-climatique/contexte-du-climat-de-la-belgique>
- Institut scientifique de service public. (2014). *Exploitation du réseau de surveillance de la qualité de l'air en Wallonie*. <https://www.issep.be/qualite-de-lair/>
- Institut scientifique de service public. (2020a). *Les polluants: Dioxyde de soufre*.
<https://www.wallonair.be/fr/en-savoir-plus/les-polluants/dioxyde-de-soufre-so2.html>
- Institut scientifique de service public. (2020b). *Les polluants: L'ozone*.
<https://www.wallonair.be/fr/en-savoir-plus/les-polluants/ozone-o3.html>
- Institut scientifique de service public. (2020c). *Les polluants: Oxydes d'azote—NOx*.
<https://www.wallonair.be/fr/en-savoir-plus/les-polluants/oxydes-d-azote-nox.html>
- Institut scientifique de service public. (2020d). *Les polluants: Particules PM10 et PM2.5*.
<https://www.wallonair.be/fr/en-savoir-plus/les-polluants/particules.html>
- Institut scientifique de service public. (2020e). *Qualité de l'air: Généralités*.
<https://www.wallonair.be/fr/en-savoir-plus/generalites.html>
- Institut scientifique de service public. (2020f). *Réseaux de surveillance*.
<https://www.wallonair.be/fr/en-savoir-plus/reseaux-de-surveillance.html>

- Institut scientifique de service public, & Agence wallonne de l'air et du climat. (2020). *La qualité de l'air*. <https://www.wallonair.be/fr?mode=complet>
- Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion. *Atmospheric Environment*, 105, 130-137. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.052>
- Kubilay, A., Neophytou, M. K.-A., Matsentides, S., Loizou, M., & Carmeliet, J. (2017). The pollutant removal capacity of urban street canyons as quantified by the pollutant exchange velocity. *Urban Climate*, 21, 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.06.003>
- Le Nid. (2021). *La nouvelle gare multimodale*. <https://www.le-nid.be/les-projets/la-nouvelle-gare-multimodale?fbclid=IwAR1DkF8svYRcgtERHdQMq1zvkkU8ziQR8AU9osHn398Gwh1QcH5FnTdwDTc>
- Mievis, P. (2018). *ETÉ 2018*. <https://www.meteobelgique.be/article/relevés-et-analyses/année-2018/2290-ete-2018>
- Novak, D. J. (2002). The Effects of Urban Trees on Air Quality. *New York*, 1-4.
- OGmaps. (2020). *Calculating intersection angles of multiple polylines QGIS*. StackExchange. <https://gis.stackexchange.com/questions/347569/calculating-intersection-angles-of-multiple-polylines-qgis>
- Organisation mondiale de la Santé. (2018). *Qualité de l'air ambiant et santé*. [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- PROTECT eau. (2021). *Épandage*. <https://protecteau.be/fr/agriculteurs/epandage>
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. [R]. <https://www.R-project.org/>
- Revelle, W. (2021). *psych : Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research*. Northwestern University. <https://cran.r-project.org/web/packages/psych/citation.html>
- Romain, A.-C. (2021). *Qualité de l'air ambiant*.
- Service public Wallonie. (s. d.-a). *La Directive « émissions industrielles »*. L'environnement en Wallonie. <http://environnement.wallonie.be/emissions-industrielles/>
- Service public Wallonie. (s. d.-b). *Vue générale sur l'environnement en Wallonie*. <http://geoapps.wallonie.be/Cigale/Public/#BBOX=265065.20327026135,267744.11487808457,109664.34536008288,112521.85107509432>
- Service public Wallonie. (2018). *Relief de la Wallonie – Modèle Numérique de Surface (MNS) 2018—Photogrammétrie*. <https://geoportail.wallonie.be/catalogue/8aab6934-ed04-4272-85ff-82d02096e0c7.html>
- Spanu, L. (2021, avril). *Fonctionnement des capteur du réseau télémétrique de l'ISSeP* [Communication personnelle].
- Tennekes, M. (2017). *Treemap Visualization*. <https://cran.r-project.org/web/packages/treemap/treemap.pdf>
- Viatte, C., Wang, T., Van Damme, M., Dammers, E., Meleux, F., Clarisse, L., Shephard, M. W., Whitburn, S., Coheur, P. F., Cady-Pereira, K. E., & Clerbaux, C. (2020). Atmospheric ammonia variability and link with particulate matter formation : A case study over the Paris area. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(1), 577-596. <https://doi.org/10.5194/acp-20-577->

2020

- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer International Publishing : Imprint: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., & Müller, K. (2021). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. <https://cran.r-project.org/web/packages/dplyr/index.html>
- Zhang, H., Xu, T., Wang, Y., Zong, Y., Li, S., & Tang, H. (2016). Study on the influence of meteorological conditions and the street side buildings on the pollutant dispersion in the street canyon. *Building Simulation*, 9(6), 717-727. <https://doi.org/10.1007/s12273-016-0304-5>
- Zito, P. (2009). Influence of coordinated traffic lights parameters on roadside pollutant concentrations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(8), 604-609. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2009.08.006>

8 Annexes

8.1 Polluants émis par les entreprises IED

ID	Polluant	Groupe	Date
1	1,1,1-trichloroethane	3	1999
2	1,1,2,2-tetrachloroethane	2B	2014
3	1,2-dichloroethane (DCE)	2B	1999
4	Ammonia (NH ₃)		
5	Anthracene	3	2010
6	Arsenic and compounds (as As)	1	2012
7	Benzene	1	2018
8	Benzo(g,h,i)perylene		
9	Cadmium and compounds (as Cd)	1	2012
10	Carbon dioxide (CO ₂)		
11	Carbon monoxide (CO)		
12	Chlorine and inorganic compounds (as HCl)		
13	Chromium and compounds (as Cr)	1, 3	
14	Copper and compounds (as Cu)		
15	Di-(2-ethyl hexyl) phthalate (DEHP)	2B	2013
16	Dichloromethane (DCM)	2A	2017
17	Fluorine and inorganic compounds (as HF)		
18	Halons		
19	Hexachlorobenzene (HCB)	2B	2001
20	Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs)		
21	Hydro-fluorocarbons (HFCs)		
22	Hydrogen cyanide (HCN)		
23	Lead and compounds (as Pb)	2A, 3	2006
24	Mercury and compounds (as Hg)	3	1993
25	Methane (CH ₄)		
26	Naphthalene	2B	2002
27	Nickel and compounds (as Ni)	1, 2B	
28	Nitrogen oxides (NO _x / NO ₂)		
29	Nitrous oxide (N ₂ O)		
30	Non-methane volatile organic compounds (NMVOC)		
31	Particulate matter (PM ₁₀)	1	2016
32	PCDD + PCDF (dioxins + furans) (as Teq)		
33	Pentachlorobenzene		
34	Pentachlorophenol (PCP)	1	2019
35	Polychlorinated biphenyls (PCBs)	1	2016
36	Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)		
37	Sulphur oxides (SO _x / SO ₂)	3 pour SO ₂	1992
38	Tetrachloroethylene (PER)	2A	2014
39	Trichlorobenzene		
40	Trichloroethylene	1	2014
41	Trichloromethane		
42	Vinyl chloride	1	2012
43	Zinc and compounds (as Zn)		

8.2 Fiches des stations télémétriques

8.2.1 Dourbes

Cette station a été installée en 1991 à une altitude de 236 m et est également de type fond rural. Les polluants mesurés sont: NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10, PM2.5, SO₂ (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
Exploitant - SENZEILLE	W406	313	12048	2011	4
Exploitant - DOISCHE	W359	64	12035	2009 – 2010	4
THERMIC DISTRIBUTION EUROPE SA	W214	242	6228	2010	6, 9, 14
SAINT ROCH COUVIN sa	W140	234	8460	2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 - 2017	8, 11, 23, 26, 36, 43 8, 11, 43 8 8, 43 8 8, 43 43 8, 11, 43 11, 43 8, 31

8.2.2 Engis

La station à Engis est en service depuis 1978 et a été installée à une hauteur de 137 m. Il s'agit d'une station industrielle suburbaine. Différents polluants y sont mesurés tels que le NO, le NO₂, les NO_x, l' O₃, les PM10 et 2.5 et le SO₂ (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
Exploitant - Faimés	W312	294	14425	2011	4
BIOWANZE	W226	247	14725	2009 2010 2011 2012 - 2015 2016 2017	10, 28 10, 28, 32 10, 14, 28, 32, 43 28, 10 9, 10, 13, 27, 28, 43 10, 28
RAFFINERIE TIRLEMONTAISE SA - site de WANZE	W069	246	14811 15107	2007 2009 2010 - 2012 2013 - 2014 2015 - 2017	28 4, 11 4 4, 11 4
Exploitant - VILLERS-LE-BOUILLET	W410	267	10018	2011	4
ELECTRABEL - CENTRALE DE TIHANGE	W205	238	10465 10924	2007 2008 - 2009 2011 2012 2013 2014 2015 - 2017	18, 21 21 20, 21 18, 20 20, 21 18, 20 18, 21
Exploitant - Donceel	W301	324	10268	2011	4
Exploitant - DONCEEL	W315	336	8603	2011 2017	4 4
CARRIERES ET FOURS A CHAUX DUMONT WAUTIER SA	W026	242	2354 2868	2007 2008 2009	7, 10, 12, 15, 24, 28, 37 10, 12, 24, 28, 29, 37 10, 12, 24, 28, 37

				2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 - 2017	10, 11, 12, 24, 28, 37 10, 11, 12, 24, 28 10, 12, 24, 28 10, 12, 24, 28, 29 10, 11, 12, 15, 24, 28 10, 11, 12, 24, 28, 32 10, 11, 12, 24, 28
PRAYON SA	W047	234	1160	2007 2008 2009 2010, 2012 2011 2013 - 2014 2015 2016 2017	4, 10, 27, 28, 37, 43 4, 28, 37, 43 27, 28, 37, 43 4, 17, 37, 43 17, 37, 43 17, 37, 43 4, 17, 37 17, 37 4, 17, 31, 37, 43
EXPLOITANT - CLERMONT-SOUS-HUY	W183	157	3940	2007 - 2009 2011 2015 2017	4 4, 25, 29 4 4
Exploitant - NANDRIN	W289	174	7595	2011	4
Exploitant - OUFFET	W408	169	14441	2011, 2012	4
Exploitant - WARZEE	W306	167	14492	2011	4
ELECTRABEL CENTRALE DES AWIRS	W081	65	1181 1751	2007 2008 2009 2010 2011 2012 - 2013 2014, 2017 2015 - 2016	10, 12, 27, 28, 37 10, 12, 28 10, 12, 17 28, 29, 32 10, 12, 28, 29, 32 6, 9, 10, 12, 28, 29 10, 28, 29 10 10, 28
ARCELORMITTAL LIEGE sa - EUROGAL	W275	74	2922	2007, 2014, 2016, 2017	28

SEGAL S.A.	W106	76	2635	2014 - 2017	28
ARCELORMITTAL LIEGE sa - Flemalle Ramet (Skinpass, Etamage, Galvanisation, Prépeint)	W091	73	3137	2007 2008, 2010, 2011 2013 2014 2015 - 2016	11, 12, 43 11 43 28, 43 43
Exploitant - FLEMALLE	W288	42	4295	2011	4
ENGINEERING STEEL BELGIUM	W013	63	5176 9565	2007 2008 - 2009 2012	9, 13, 23, 24, 27, 31, 32, 35, 43 9, 13, 23, 24, 27, 31, 32, 35, 43 35
EDF LUMINUS - Centrale de Seraing	W088	67	6923	2007 - 2011 2012 - 2013	10, 28 10
ARCELORMITTAL BELGIUM sa - Kessales (Recuit base et continu, dégraissage et skin pass)	W150	61	7633	2010	28
ARCELORMITTAL UPSTREAM sa (COKE FONTE)	W005	69	9596	2007, 2009 2008, 2010 2011 2012 - 2013 2014	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 43 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 43 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 43 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 36, 37, 43 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 36, 37, 43

ARCELORMITTAL BELGIUM sa - Centrale d'énergies	W089	75	10925	2007, 2009 2008 2010 2011 2012 2013	8, 10 8, 9, 10 8, 9, 10, 35, 37 8, 9, 10, 37 8, 28, 35 8, 35
CHIMAC SA	W141	76	11026	2009	20
SPE - Centrale d'Angleur	W102	71	13555	2007 - 2009 2010	10, 28 28
ARCELOR PRODUITS PLATS WALLONIE	W010	230	14911	2007, 2012, 2013, 2015 2008 2014	43 27, 43 27

8.2.3 Habay

Cette station mesure différents polluants depuis 1991 et a été installée à une altitude de 375 m. Il s'agit d'une station de type fond rural. Les polluants mesurés sont: CO, NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10, PM2.5, SO₂ (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
IDELUX - SITE DE HABAY	W118	193	1675 2197	2007	25

8.2.4 Havinnes

Il s'agit d'une station récente qui a été mise en service en 2011. La station est de type fond rural et a été installée à une hauteur de 28 m. Les polluants mesurés sont: CO, NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10, PM2.5, SO₂ (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020)..

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
Exploitant - POTTES	W368	333	13139	2011	4
Exploitant - PECQ	W337	317	11976	2017	4
Exploitant - HERINNES-LEZ-PECQ	W373	300	9369	2011	4
Exploitant - ESTAIMPUIS	W459	289	11477	2015	4
BRIQUETERIES DE PLOEGSTEERT SA - SITE DE BARRY	W097	270	11325	2007 - 2009, 2017	37
GROUPE SUCRIER sa	W067	73	12163	2001	27, 37
ROSIERS SA	W046	78	12146 12686	2007 2008 2010 2011 2012 2013 - 2017	4, 12 4 12, 27 27 4, 12 4
Exploitant - CHAPELLE-A-WATTINES	W372	87	14430	2011	4
Exploitant - LEUZE(HAINAUT)	W171	98	12283	2007 - 2009 & 2015	4
IPALLE - Usine d'incinération	W104	113	14193 14198	2007 2008 - 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016	10, 28, 43 10, 13, 28 10, 16, 28, 35, 43 10, 13, 15, 28, 43 6, 8, 10, 27, 28, 43 4, 8, 10, 28, 43 4, 8, 10, 28 8, 10, 28 8, 10, 28, 43

				2017	10, 28, 43
Exploitant - PIPAIX	W405	102	7842	2015 & 2017	4
Exploitant - BECLERS	W429	95	4409	2015	4
CCB sa - site de GAURAIN-RAMECROIX	W020	126	2757 2937	2007 - 2017	4, 7, 8, 10, 11, 15, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 35, 37
BRIQUETERIES DE PLOEGSTEERT SA - SITE DE BARRY	W097	270	5223	2007 - 2009 & 2017	37
CCB sa - Carrière de Gaurain-Ramecroix	W232	135	3057	2007 - 2009	28, 36
CBR sa - Site d'Antoing	W022	197	4176 5047	2007 - 2017	4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 15, 19, 22, 24, 28, 29, 30, 31, 35, 37
SUCRERIE DE FONTENOY SA	W072	161	5114	2001	27

8.2.5 Herstal

La station à Herstal a été mise en place en 1978 à une hauteur de 61 m. Il s'agit d'une station de type fond urbain. En effet, celle-ci a été placée au milieu de la petite ville. Les polluants mesurés sont: Black carbon (BC), NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10 et les PM2.5 (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
Exploitant - FLEMALLE	W288	245	14545	2011	4
ELLWOOD STEEL BELGIUM	W013	236	9038 13386	2007 2008 - 2009 2012	9, 13, 23, 24, 27, 31, 32, 35, 43 9, 13, 23, 24, 27, 31, 32, 35, 43 35
SPE - Centrale de Seraing	W088	236	11701	2007 - 2011 2012 - 2013	10, 28 10
ARCELORMITTAL BELGIUM sa - Kessales (Recuit base et continu, dégraissage et skin pass)	W150	239	10921	2010	28

COCKERILL SAMBRE SA (COKE FONTE)	W005	221	8404 9160	2007, 2009 2008, 2010 2011 2012 – 2013 2014	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 43 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 43 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 43 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 36, 37, 43 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 36, 37, 43
ARCELORMITTAL BELGIUM sa - Centrale d'énergies	W089	221	8414	2007, 2009 2008 2010 2011 2012 2013	8, 10 8, 9, 10 8, 9, 10, 35, 37 8, 9, 10, 37 8, 28, 35 8, 35
CHIMAC SA	W141	220	8438	2009	20
SPE - Centrale d'Angleur	W102	214	5724 5752	2007 – 2009 2010	10, 28 28
EVERZINC BELGIUM SA	W014	193	4994	2007 – 2017	43
MAGOTTEAUX LIEGE sa	W058	176	6205	2007 – 2016 2017	7, 9, 13, 22, 23, 24, 27, 43 7, 13, 22, 27, 43
REVATECH sa - Site de Liège	W085	130	723	2007 2008, 2009	24 4
FN HERSTAL SA	W061	16	1090	2010 2011	40 38
INTRADEL - UVELIA - Usine d'incinération	W002	3	2393	2007 – 2008 2009 2010 2011 2012	10, 28, 32 10, 12, 28, 36 6, 9, 10, 12, 24, 28 6, 9, 10, 12, 13, 24, 28 4, 6, 9, 10, 12, 13, 17, 24, 28

				2013 2014 - 2017	9, 10, 28 10, 12, 28
COCKERILL SAMBRE sa - Chertal	W092	30	4029 4391	2007 2008 2009 2010 2011 2012	6, 8, 9, 10, 11, 13, 24, 27, 28, 31, 43 2, 8, 10, 11, 13, 14, 27, 28, 31, 33, 34, 43 2, 8, 10, 11, 23, 33, 34, 43 2, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 27, 31, 33, 34, 43 2, 8, 9, 10, 11, 13, 24, 27, 28, 31, 33, 34, 43 8, 9, 10, 27
TECHSPACE AERO SA	W062	346	4558	2004	1, 40
INTRADEL - CET de Hallembaye-Oupeye	W094	9	9933	2007 - 2017	25
CBR sa - Site de Lixhe	W019	14	11544 12063	2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017	4, 7, 8, 10, 11, 15, 19, 22, 24, 26, 28, 29, 30, 35, 36 4, 7, 8, 10, 11, 12, 15, 22, 24, 28, 29, 30 32, 35 4, 7, 8, 10, 11, 15, 22, 24, 28, 30, 35 4, 7, 8, 10, 11, 15, 22, 24, 28, 29 4, 7, 8, 10, 11, 15, 22, 24, 28, 29, 35 4, 7, 8, 10, 11, 22, 24, 28, 29, 30, 35 4, 6, 7, 10, 11, 22, 24, 28, 29, 35 4, 6, 7, 10, 11, 22, 24, 27, 28, 29, 30, 35 4, 7, 10, 11, 15, 24, 28, 29, 32, 35 4, 7, 8, 10, 11, 15, 24, 28, 32, 35 4, 7, 8, 10, 11, 15, 19, 24, 28, 29, 35
Exploitant - LIXHE	W303	11	10357	2011	4
KNAUF INSULATION S.P.R.L.	W034	25	11003 11166	2007 - 2009 2012 - 2013 2010, 2014 2011 2015, 2017 2016	4 4 4, 31 28, 31 4, 30, 31 4, 24, 31
FLUXYS - Site de Berneau	W213	35	13008	2007 - 2017	25
3B-FIBREGLASS sprl	W033	93	12073	2007 - 2008	17, 28

			12281	2010 - 2011 2012 - 2013 2014 2015 - 2017	17, 28 9, 17, 28 4, 6, 13, 17, 28 4, 17, 28
UCA SA	W015	190	4994	2001	14, 43

8.2.6 Lodelinsart

Cette station télémétrique est en service depuis 1979 et a été placée à une altitude de 133 m. Il s'agit d'une station de type fond suburbain. Les polluants mesurés sont: NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10 et PM2.5 (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
COKERIE D'ANDERLUES	W004	264	13853	2001	7, 9, 28, 30, 31, 36
Exploitant - Lobbes	W333	247	13428	2008	4
EXPLOITANT - LEERNES	W179	251	11559 11624	2007 - 2009	4
Exploitant - LEERNES	W381	249	11542	2010, 2011, 2015, 2017	4
CETB S.A.	W159	261	5472	2004	25
BEMIS MONCEAU SA	W347	255	5944	2010, 2014 - 2017	30
ELECTRABEL CENTRALE DE MONCEAU	W083	238	6410	2001 & 2004	10, 12, 17, 24, 27, 28, 31, 37
Derichebourg Belgium - Charleroi	W225	235	6450	2016, 2017	35
KEYSER ET FILS sa	W358	312	5554	2014 2016 2017	8 35 8, 35

AGC FLAT GLASS EUROPE - Site de Roux (ex-GLAVERBEL sa)	W032	297	4808 5084	2007, 2008, 2010, 2011, 2013 2009	28, 37 37
ELECTRABEL CENTRALE D'AMERCOEUR	W080	274	4276 4584	2007, 2008 2009 2010 - 2017	10, 12, 17, 28, 37 10, 17, 28, 32, 37 10, 28
TIMAC AGRO BeLux SA	W199	255	4786	2012, 2015 - 2017 2014	4 4, 9
CARSID (Centrale d'énergie)	W090	242	3823 3910	2007 - 2008	10, 28, 37
CARSID S.A. (coke-fonte /Aciérie-CC)	W006	230	3457 3489	2007 - 2008	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 43
INDUSTEEL BELGIUM S.A.	W008	237	4132 4573	2007 2008 2009 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017	9, 10, 13, 14, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 35,43 10, 13, 24, 28, 32, 35, 43 13, 24, 28, 32, 35, 43 6, 7, 10, 19, 23, 27, 28, 35, 37, 39, 43, 10, 13, 27, 28, 35, 43 8, 35 8, 24, 27, 35, 43 8, 9, 10, 13, 27, 35, 43 8, 9, 10, 13, 27, 28, 35, 43 8, 10, 13, 24, 27, 35
MARCINELLE ENERGIE S.A.	W350	220	2956	2011 2012 - 2013 2015 - 2016 2014 2017	28 10, 28 10, 28 10 10, 11, 28
THY MARCINELLE sa	W012	222	3031 3850	2007 2008 2009 2010 2011	7, 9, 10, 13, 23, 24, 27, 28, 32, 35, 43 6, 8, 9, 10, 13, 14, 23, 35, 43 6, 8, 9, 10, 13, 14 35, 43 6, 8, 9, 13, 14, 23, 24, 26, 28, 35, 43 6, 8, 9, 10, 13, 14, 23, 24, 26, 27, 35, 43

				2012 2013 2014 2015 2016 2017	6, 8, 9, 24, 26, 35, 43, 35, 43 9, 13, 23, 24, 27, 35, 43 8, 9, 13, 27, 35, 43 8, 23, 24, 35, 43 8, 35, 43
CATERPILLAR BELGIUM S.A.	W064	354	5296 5938	2007 – 2008 2011 – 2012 2013	28, 30 30 30, 32
SONACA sa	W113	334	3509 3588	2007 - 2011 2012 – 2014 2015 – 2017	13, 30, 38 30, 38 30
Exploitant – NALINNES	W402	185	10872	2011, 2015	4
Exploitant - Villers-la-Ville	W334	7	12555	2008	4
PIRET SA	W059	131	2236	2001, 2004	11
Exploitant - Tarcienne	W308	166	13377	2011	4
Exploitant - Tarcienne	W286	166	12365	2007 – 2008	4
Exploitant - GERPINNES	W339	155	8038	2015	4
COMETSAMBRE sa - Site de Châtelet	W354	130	4619	2016 – 2017	35
COCKERILL SAMBRE SA - CARLAM et La PRAYE	W007	106	5416	2001, 2004	10, 28
ICDI sc - Usine d'incinération	W001	103	6152 6582	2008 2011 & 2013 - 2017	9, 24, 27, 32 10
GALVA POWER GROUP DIVISION GALVA 2000 (GALVANISATION)	W105	102	6545	2004	23, 43
ROTON ENVIRONNEMENT/ BELGARENA	W249	84	7103	2010 – 2011	43
HELIO CHARLEROI sa	W125	62	6399	2007 – 2017	30
Exploitant – FLEURUS	W173	49	9991 11146	2007, 2009 2008	4 4, 25, 29

SAINT-GOBAIN GLASS sa	W030	78	11303 11322	2007 2008 2009 -2011 2012	10, 12, 17, 28, 31, 37 10, 12, 17, 28, 37 10, 12, 28, 37 10, 12, 24, 28, 37
CARMEUSE sa - Site d'Aisemont	W025	99	12741 13111	2007 – 2008 2009 2010 2011 – 2017	10, 31 10, 13, 28 6, 10, 13, 28 10, 28
SOLVIC sa	W040	82	14527 14802	2007 2008 – 2009 2010 2011 – 2014 2015 – 2017	3, 4, 42 3, 4, 20, 42 3, 4, 20, 30, 41, 42 T 3, 4, 20, 41, 42 3, 4, 42
ELECTRABEL - COGENERATION SOLVAY	W101	81	14747 14802	2007 – 2017	10, 28
APERAM STAINLESS BELGIUM SA	W197	106	5587	2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017	6, 7, 9, 13, 20, 27, 28, 35 6, 9, 10, 12, 13, 20, 24, 28, 35, 21, 27, 32, 34 6, 9, 10, 13, 20, 21, 24, 27, 28, 35 10, 11, 13, 24, 27, 28, 35 10, 13, 27, 28, 35 10, 13, 21, 24, 27, 28, 35 10, 13, 14, 24, 27, 28, 35, 43 8, 10, 13, 24, 27, 28, 32, 35, 43 10, 13, 24, 27, 28, 32, 35, 43 8, 9, 10, 13, 14, 23, 24, 27, 28, 43 8, 10, 13, 24, 27, 28, 35, 43

8.2.7 Mons

La station à Mons est en service depuis 1991 et se situe à une altitude de 36 m. Il s'agit d'une station de type fond urbain. Les polluants mesurés sont: CO, NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10 et PM2.5 (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
REILLY CHEMICALS SA	W044	277	11238	2001	28
YARA TERTRE sa/nv - CETPROBEL sa	W042	276	10043 10099	2007 - 2017	4, 10, 28, 29
ERACHEM COMILOG SA	W039	278	10043	2001	14
ELECTRABEL - CENTRALE BAUDOUR-St GHISLAIN	W082	266	7609 8115	2007 - 2017	10, 28
AKZO NOBEL CHEMICALS SA	W043	286	5175 5763	2008 - 2010, 2012 - 2013	28
MD Verre VIDRALA sa	W035	287	4200 4296	2007 - 2008 2009 2010 2011 2012 2013 - 2017	6, 9, 13, 23, 28, 31, 37 6, 9, 23, 28, 31, 37 28 28, 35, 37 28, 35 28
WIENERBERGER - SITE DE GHLIN	W166	326	926 3140	2007	17
HOLCIM BELGIQUE sa	W021	86	3835 4283	2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016	4, 7, 10, 11, 12, 15, 23, 24, 28, 29, 31, 32, 35, 37, 43 4, 7, 10, 11, 12, 15, 23, 24, 28, 29, 32, 35, 37, 43 4, 10, 12, 15, 24, 28, 29, 32, 35, 37 4, 7, 10, 12, 15, 22, 24, 28, 29, 32, 35, 37, 43 4, 7, 10, 12, 15, 22, 24, 28, 29, 35, 37, 43 4, 7, 10, 12, 15, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 32, 35, 37 4, 7, 11, 12, 22, 24, 28, 29, 32, 35, 37 4, 7, 10, 12, 15, 22, 24, 28, 29, 32, 35, 37, 43 4, 7, 10, 12, 15, 22, 24, 28, 29, 35, 37, 43, 4, 7, 8, 10, 12, 24, 28, 29, 35, 37

				2017	4, 7, 8, 10, 12, 24, 28, 35, 37
COMETSAMBRE sa - Site d'Obourg	W355	77	3268	2016 - 2017	35
Exploitant - HAVRE	W409	107	8179	2011	4
CBR sa - Site d'Harmignies	W018	137	8039	2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014	8, 10, 12, 28, 37 8, 10, 28, 37 8, 10, 11, 12, 15, 28, 37 7, 8, 10, 11, 28, 29, 37 8, 10, 12, 22, 24, 28, 37 8, 10, 12, 28, 37 10, 12, 28, 37 28, 37
DUROBOR GLASSWARE sa	W029	41	14564	2007 - 2009 2010 - 2012, 2016, 2017	28, 37 28
SAPA RC PROFILES sa - Division Ghlin	W108	284	4696	2010 2011 2016	24 28 35
WOS HAUTRAGE sa	W149	176	11950	2010 - 2012	32

8.2.8 Namur

La station à Namur est en service depuis 2019. Il s'agit d'une station de type fond urbain et est placée au milieu d'un parking de la ville. Les polluants mesurés sont: BC, NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10 et PM2.5 (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
SOLVIC sa	W040	264	14530	2007 2008 – 2009, 2012 - 2014 2010 2011 2015 - 2017	3, 4, 42 3, 4, 20, 42 3, 4, 20, 30, 41, 42 3, 4, 20, 41, 42 3, 4, 42
AGC FLAT GLASS EUROPE - Site de Moustier	W031	263	12124	2007 2008 – 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017	6, 10, 12, 13, 17, 27, 28, 31, 37 10, 12, 13, 17, 27, 28, 31, 37 10, 12, 28, 37 10, 28, 37 10, 12, 17, 24, 27, 28, 37 10, 17, 27, 28, 37 10, 12, 28, 37 10, 17, 28, 37
Exploitant - FOSSES-LA- VILLE	W448	245	14283	2015	4
ARISTON THERMO BENELUX sa	W063	257	5221	2009	16
DOLOMIES DE MARCHE-LES- DAMES sa	W028	74	8010	2007 – 2008 2009 – 2010 2011 2012, 2014, 2016 2013 2015 2017	7, 8, 10, 11, 12, 15, 22, 25, 28, 30, 36 7, 8, 10, 11, 22, 25, 28, 36 7, 8, 10, 11, 22, 28 8, 10, 28, 37 7, 8, 10, 11, 22, 25, 28, 30, 36, 37 7, 8, 10, 11, 22, 25, 28, 30, 37 8, 10, 28, 37

DOLOMIES DE MARCHE-LES-DAMES – Carrière	W271	77	8208	2011	28
INOVYN - COGENERATION INOVYN	W101	264	14580	2007 – 2017	10, 28
CARMEUSE SA - SIEGE DE SEILLES	W024	72	14606	2001, 2004	10

8.2.9 Offagne

Cette station est active depuis 1978 et se trouve dans la province du Luxembourg. Elle a été installée à une altitude de 430 m et est de type fond rural. Les polluants mesurés sont NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10 et PM2.5 (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
Exploitant - OCHAMPS (LIBIN)	W281	52	9923	2007 – 2010, 2015, 2017	4

8.2.10 Sainte-Ode

La station Sainte-Ode se trouve dans la province du Luxembourg et est de type fond rural. Elle est en service depuis 1992 et se trouve à une altitude de 510 m. Les polluants mesurés sont NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10 et PM2.5 (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
Exploitant – BASTOGNE	W364	119	6059	2009 – 2010	4
Exploitant – BASTOGNE	W305	109	9578	2011	4

8.2.11 Sinsin

La station se trouve dans la province de Namur et est en service depuis 1991. Elle est de type fond rural et est installée à 260 m d'altitude. Les polluants mesurés sont NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10, PM2.5 et SO₂ (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
Exploitant - CELLES (HOUEYET)	W282	258	14253	2007	4
BEP- ENVIRONNEMENT - CET de Happe-Chapois	W146	250	6150 8579	2007 - 2011	25
Exploitant - CINEY	W181	253	5727	2007 - 2011, 2015, 2017	4
LHOIST INDUSTRIE sa - Site de On	W027	161	12001	2007 2008 2009, 2013, 2016 2010, 2012 2011 2014 2015 2017	8, 10, 12, 28 8, 10, 11, 28 8, 10, 28 7, 8, 10, 11, 28 7, 8, 10, 28, 36 7, 10, 11, 28 10, 24, 28 10, 28
Exploitant - AYE	W316	148	7691	2011, 2017	4
Exploitant - HARGIMONT	W295	145	11217	2011	4
Exploitant - FRONVILLE (HOTTON)	W280	67	13034	2007 - 2008	4
Exploitant - NASSOGNE	W469	146	14844	2017	4

8.2.12 Val Benoit

Cette station se trouve dans la province de Liège et est de type fond suburbain. Elle est en service depuis 2004 et est placée à une altitude de 65 m. Les polluants mesurés sont CO, NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10, PM2.5 et SO₂ (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020)..

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
CARRIERES ET FOURS A CHAUX DUMONT WAUTIER SA	W026	250	14808	2007	7, 10, 12, 15, 24, 28, 37
				2008	10, 12, 24, 28, 29, 37
				2009	10, 12, 24, 28, 37
				2010	10, 11, 12, 24, 28, 37
				2011	10, 11, 12, 24, 28
				2012	10, 12, 24, 28
				2013	10, 12, 24, 28, 29
				2014	10, 11, 12, 15, 24, 28
				2015	10, 11, 12, 24, 28, 32
				2016 - 2017	10, 11, 12, 24, 28
PRAYON SA	W047	251	13590	2007	4, 10, 27, 28, 37, 43
				2008	4, 28, 37, 43
				2009	27, 28, 37, 43
				2010, 2012	4, 17, 37, 43
				2011	17, 37, 43
				2013 - 2014	17, 37, 43
				2015	4, 17, 37
				2016	17, 37
2017	4, 17, 31, 37, 43				
Exploitant - CLERMONT-SOUS-HUY	W183	235	12677	2007 - 2009	4
				2011	4, 25, 29
				2015	4
				2017	4
ELECTRABEL CENTRALE DES AWIRS	W081	255	10761 11310	2007	10, 12, 27, 28, 37
				2008	10, 12, 28
				2009	10, 12, 17, 28, 29, 32
				2010	10, 12, 28, 29, 32

				2011 2012 - 2013 2014, 2017 2015 - 2016	6, 9, 10, 12, 28, 29 10, 28, 29 10 10, 28
SEGAL s.a.	W106	252	9718	2014 - 2017	28
ARCELORMITTAL LIEGE sa - Flemalle Ramet (Skinpass, Etamage, Galvanisation, Prépeint)	W091	253	9354	2007 2008, 2010, 2011 2013 2014 2015 - 2016	11, 12, 43 11 43 28, 43 43
Exploitant - FLEMALLE	W288	267	9126	2011	4
ENGINEERING STEEL BELGIUM	W013		3394 7446	2007 2008 - 2009 2012	9, 13, 23, 24, 27, 31, 32, 35, 43 9, 13, 23, 24, 27, 31, 32, 35, 43 35
SPE - Centrale de Seraing	W088	262	5652	2007 - 2011 2012 - 2013	10, 28 10
ARCELORMITTAL BELGIUM sa - Kessales	W150	271	5262	2010	28
ARCELORMITTAL UPSTREAM sa (COKE FONTE)	W005	269	1581 3043	2007, 2009 2008, 2010 2011 2012 - 2013 2014	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 43 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 43 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 43 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 36, 37, 43 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 36, 37, 43
ARCELORMITTAL BELGIUM sa - Centrale d'énergies	W089	242	1549	2007, 2009 2008 2010 2011 2012 2013	8, 10 8, 9, 10 8, 9, 10, 35, 37 8, 9, 10, 37 8, 28, 35 8, 35

CHIMAC SA	W141	238	1529	2009	20
SPE - Centrale d'Angleur	W102	40	1249 1284	2007 - 2009 2010	10, 28 28
EVERZINC BELGIUM SA	W014	91	2819	2007 - 2017	43
MAGOTTEAUX LIEGE sa	W058	97	4509 4631	2007 - 2016 2017	7, 9, 13, 22, 23, 24, 27, 43 7, 13, 22, 27, 43
Exploitant - PRIMONT	W343	146	12999	2009 - 2011	4
Exploitant - PRIMONT	W338	147	13167	2017	4
Exploitant - PRIMONT	W438	152	13293	2015	4
REVATECH sa - Site de Liège	W085	42	6998	2007 2008 - 2009	24 4
FN HERSTAL SA	W061	34	7660	2010 2011	40 38
INTRADEL - UVELIA - Usine d'incinération	W002	27	9263 9339	2007 - 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 - 2017	10, 28, 32 10, 12, 28, 36 6, 9, 10, 12, 24, 28 6, 9, 10, 12, 13, 24, 28 4, 6, 9, 10, 12, 13, 17, 24, 28 9, 10, 28 10, 12, 28
COCKERILL SAMBRE sa - Chertal	W092	34	11014 11376	2007 2008 2009 2010 2011 2012	6, 8, 9, 10, 11, 13, 24, 27, 28, 31, 43 2, 8, 10, 11, 13, 14, 27, 28, 31, 33, 34, 43 2, 8, 10, 11, 23, 33, 34, 43 2, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 27, 31, 33, 34, 43 2, 8, 9, 10, 11, 13, 24, 27, 28, 31, 33, 34, 43 8, 9, 10, 27
TECHSPACE AERO SA	W062	17	10526	2004	1, 40
UCA SA	W015	77	3324	2001	14, 43
ARCELORMITTAL LIEGE sa - EUROGAL	W275	252	9569	2007, 2014, 2016, 2017	28

8.2.13 Vezin

La station de Vezin se trouve dans la province de Namur et est en service depuis 1978. Elle a été placée à une altitude de 165 m et est de type fond rural. Les polluants mesurés sont NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10 et PM2.5 (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
ARISTON THERMO BENELUX sa	W063	247	14589	2009	16
DOLOMIES DE MARCHE-LES-DAMES sa	W028	197	2505 3814	2007 – 2008 2009 – 2010 2011 2012, 2014, 2016, 2017 2013, 2015	7, 8, 10, 11, 12, 15, 22, 25, 28, 30, 36 7, 8, 10, 11, 22, 25, 28, 36 7, 8, 10, 11, 22, 28 8, 10, 28, 37 7, 8, 10, 11, 22, 25, 28, 30, 36, 37
DOLOMIES DE MARCHE-LES-DAMES – Carrière	W271	189	2759	2011	28
Exploitant – WASSEIGES	W470	8	11824	2017	4
Exploitant – OTEPPE	W403	42	11883	2011	4
Exploitant - WARET-LEVEQUE	W367	36	8535	2009	4
CARMEUSE SA - SIEGE DE SEILLES	W024	89	5392	2001, 2004	10
FONDERIES LECOMTE	W221	90	8360	2010	30
Exploitant - GESVES	W362	140	13321	2009, 2010, 2015	4
CARMEUSE sa - Site de Moha	W023	64	14837	2007 – 2008, 2016, 2017 2009, 2012 2010 2011, 2013 - 2015	10 10, 13, 28 6, 13, 28 10, 28

8.2.14 Vielsalm

Cette station se trouve dans la province de Liège et est en service depuis 1988. Il s'agit d'une station de type fond rural placée à 498 m d'altitude. Les polluants mesurés sont BC, CO, NO, NO₂, NO_x, O₃, PM10, PM2.5 et SO₂ (Institut scientifique de service public & Agence wallonne de l'air et du climat, 2020).

Nom Industrie	ID	Degrés	Distance (m)	Année	Polluants émis
CIBB - Centre d'imprégnation des bois de Belgique	W399	251	3889	2012 - 2015 & 2017	30
SPANOLUX	W209	250	3291	2007 - 2012 2013 - 2014 2015 - 2017	10, 28 28 10, 28
INDUSTRIE DU BOIS VIELSALM & CIE - IBV	W262	255	3304	2008 - 2009 & 2011 - 2013 & 2015 - 2017 2010	10, 28 10, 25, 28, 29
Exploitant - SAINT VITH	W401	23	4719	2011	4
RENOGEN SA	W267	56	7276	2008 2009 - 2013 2014 2015 2016	11, 43 10, 28 10, 36 10, 28, 36 10, 36
AHLSTROM MALMEDY sa	W116	359	13137	2007 - 2009	32
G.C. Paper	W076	6	14900	2007 - 2008	27

8.3 P-valeurs pour le BelaQI

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonCorroy[, 1] and CoxonCorroy[, 2]

      2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 1.0000 -      -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 1.0000 1.0000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2011 0.2295 0.1587 0.0089 -      -      -      -      -      -      -      -
2012 1.0000 1.0000 1.0000 0.5307 -      -      -      -      -      -      -
2013 1.0000 1.0000 1.0000 0.2110 1.0000 -      -      -      -      -      -
2014 0.2110 0.2016 0.0060 1.0000 0.9963 0.2319 -      -      -      -      -
2015 0.2110 0.1700 0.0058 1.0000 0.7744 0.2136 1.0000 -      -      -      -
2016 0.2687 0.2151 0.0091 1.0000 0.9963 0.2806 1.0000 1.0000 -      -
2017 0.4112 0.3320 0.0181 1.0000 1.0000 0.4391 1.0000 1.0000 1.0000 -
2018 1.0000 1.0000 1.0000 0.1367 1.0000 1.0000 0.1249 0.1175 0.1605 0.2319 -
2019 0.1515 0.1299 0.0031 1.0000 0.6166 0.1595 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0.0723 -
2020 0.1587 0.1327 0.0035 1.0000 0.6214 0.1656 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0.0787 1.0000

P value adjustment method:holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonDourbes[, 1] and CoxonDourbes[, 2]

      2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -
2011 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -
2012 1.00000 1.00000 0.12557 1.00000 -      -      -      -      -      -
2013 1.00000 1.00000 0.78719 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -
2014 1.00000 0.44440 0.00013 0.50239 1.00000 1.00000 -      -      -      -
2015 1.00000 1.00000 0.01449 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -
2016 1.00000 0.47100 0.00022 0.52661 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -
2017 1.00000 1.00000 0.37199 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -
2018 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.82259 1.00000 0.00335 0.15796 0.00452 1.00000 -
2019 1.00000 1.00000 0.50470 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -
2020 1.00000 1.00000 0.12313 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.83245 1.00000

P value adjustment method:holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonEngis[, 1] and CoxonEngis[, 2]

      2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 0.52871 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -
2011 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -
2012 0.72043 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -
2013 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -
2014 0.36885 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -
2015 0.02434 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.42871 1.00000 -      -      -
2016 6.1e-07 0.00992 0.05130 0.00193 0.19059 0.00017 0.08207 1.00000 -      -
2017 0.00874 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.31400 1.00000 1.00000 1.00000 -
2018 0.26249 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.12215 1.00000 -
2019 7.1e-06 0.04404 0.19059 0.01018 0.50159 0.00125 0.26383 1.00000 1.00000 1.00000 0.37659 -
2020 7.8e-13 3.9e-07 5.6e-06 8.6e-08 0.00011 2.8e-09 1.1e-05 0.00400 1.00000 0.00078 2.1e-05 0.84954

P value adjustment method:holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonHabay[, 1] and CoxonHabay[, 2]
  2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2011 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -
2012 0.27106 0.19595 0.41001 1.00000 -      -      -      -      -      -      -
2013 0.28966 0.22537 0.48081 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -
2014 0.00520 0.00365 0.01343 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -
2015 0.10138 0.07761 0.21224 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -
2016 3.8e-05 3.8e-05 0.00026 0.13908 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -
2017 3.8e-05 3.8e-05 0.00025 0.12986 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -
2018 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.47586 0.57843 0.01480 0.23973 0.00030 0.00027 -
2019 0.68433 0.48066 0.95920 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.34220 0.32253 1.00000 -
2020 0.00639 0.00415 0.01434 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.01641 1.00000
P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonHavannes[, 1] and CoxonHavannes[, 2]
  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2012 1.000 -      -      -      -      -      -      -      -
2013 0.336 1.000 -      -      -      -      -      -      -
2014 1.000 1.000 1.000 -      -      -      -      -      -
2015 1.000 1.000 0.946 1.000 -      -      -      -      -
2016 0.062 1.000 1.000 1.000 0.138 -      -      -      -
2017 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 -      -      -
2018 0.024 1.000 1.000 1.000 0.047 1.000 1.000 -      -
2019 0.824 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 -
2020 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 0.279 1.000 0.075 1.000
P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonHerstal[, 1] and CoxonHerstal[, 2]
  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2014 1.00000 -      -      -      -      -      -
2015 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -
2016 0.05280 1.00000 1.00000 -      -      -      -
2017 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -
2018 1.00000 0.01213 0.06006 0.00022 0.04794 -      -
2019 0.84775 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.01109 -
2020 0.24892 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.00194 1.00000
P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonLodelinsart[, 1] and CoxonLodelinsart[, 2]
  2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 0.8498 -      -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 1.0000 1.0000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2011 1.0000 1.0000 1.0000 -      -      -      -      -      -      -      -
2012 1.9e-05 0.1710 0.0819 0.1335 -      -      -      -      -      -      -
2013 0.0101 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 -      -      -      -      -      -
2014 2.6e-12 7.2e-05 8.2e-06 5.9e-05 1.0000 0.0594 -      -      -      -      -      -
2015 7.7e-07 0.0553 0.0173 0.0385 1.0000 1.0000 1.0000 -      -      -      -      -
2016 6.4e-06 0.2103 0.0892 0.1602 1.0000 1.0000 0.9402 1.0000 -      -      -      -
2017 9.1e-07 0.1006 0.0363 0.0819 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 -      -      -
2018 0.8498 1.0000 1.0000 1.0000 0.0802 1.0000 4.3e-06 0.0153 0.0819 0.0293 -      -
2019 5.9e-06 0.2222 0.0925 0.1670 1.0000 1.0000 0.8501 1.0000 1.0000 1.0000 0.0821 -
2020 2.0e-13 4.1e-06 4.2e-07 2.9e-06 0.8640 0.0051 1.0000 1.0000 0.1602 0.2708 2.4e-07 0.1321
P value adjustment method:holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonMons[, 1] and CoxonMons[, 2]
  2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 1.0000 -      -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 1.0000 1.0000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2011 1.0000 1.0000 1.0000 -      -      -      -      -      -      -      -
2012 0.9499 1.0000 1.0000 1.0000 -      -      -      -      -      -      -
2013 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 -      -      -      -      -      -
2014 2.2e-05 0.1203 0.0977 0.3215 1.0000 0.0005 -      -      -      -      -      -
2015 0.0043 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0.0306 1.0000 -      -      -      -      -
2016 0.0014 1.0000 0.9218 1.0000 1.0000 0.0110 1.0000 1.0000 -      -      -      -
2017 0.0018 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0.0206 1.0000 1.0000 1.0000 -      -      -
2018 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0.0058 0.3007 0.1345 0.1962 -      -
2019 0.0015 0.9921 0.5958 1.0000 1.0000 0.0083 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0.1118 -
2020 0.0037 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0.0235 1.0000 1.0000 1.0000 1.0000 0.2974 1.0000
P value adjustment method:holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonNamur[, 1] and CoxonNamur[, 2]
  2016  2017  2018  2019
2017 0.7455 -      -
2018 < 2e-16 < 2e-16 -
2019 < 2e-16 < 2e-16 1.9e-10 -
2020 0.0029 0.0053 < 2e-16 < 2e-16
P value adjustment method:holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonOffagne[, 1] and CoxonOffagne[, 2]

      2011    2012    2013    2014    2015    2016    2017    2018    2019
2012 1.00000 -        -        -        -        -        -        -        -
2013 1.00000 1.00000 -        -        -        -        -        -        -
2014 1.00000 1.00000 0.55891 -        -        -        -        -        -
2015 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -        -        -        -        -
2016 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -        -        -        -
2017 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -        -        -
2018 0.00275 0.01053 0.40228 9.9e-06 0.08238 0.00012 0.00937 -        -
2019 1.00000 1.00000 1.00000 0.55891 1.00000 1.00000 1.00000 0.05273 -
2020 1.00000 1.00000 1.00000 0.77895 1.00000 1.00000 1.00000 0.06902 1.00000

P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonSainteOde[, 1] and CoxonSainteOde[, 2]

      2011    2012    2013    2014    2015    2016    2017    2018    2019
2012 1.00000 -        -        -        -        -        -        -        -
2013 1.00000 1.00000 -        -        -        -        -        -        -
2014 1.00000 1.00000 1.00000 -        -        -        -        -        -
2015 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -        -        -        -        -
2016 1.00000 1.00000 0.41884 1.00000 1.00000 -        -        -        -
2017 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.52961 -        -        -
2018 0.18818 3.7e-05 0.20468 0.00049 0.00262 6.8e-07 0.01965 -        -
2019 1.00000 0.11360 1.00000 0.94537 1.00000 0.01220 1.00000 0.52961 -
2020 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.00304 1.00000

P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonSinsin[, 1] and CoxonSinsin[, 2]

      2008    2009    2010    2011    2012    2013    2014    2015    2016    2017    2018    2019
2009 1.00000 -        -        -        -        -        -        -        -        -        -
2010 1.00000 1.00000 -        -        -        -        -        -        -        -        -
2011 1.00000 1.00000 0.20183 -        -        -        -        -        -        -        -
2012 1.00000 1.00000 0.24826 1.00000 -        -        -        -        -        -        -
2013 1.00000 1.00000 0.12949 1.00000 1.00000 -        -        -        -        -        -
2014 0.28022 0.43809 3.1e-05 1.00000 1.00000 1.00000 -        -        -        -        -
2015 1.00000 1.00000 0.01235 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -        -        -        -
2016 0.12035 0.18881 8.7e-06 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -        -        -
2017 1.00000 1.00000 0.02113 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -        -
2018 1.00000 1.00000 1.00000 0.55211 0.66057 0.37418 0.00015 0.04331 4.5e-05 0.07050 -
2019 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.09314 1.00000 0.03639 1.00000 1.00000 -
2020 1.00000 1.00000 0.05172 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.16538 1.00000

P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonValBenoit[, 1] and CoxonValBenoit[, 2]

      2011      2012      2013      2014      2015      2016      2017      2018      2019
2012 0.00916 -          -          -          -          -          -          -
2013 0.00965 1.00000 -          -          -          -          -          -
2014 1.00000 0.54124 0.59671 -          -          -          -          -
2015 1.00000 0.87917 0.97547 1.00000 -          -          -          -
2016 1.00000 0.32232 0.36218 1.00000 1.00000 -          -          -
2017 0.12282 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -          -
2018 8.7e-06 1.00000 1.00000 0.00346 0.01130 0.00167 0.22992 -          -
2019 0.16167 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.50977 -
2020 1.00000 0.07999 0.08801 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.00013 1.00000

P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonVezin[, 1] and CoxonVezin[, 2]

      2011      2012      2013      2014      2015      2016      2017      2018      2019
2012 1.00000 -          -          -          -          -          -          -
2013 1.00000 0.05215 -          -          -          -          -          -
2014 1.00000 1.00000 0.79552 -          -          -          -          -
2015 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -          -          -          -
2016 1.00000 1.00000 0.34081 1.00000 1.00000 -          -          -
2017 1.00000 0.79552 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -          -
2018 0.00161 2.4e-06 0.55058 5.5e-05 0.00039 9.4e-06 0.00728 -          -
2019 1.00000 0.05949 1.00000 1.00000 1.00000 0.47818 1.00000 0.19915 -
2020 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.00095 1.00000

P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonVielsalm[, 1] and CoxonVielsalm[, 2]

      2008      2009      2010      2011      2012      2013      2014      2015      2016      2017      2018      2019
2009 1.00000 -          -          -          -          -          -          -          -          -
2010 1.00000 1.00000 -          -          -          -          -          -          -          -
2011 1.00000 1.00000 1.00000 -          -          -          -          -          -          -
2012 0.89132 0.84580 1.00000 0.87442 -          -          -          -          -          -
2013 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -          -          -          -          -
2014 0.02907 0.01845 0.58091 0.02960 1.00000 0.17700 -          -          -          -          -
2015 1.00000 0.84580 1.00000 0.87442 1.00000 1.00000 1.00000 -          -          -          -
2016 0.00012 4.8e-05 0.01270 0.00021 0.69148 0.00222 1.00000 1.00000 -          -          -
2017 0.18529 0.16769 1.00000 0.18163 1.00000 0.87442 1.00000 1.00000 1.00000 -          -
2018 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.03568 1.00000 0.00028 0.05039 3.7e-07 0.00317 -
2019 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.24862 1.00000 0.07403 -
2020 0.06197 0.03890 0.87442 0.05653 1.00000 0.30148 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.00082 1.00000

P value adjustment method: holm

```

8.4 P-valeur pour l'EEA adapté

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonCorroy[, 1] and CoxonCorroy[, 2]
  2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2011 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -
2012 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -
2013 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -
2014 0.20491 0.00151 0.00040 1.00000 0.52468 0.00225 -      -      -      -      -      -
2015 1.00000 0.09492 0.03987 1.00000 1.00000 0.13883 1.00000 -      -      -      -      -
2016 1.00000 0.05981 0.02463 1.00000 1.00000 0.08968 1.00000 1.00000 -      -      -      -
2017 0.15058 0.00103 0.00027 1.00000 0.37804 0.00167 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -
2018 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.05041 1.00000 0.90942 0.03728 -      -
2019 1.00000 0.02031 0.00670 1.00000 1.00000 0.02987 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.39041 -
2020 0.22007 0.00159 0.00044 1.00000 0.51215 0.00249 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.05376 1.00000
P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonDourbes[, 1] and CoxonDourbes[, 2]
  2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2011 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -
2012 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -
2013 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -
2014 0.38332 0.00159 0.00232 0.00348 0.72470 0.00460 -      -      -      -      -      -
2015 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.52034 -      -      -      -      -
2016 1.00000 0.12638 0.16553 0.19771 1.00000 0.30302 1.00000 1.00000 -      -      -      -
2017 1.00000 0.48485 0.63669 0.69482 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -
2018 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.00027 1.00000 0.03177 0.15509 -      -
2019 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.50868 -
2020 1.00000 0.78313 0.96561 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.28366 1.00000
P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonEngis[, 1] and CoxonEngis[, 2]
  2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 0.35150 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2011 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -
2012 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -
2013 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -
2014 0.49442 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -
2015 0.02170 0.81343 1.00000 0.47288 1.00000 0.11155 1.00000 -      -      -      -      -
2016 3.9e-05 0.00947 0.84443 0.00385 0.21871 0.00047 0.34467 1.00000 -      -      -      -
2017 0.00028 0.04948 1.00000 0.02298 0.78501 0.00364 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -
2018 0.49442 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.49442 1.00000 -      -
2019 2.0e-06 0.00063 0.13860 0.00024 0.02768 2.8e-05 0.03392 1.00000 1.00000 1.00000 0.06974 -
2020 6.3e-12 1.3e-08 4.8e-05 3.6e-09 6.2e-06 2.2e-10 3.8e-06 0.00307 0.27425 0.03413 1.5e-05 1.00000
P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonHabay[, 1] and CoxonHabay[, 2]
  2008  2009  2010  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2009 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -      -
2010 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
2011 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -
2012 1.00000 0.06059 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -
2013 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -
2014 0.02681 8.3e-05 0.00886 0.01211 1.00000 0.05269 -      -      -      -      -      -
2015 1.00000 0.03848 0.77637 0.93948 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -
2016 0.10047 0.00058 0.03853 0.05158 1.00000 0.19967 1.00000 1.00000 -      -      -      -
2017 0.00057 9.6e-07 0.00028 0.00045 0.61117 0.00271 1.00000 0.93948 1.00000 -      -      -
2018 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.01974 1.00000 0.07715 0.00081 -      -
2019 1.00000 0.03848 0.82213 0.93948 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.61117 1.00000 -
2020 0.03322 0.00013 0.01049 0.01528 1.00000 0.06019 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 0.02418 1.00000
P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonHavinnes[, 1] and CoxonHavinnes[, 2]
  2011  2012  2013  2014  2015  2016  2017  2018  2019
2012 1.000 -      -      -      -      -      -      -      -
2013 0.047 1.000 -      -      -      -      -      -      -
2014 0.571 1.000 1.000 -      -      -      -      -      -
2015 1.000 1.000 0.127 1.000 -      -      -      -      -
2016 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 -      -      -      -
2017 1.000 1.000 0.273 1.000 1.000 1.000 -      -      -
2018 0.187 1.000 1.000 1.000 0.578 1.000 1.000 -      -
2019 1.000 1.000 0.046 1.000 1.000 1.000 1.000 0.250 -
2020 1.000 1.000 0.002 0.101 1.000 0.422 1.000 0.016 1.000
P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonHerstal[, 1] and CoxonHerstal[, 2]
  2013  2014  2015
2014 0.015 -      -
2015 0.124 1.000 -
2016 0.153 1.000 1.000
P value adjustment method: holm

```

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: CoxonLodelinsart[, 1] and CoxonLodelinsart[, 2]
  2008  2009  2010  2011
2009 1.0000 -      -
2010 1.0000 1.0000 -
2011 1.0000 1.0000 1.0000 -
2012 0.0363 0.0052 0.0057 0.0052
P value adjustment method: holm

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: CoxonMons[, 1] and CoxonMons[, 2]

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2009	1.00000	-	-	-	-	-	-	-
2010	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-
2011	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-
2012	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-
2013	1.00000	0.38761	1.00000	1.00000	0.55700	-	-	-
2014	0.00064	0.00499	6.7e-05	0.00239	0.02247	4.8e-07	-	-
2015	0.19230	0.80420	0.05348	0.37068	1.00000	0.00123	1.00000	-
2016	0.02617	0.14362	0.00507	0.05341	0.23329	8.2e-05	1.00000	1.00000

P value adjustment method: holm

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: CoxonSinsin[, 1] and CoxonSinsin[, 2]

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2009	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	0.15454	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	1.00000	1.00000	0.76703	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-
2014	1.00000	0.00731	0.00035	0.10549	1.00000	0.07284	-	-	-	-	-	-
2015	1.00000	0.66424	0.07848	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-
2016	1.00000	0.00336	0.00014	0.06058	1.00000	0.03874	1.00000	1.00000	-	-	-	-
2017	1.00000	0.03245	0.00195	0.36799	1.00000	0.25885	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-
2018	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.01024	0.76600	0.00502	0.04490	-	-
2019	1.00000	1.00000	0.43690	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-
2020	1.00000	0.14495	0.01176	1.00000	1.00000	0.86085	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.17070	1.00000

P value adjustment method: holm

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: CoxonValBenoit[, 1] and CoxonValBenoit[, 2]

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2012	0.0783	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	0.0014	1.0000	-	-	-	-	-	-	-
2014	1.0000	0.3992	0.0070	-	-	-	-	-	-
2015	1.0000	0.7166	0.0227	1.0000	-	-	-	-	-
2016	1.0000	0.1234	0.0016	1.0000	1.0000	-	-	-	-
2017	1.0000	0.5217	0.0116	1.0000	1.0000	1.0000	-	-	-
2018	0.0028	1.0000	1.0000	0.0147	0.0471	0.0037	0.0241	-	-
2019	1.0000	1.0000	0.3992	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.7002	-
2020	1.0000	0.0093	3.3e-05	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	8.4e-05	0.3400

P value adjustment method: holm

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: CoxonVielsalm[, 1] and CoxonVielsalm[, 2]

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2009	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2011	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	1.00000	0.06006	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-
2014	1.00000	0.00070	0.59553	0.08479	1.00000	0.19814	-	-	-	-	-	-
2015	1.00000	0.06006	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-
2016	0.02697	1.7e-07	0.00732	0.00048	0.58084	0.00133	1.00000	1.00000	-	-	-	-
2017	1.00000	0.00399	1.00000	0.27518	1.00000	0.59553	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-
2018	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.18082	1.00000	0.00430	0.17439	5.2e-06	0.01864	-	-
2019	1.00000	0.35966	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.07445	1.00000	0.71103	-
2020	1.00000	0.00586	1.00000	0.26787	1.00000	0.58084	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.02265	1.00000

P value adjustment method: holm