



ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES LIENS ENTRE ENVIRONNEMENT ET SANTÉ EN RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE

Jonathan ANDRIEUX - Catherine BOULAND - Morgane EGGEN



Observatorium
voor Gezondheid en Welzijn
Brussel



Observatoire
de la Santé et du Social
Bruxelles

ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LES LIENS ENTRE ENVIRONNEMENT ET SANTÉ EN RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE

Étude commanditée par l'Observatoire
de la Santé et du Social de Bruxelles-Capitale

Rédaction :

Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail,
Ecole de Santé Publique, Université Libre de Bruxelles :
Jonathan ANDRIEUX
Catherine BOULAND
Morgane EGGEN

Remerciements et relecture :

Nahima AOUASSAR (OSS)
Sandrine BLADT (Bruxelles Environnement)
Olivier GILLIS (OSS)
Cécile HUARD (OSS)
Elise MENDES DA COSTA (OSS)
Sarah MISSINNE (OSS)
Marie POUPE (Bruxelles Environnement)
Thomas STYNS (Bruxelles Environnement)
Sylvie VANDERSLAGMOLEN (Bruxelles Environnement)

Disclaimer :

Les auteurs sont responsables pour le contenu du rapport et les recommandations faites aux autorités publiques. Les experts externes ont été consultés sur une version (préliminaire) du rapport scientifique. Leurs remarques ont été discutées au cours des réunions. Ils ne sont pas co-auteurs du rapport scientifique. L'Observatoire de la Santé et du Social de Bruxelles-Capitale est le commanditaire du rapport.

Mise en page : Idealogy

Couverture : blvdone / Shutterstock.com

Traduction : Traduction interne (Direction Traduction d'Iriscaire)

Numéro de dépôt : D/2020/9334/53

Pour plus d'informations :

Observatoire de la Santé et du Social de Bruxelles-Capitale
Commission Communautaire Commune
Rue Belliard 71, boîte 1 - 1040 Bruxelles
Tél. : 02 502 60 01

<https://www.ccc-ggc.brussels/fr/observatbru/accueil>

Citation recommandée :

Andrieux J., Eggen M., Bouland C. État des connaissances sur les liens entre environnement et santé en Région de Bruxelles-Capitale. Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail (Ecole de Santé Publique, Université libre de Bruxelles), Observatoire de la Santé et du Social de Bruxelles-Capitale. 2020. Disponible sur :

<https://www.ccc-ggc.brussels/fr/observatbru/accueil>

Deze publicatie bestaat ook in het Nederlands

1.	Introduction	7
1.1.	Références	8
2.	Principaux effets sur la santé de l'exposition aux facteurs environnementaux : certitudes et inquiétudes	9
2.1.	Introduction	9
2.2.	Préambule méthodologique	9
2.3.	Principaux effets sur la santé liés aux expositions environnementales	10
2.3.1.	Mortalité prématurée	12
2.3.2.	Maladies respiratoires et cardiovasculaires	14
2.3.3.	Cancers	14
2.3.4.	Effets sur le système reproducteur	14
2.3.5.	Maladies métaboliques (épigénétiques)	14
2.3.6.	Dysfonctionnement du système endocrinien	15
2.3.7.	Effets neurologiques, neurocomportementaux et santé mentale	15
2.4.	Références	16
3.	Pollution de l'air : rendre visible l'invisible	19
3.1.	Introduction	19
3.2.	Principaux effets sur la santé et mécanismes physiopathologiques	19
3.3.	Situation en Région de Bruxelles-Capitale	21
3.3.1.	Sources de pollution de l'air	21
3.3.2.	Niveaux de concentration en polluants de l'air	22
3.4.	Évaluation du risque pour la santé lié à la pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale	24
3.4.1.	Concept et utilité d'une évaluation des risques sanitaires	24
3.4.2.	Application en Région de Bruxelles-Capitale	25
3.4.3.	Résultats en Région de Bruxelles-Capitale	26
3.4.3.1.	Évaluation de l'impact des PM _{2,5} et du NO ₂ sur la mortalité générale	26
3.4.3.2.	Années de vie perdues attribuables à la pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale	27

3.5. Essentiels à retenir	29
3.6. Références	29
4. Bruit environnemental : des effets sous silence	33
4.1. Introduction	33
4.2. Principaux effets sur la santé et mécanismes physiopathologiques	33
4.2.1. Effets auditifs et non-auditifs du bruit	33
4.2.2. Mécanismes physiopathologiques	35
4.2.3. Charge de la maladie associée à l'exposition au bruit environnemental	36
4.3. Exposition au bruit environnemental : lignes directrices de l'OMS	38
4.4. Situation en Région de Bruxelles-Capitale	39
4.5. Évaluation de l'impact lié au bruit en Région de Bruxelles-Capitale	40
4.5.1. Sources des données et méthode utilisée	40
4.5.2. Évaluation de l'impact de l'exposition au bruit lié au transport routier en RBC	41
4.5.3. Répartition spatiale des impacts liés au bruit dû au transport routier en termes de gêne et de perturbations du sommeil pour l'année 2015	41
4.6. Essentiels à retenir	43
4.7. Références	43
5. Espaces verts : les poumons de la capitale	45
5.1. Introduction	45
5.2. Principaux effets sur la santé et mécanismes physiopathologiques	45
5.2.1. Espaces verts et santé	45
5.2.2. Espaces verts en ville, pollution de l'air, bruit et chaleur	46
5.3. Situation en Région de Bruxelles-Capitale	46
5.4. Essentiels à retenir	50
5.5. Références	50

6.	Activité physique : bouger dans sa ville	53
6.1.	Introduction	53
6.1.1.	Organisation de la ville et activité physique	53
6.2.	Principaux effets sur la santé et mécanismes physiopathologiques	54
6.3.	Situation en Région de Bruxelles-Capitale	55
6.3.1.	Être actif en ville : sédentaires les bruxellois ?	55
6.3.1.1.	Pratique d'une activité physique régulière	55
6.3.1.2.	Comment les travailleurs se rendent-ils au travail à Bruxelles ?	56
6.3.1.3.	L'engouement pour le vélo	58
6.3.1.4.	Et la marche ?	59
6.3.2.	Quand la ville influence nos déplacements : l'accessibilité	59
6.3.3.	Activité physique, pollution de l'air et bruit	60
6.4.	Essentiels à retenir	61
6.5.	Références	61
7.	Autres polluants	63
7.1.	Pollution intérieure	63
7.2.	Produits chimiques	65
7.3.	Métaux lourds	65
7.4.	Champs électromagnétiques	66
7.5.	Essentiels à retenir	68
7.6.	Références	68
8.	Multi-exposition	71
8.1.	Définition et concept d'exposome	71
8.2.	Principaux effets de la multi-exposition sur la santé et mécanismes physiopathologiques	72
8.3.	Exemple d'effet cocktail potentiel : les effets conjoints de la pollution de l'air et du bruit sur la santé de la population bruxelloise	73

8.4. Essentiels à retenir	75
8.5. Références	75
9. Recommandations et conclusion	77
9.1. Principaux enjeux	77
9.2. Accès aux données et futures études	78
9.3. Conclusion : quelle ville pour quelle santé ?	79
9.4. Références	80
10. Glossaire	83
10.1. Pollution de l'air	83
10.2. Bruit environnemental	84
10.3. Références	85
11. Annexes	87
11.1. Annexe 1 : Fiche méthodologique - Évaluation du risque pour la santé lié à la pollution de l'air en RBC	87
11.1.1. Introduction	87
11.1.2. Évaluation de l'exposition de la population à la pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale	87
11.1.3. Estimation du risque pour la santé de l'exposition à la pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale	88
11.1.4. AirQ+, fonctions dose-réponse et niveaux contrefactuels	88
11.1.5. Communication des résultats et des incertitudes liées aux estimations des impacts sur la santé	89
11.1.6. Limites et incertitudes	91
11.1.7. Références	91
11.2. Annexe 2 : Fiche Méthodologique - Évaluation du risque pour la santé lié au bruit environnemental en Région de Bruxelles-Capitale	93
11.2.1. Introduction	93
11.2.2. Évaluation de l'exposition de la population au bruit dû au transport routier en 2015	93

11.2.3. Estimation du risque pour la santé de l'exposition au bruit dû au transport routier en Région de Bruxelles-Capitale	93
11.2.4. Limites et incertitudes	94
11.2.5. Références	94

Liste des abréviations

AFSCA	Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire
AVC	Accident Vasculaire Cérébral
BC	« Black carbon » ou carbone suie
CEM	Champs électromagnétiques
CEM-EBF	Champs électromagnétiques d'extrêmement basse fréquence
CEM-RF	Champs électromagnétiques de radiofréquence
CO	Monoxyde de carbone
COV	Composés organiques volatils
CELINE	Cellule Interrégionale de l'Environnement
CRIPi	Cellule Régionale d'Intervention en Pollution Intérieure
DALY's	« Disability adjusted life years » ou années de vie perdues du fait d'un décès prématuré ou d'une mauvaise santé (DALY's = YLL + YLD)
dB	Décibel
EEA	Agence Européenne de l'Environnement
ERS	Évaluation du risque pour la santé
IC95%	Intervalle de Confiance à 95 %
IM	Infarctus du Myocarde
NO ₂	Dioxyde d'azote
NO _x	Oxydes d'azote
O ₃	Ozone
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OSS	Observatoire de la Santé et du Social de Bruxelles-Capital
PIB	Produit Intérieur Brut
PM	« Particulate Matter » ou matière particulaire
PM _{2,5}	«Particulate Matter» (matière particulaire) de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5µm
QALY	«Quality Adjusted Life Years» ou années de vie en bonne santé
RBC	Région de Bruxelles-Capitale
RR	Risque Relatif
SO ₂	Dioxyde de soufre
STATBEL	Office Belge de Statistique
UE	Union Européenne
YLL	« Years of life lost » ou années de vie perdues du fait d'un décès prématuré
YLD	« Years lost due to disability » ou années de vie perdues suite à une mauvaise santé

01

Introduction

Plus de 50 % de la population mondiale vit désormais en ville et ce pourcentage atteindra près de 70 % en 2050 (1). En Belgique, le nombre de personnes vivant en ville est nettement plus élevé dans la mesure où 98 % de la population belge est citadine (2). Les villes devront s'adapter pour permettre une mobilité efficace tout en garantissant à leurs habitants un environnement sain. L'urbanisation implique de (re)penser la ville (notamment quant à son infrastructure), d'améliorer les conditions de vie, de favoriser un style de vie sain pour les habitants et de faire face aux enjeux climatiques. La ville génère de nombreuses innovations et richesses mais est également source de pollutions, d'expositions environnementales, de maladies et d'habitudes de vie peu saines (3-5). L'organisation actuelle de la mobilité et des voiries de villes, comme en Région de Bruxelles-Capitale (RBC), est loin d'être optimale, avec un impact sur la pollution de l'air, le bruit, le manque d'espaces verts et les comportements qui sont relativement sédentaires (6). A partir de ces constats, reconsidérer les moyens de déplacement et réorganiser l'espace urbain constituent des enjeux clés pour réussir la transition vers une ville durable (6).

L'influence des pollutions environnementales sur la santé commence à être bien documentée à l'échelle internationale mais nous manquons d'une vision globale pour la RBC, tant au niveau des impacts sur la santé et des liens entre ces pollutions, que des enjeux futurs pour la Région.

Dans ce contexte, l'objectif du présent rapport est de passer en revue les effets sur la santé des pollutions environnementales majeures que l'on retrouve en ville. Après avoir résumé les connais-

sances sur les effets sur la santé, nous aborderons successivement les principaux effets liés aux expositions à la pollution de l'air, au bruit environnemental, à l'accès et l'utilisation des espaces verts et à la pratique de l'activité physique en ville. Nous aborderons également les autres pollutions que l'on peut retrouver en ville et les effets de l'exposition combinée à plusieurs polluants.

Après un tour d'horizon des connaissances, les chapitres portant sur la pollution de l'air, le bruit environnemental, la pratique de l'activité physique en ville et les espaces verts exposent l'état de la situation en RBC par rapport au polluant ou au facteur environnemental considéré, ses effets sur la santé humaine et éventuellement le coût que ces expositions représentent pour la société. Les chapitres traitant des principaux effets sur la santé, des autres pollutions et de la multi-exposition ne comportent pas d'informations quantifiées concernant la situation en RBC, étant donné l'absence de données bruxelloises.

Ce travail se veut informatif sur les liens entre les facteurs environnementaux et l'état de santé dans la capitale, c'est-à-dire l'état de la santé environnementale, et s'adresse à tous les acteurs impliqués, de près ou de loin, dans le domaine de la santé, dont les acteurs concernés par la prise de décision politique à quelque échelle que ce soit. Il se présente comme un outil mettant en lumière la situation actuelle pour la Région bruxelloise. Les sources utilisées pour réaliser ce travail sont diverses : la littérature scientifique récente pour les parties explicatives, les données de santé et d'environnement disponibles auprès des administrations publiques et les résultats issus d'autres rapports récents.

Ce document ne se prétend pas exhaustif, les thématiques traitées ont été choisies selon leur niveau d'importance, en termes d'effets sur la santé mais aussi d'impacts sur l'environnement urbain. Pour certains sujets, le manque de données pour la RBC et l'absence de consensus dans la littérature scientifique n'ont pas permis de couvrir l'ensemble du thème abordé. La pollution atmosphérique et le bruit faisant partie des nuisances environnementales les plus importantes en termes d'impacts sur la santé humaine en Europe (4,5), ces deux thématiques sont plus approfondies que les autres dans ce rapport.

En focalisant l'information sur les effets de paramètres environnementaux sur la santé, ce rapport se veut complémentaire aux autres publications de l'Observatoire de la Santé et du Social de Bruxelles-Capitale. Celles-ci sont disponibles en version électronique sur le portail de l'Observatoire¹.

1.1. Références

1. United Nations. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. 2018 [consulté le 9 mai 2019]. 2p. Disponible : <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>
2. The World Bank. World Development Indicators : Urbanization. 2017 [consulté le 26 mars 2019]. Disponible : <http://wdi.worldbank.org/table/3.12>
3. Bettencourt LM, Lobo J, Helbing D, Kühnert C, West GB. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. Proc Natl Acad Sci USA. 24 avril 2007 ; 104 (17) : 7301-6.
4. Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, Peters A, Ostro B, Brunekreef B, et al. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. Environ Heal. 28 décembre 2013 ; 12 (1) : 43.
5. World Health Organisation (WHO). Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. 2011 [consulté le 9 mai 2019]. Disponible : www.euro.who.int
6. Nieuwenhuijsen MJ. Urban and transport planning, environmental exposures and health-new concepts, methods and tools to improve health in cities. Environ Health. 8 mars 2016 ; 15 (S1) : S38. 2.1. Introduction

1. <https://www.ccc-ggc.brussels/fr/observatbru/accueil>

Principaux effets sur la santé de l'exposition aux facteurs environnementaux : certitudes et inquiétudes

2.1. Introduction

Ce chapitre fait la synthèse des connaissances sur les effets sur la santé liés à l'exposition aux facteurs environnementaux. Nous aborderons successivement ces effets sur le risque de mortalité et sur la prévalence de certaines pathologies, symptômes et dysfonctionnements. Il convient cependant de garder en mémoire que les expositions aux paramètres environnementaux ne conduisent pas uniquement à des effets négatifs sur la santé.

Le chapitre s'articule en une mise en contexte global du sujet, après un court préambule méthodologique. Il détaille les impacts de différents facteurs environnementaux sur la mortalité prématurée, les maladies respiratoires et cardio-vasculaires, les cancers, le système reproducteur, les maladies métaboliques, dont les plus connues sont le diabète et l'obésité, les dysfonctionnements du système endocrinien, et les troubles neurologiques, neurocomportementaux et de santé mentale. Pour chaque partie, sont précisés l'ampleur du problème et les paramètres environnementaux qui y contribuent.

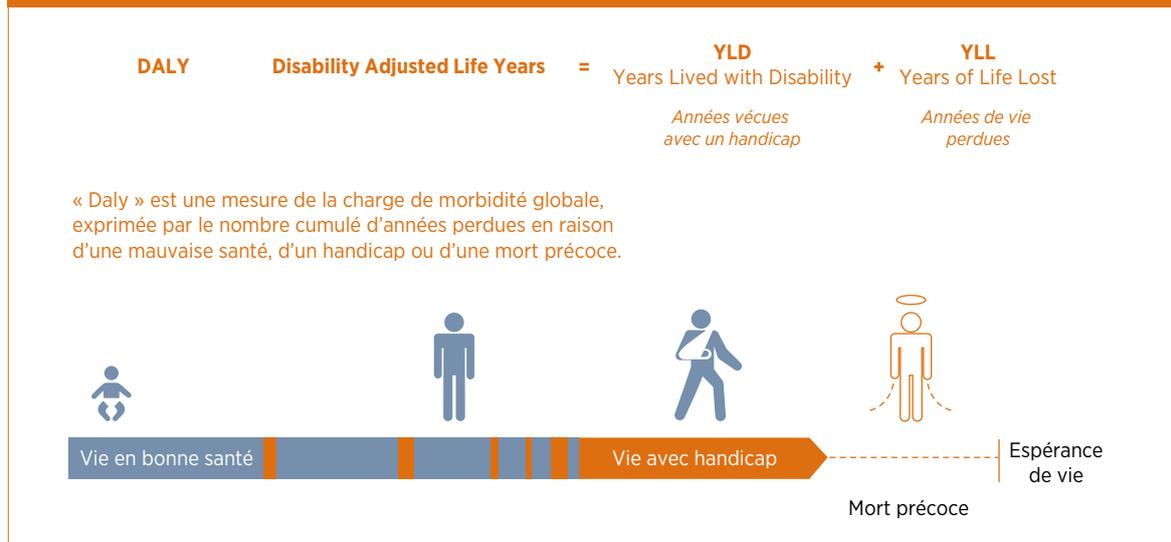
L'objectif de ce chapitre est double : d'une part, de faire l'état des connaissances scientifiques en 2019 et, d'autre part, de démontrer que les liens entre la santé et l'exposition aux facteurs environnementaux sont complexes.

Les problèmes de santé sont liés à différents paramètres environnementaux et agir sur un seul paramètre ne conduit à une amélioration que dans certains cas très spécifiques, tels l'intoxication au monoxyde de carbone (le tueur silencieux) ou le mésothéliome lié à l'exposition à l'amiante. Dans la plupart des situations d'exposition environnementale, un paramètre ou un polluant peut conduire ou contribuer à plusieurs effets sur la santé et cela via différents mécanismes. Une même maladie ou un même symptôme peuvent être la conséquence de l'exposition à plusieurs facteurs environnementaux.

2.2. Préambule méthodologique

Les impacts sur la santé sont classiquement exprimés en termes de morbidité ou de mortalité. La morbidité correspond à la présence de maladies au sein de la population (ex : bronchite, asthme, diabète, etc.), et peut être exprimée en années de vie perdues suite à une mauvaise santé (« Years lost due to disability » ou YLD). On peut également exprimer les impacts sur la santé en termes d'années de vie perdue du fait d'un décès prématuré (« Years of life lost » ou YLL) (1) (voir figure 2.01). Un décès est considéré comme prématuré lorsqu'il survient avant l'âge correspondant à l'espérance de vie attendue.

Figure 2-01. Illustration des notions d'années de vie perdue – suite à un décès prématuré ou à une mauvaise santé (CC BY-SA 3.0).



Les années de vie perdues du fait d'un décès prématuré (YLL) combinées aux années de vie perdues suite à une mauvaise santé (YLD) permettent de calculer le nombre de DALY (« disability adjusted life years », soit le nombre d'années de vie perdues – suite à un décès prématuré ou à une mauvaise santé) ; et dès lors d'évaluer l'espérance de vie en bonne santé. L'utilisation des DALY permet de comparer facilement les impacts de différents facteurs de risque environnementaux au sein d'une même population. Une YLL est équivalente à un DALY.

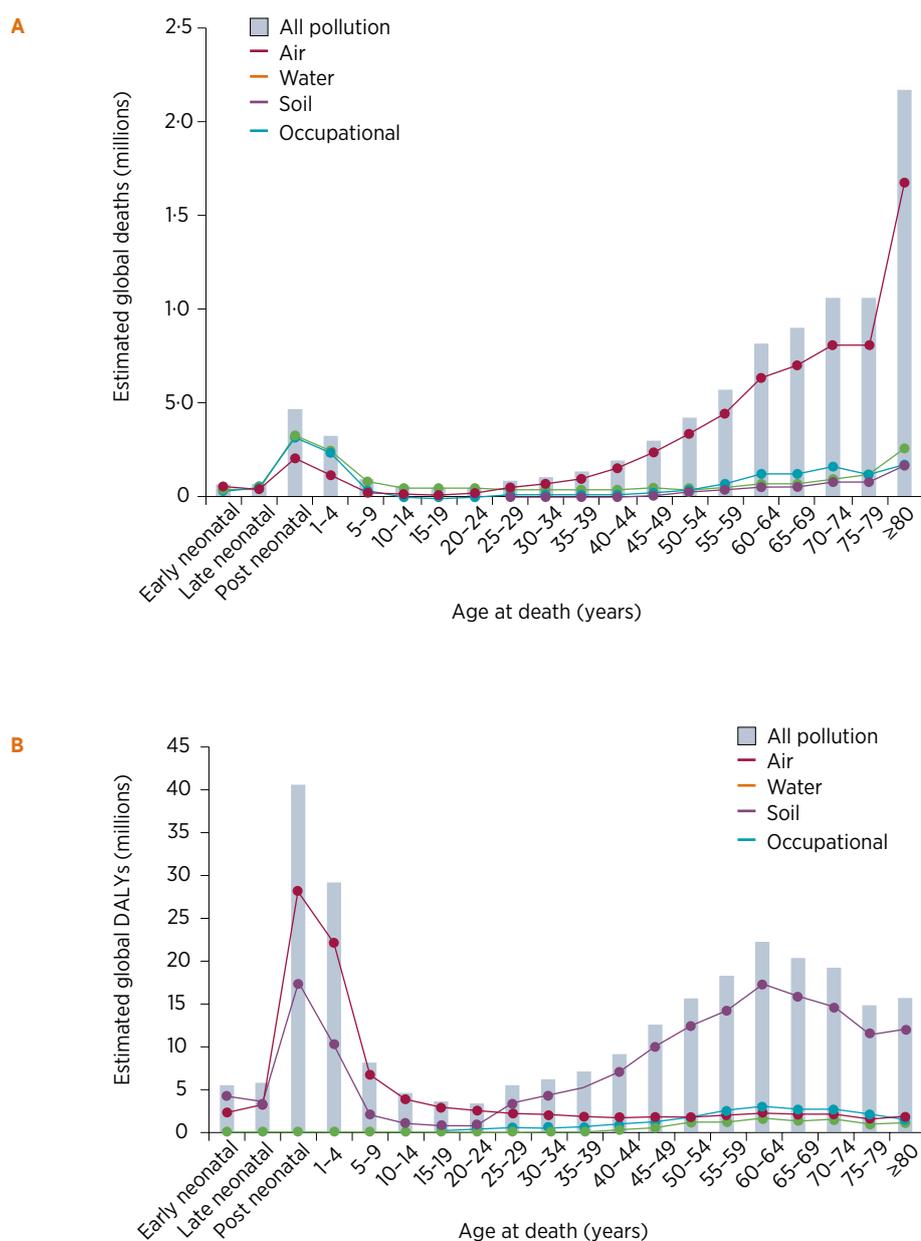
2.3. Principaux effets sur la santé liés aux expositions environnementales

Malgré une augmentation continue de l'espérance de vie dans les pays de l'Organisation de Coopération et de Développement économiques (OCDE) avec une moyenne de près de 80 ans à la naissance dans les 35 pays étudiés (2,3), de nombreuses études montrent l'impact négatif sur la santé d'une grande diversité d'expositions environnementales (4,5). Maladies cardio-vasculaires et respiratoires, cancers, mortalité prématurée et réduction de l'espérance de vie en sont les principaux effets pour lesquels une relation

causale et une relation dose-réponse sont disponibles pour certains polluants et utilisables pour une quantification, pour des populations européennes (4,6). La pollution coûte cher en termes de santé, de réduction de la productivité et de bien-être et les villes, en particulier dans les pays industrialisés, sont sévèrement affectées par celle-ci (7). Toutes les régions du monde sont concernées, mais toutes n'en subissent pas les conséquences avec la même ampleur. Les pays qui comptent parmi les plus pauvres sont davantage touchés. Par ailleurs, où qu'ils vivent, les groupes économiquement défavorisés, les enfants et les personnes âgées (voir figure 2-02), sont identifiés comme les plus vulnérables.

En effet, la figure 2-02 montre que le risque de décès en lien avec la pollution augmente avec l'âge, avec un pic de mortalité chez les enfants de moins d'un an. Par ailleurs, lorsque les chiffres sont exprimés en DALY, les deux groupes les plus vulnérables ressortent clairement : les jeunes enfants et les personnes âgées, les premiers étant plus fragiles vis-à-vis de la pollution atmosphérique. Chez les enfants de moins de 5 ans, les plus vulnérables à ces paramètres, près de 26 % de la mortalité pourrait être évitée avec une intervention sur un ou plusieurs polluants (6).

Figure 2-02. Expression de l'impact des expositions aux polluants de l'air, de l'eau, du sol et du milieu du travail en fonction de l'âge en termes de mortalité estimée (a) et DALYs (b).



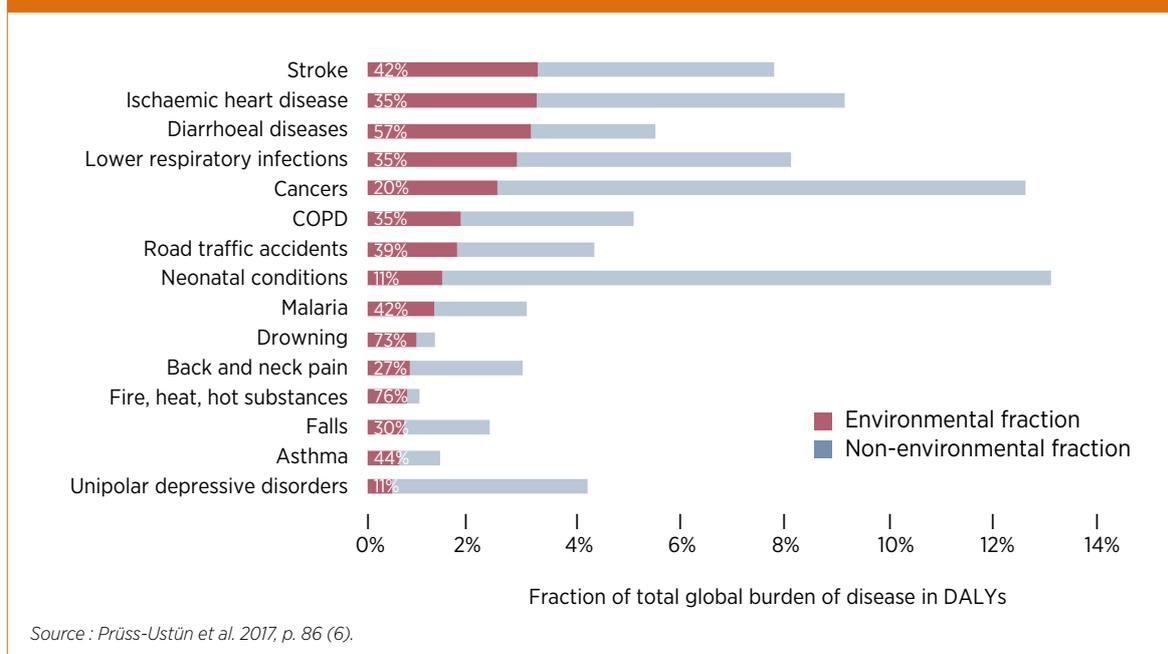
Source : Landrigan et al. 2017, p. 15 (4).

Si le tabagisme, la consommation d'alcool, l'obésité ainsi que les inégalités socio-économiques sont souvent cités comme étant les principaux facteurs de risque de mauvaise santé, la pollution de l'air n'est pas à négliger. La pollution atmosphérique, première nuisance environnementale, est une des causes de la mortalité prématurée, du cancer du poumon, de maladies respiratoires, de maladies cardiovasculaires et du faible poids des nourrissons à la naissance. D'autres effets commencent à être documentés tels que des dysfonctionnements métaboliques ou endocriniens et des dysfonctionnements cognitifs chez les

plus jeunes, pouvant conduire à des retards d'apprentissage ou encore à une démence précoce chez les plus âgés (8). Le bruit environnemental intervient comme étant la seconde nuisance sur la santé humaine.

La figure 2-03 montre pour différentes affections la part attribuée directement aux facteurs environnementaux en termes de contribution causale. Par exemple, les accidents vasculaires cérébraux - AVC (contribuant pour 8 % au nombre de DALY globaux) seraient pour 42 % directement liés à des facteurs environnementaux. Une améliora-

Figure 2-03. Maladies dont l'environnement présente la contribution causale la plus importante.



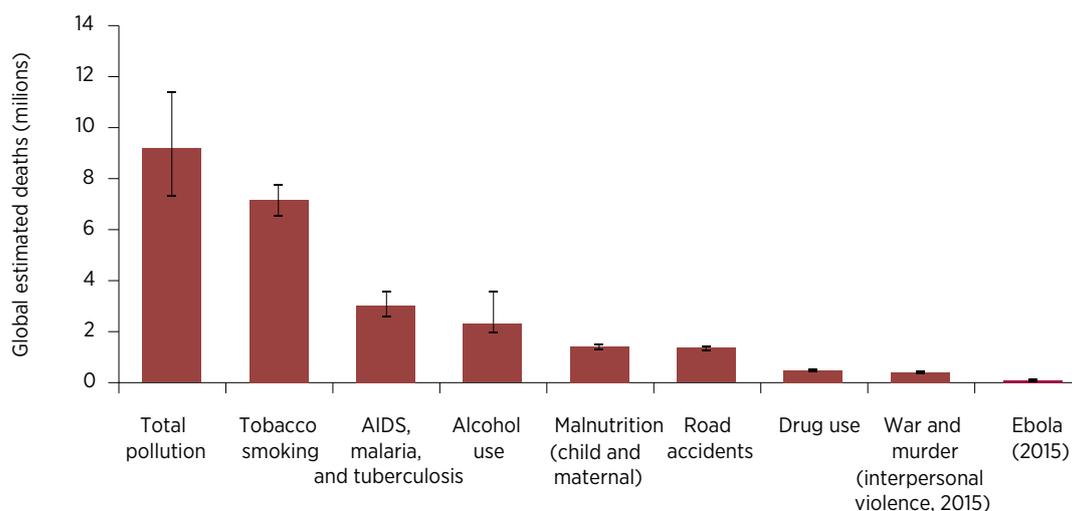
tion des conditions environnementales et une réduction de la pollution et des émissions néfastes représentent en conséquence des mesures très efficaces en vue d'améliorer les conditions de vie et l'état de santé de la population (6).

La compréhension des mécanismes d'intervention des polluants et d'autres paramètres liés à l'environnement a fait émerger l'hypothèse selon laquelle l'exposition prénatale et périnatale à des facteurs environnementaux (DOHaD = Developmental Origins of Health and Disease) et l'exposition à des moments de vie de plus grandes vulnérabilités (fenêtres de sensibilité critique) sont indissociables du développement de problèmes de santé. Cette hypothèse conduit à prendre en compte l'exposition environnementale tout au long de la vie (9,10). En effet, des expositions nocives avant la naissance peuvent influencer la santé à l'âge adulte.

2.3.1. Mortalité prématurée

La mortalité liée à l'environnement correspond à 23 % de la mortalité mondiale totale (6). La pollution sous toutes ses formes est la cause environnementale principale de mortalité prématurée et de maladies dans le monde (voir figure 2-04) (4). Le terme « pollution » est dans ce cadre défini au sens large : il inclut aussi bien la pollution de l'air, de l'eau, du sol et par les déchets, que les substances chimiques retrouvées dans l'alimentation. Il est à noter que ces données sont largement sous-estimées, dans la mesure où elles se basent sur des données modélisées et non sur des enregistrements contrôlés des admissions hospitalières par exemple.

Figure 2-04. Répartition des causes et facteurs de risque selon l'importance de l'impact sur la mortalité (estimation de la mortalité attribuable).

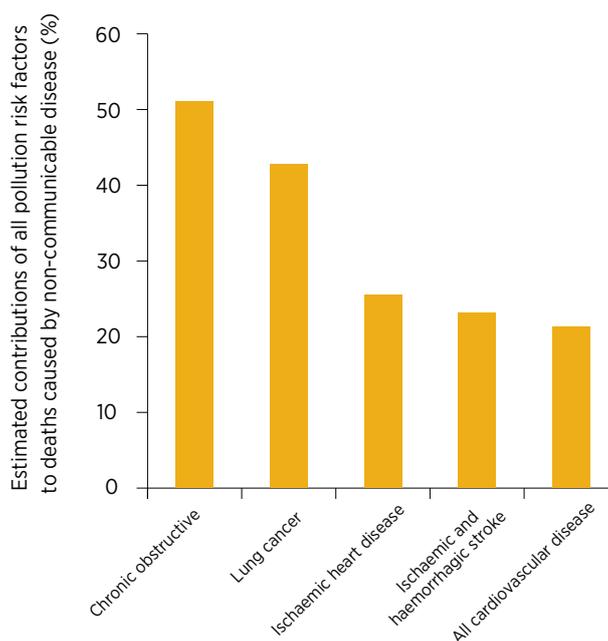


Source : Landrigan et al. 2017, p. 12 (4).

Les paramètres environnementaux qui contribuent à la mortalité prématurée comprennent en particulier les polluants de l'air intérieur et extérieur, les substances chimiques transportées par les particules en suspension dans l'air ou véhiculées par l'alimentation et les nuisances sonores. Les polluants de l'air sont présents aussi bien dans l'air à l'intérieur des logements, des écoles, des crèches, des bureaux et des lieux accessibles au public que dans l'air extérieur, par le biais des particules fines et ultrafines.

Les maladies chroniques pulmonaires obstructives (« Chronic obstructive pulmonary disease ») rendent les personnes qui en souffrent très sensibles à l'environnement au sens large : au niveau mondial, les facteurs environnementaux contribuent pour un peu plus de 50 % des décès des personnes souffrant de maladies chroniques pulmonaires obstructives (Figure 2-05).

Figure 2-05. Répartition des maladies liées à la pollution totale selon l'importance en termes de mortalité causée par des maladies non-transmissibles.



Source : Landrigan et al. 2017, p.13 (4).

2.3.2. Maladies respiratoires et cardiovasculaires

Parmi les paramètres environnementaux pouvant être à la source de maladies respiratoires et cardio-vasculaires, se retrouvent des polluants atmosphériques (particules fines $PM_{2,5}$, oxydes d'azote, ozone, black carbon), le bruit, le monoxyde de carbone, divers métaux lourds (plomb, arsenic, cadmium, mercure), sans parler du tabagisme passif et des nombreuses substances chimiques adsorbées sur les particules fines (6).

Les maladies cardio-vasculaires et les maladies respiratoires présentent des causes environnementales communes et distinctes, selon les pathologies. AVC, hypertension, troubles du rythme cardiaque, asthme et bronchopathies chroniques trouvent leurs causes environnementales dans des expositions aux polluants atmosphériques et au bruit. Détresse respiratoire, toux et déclin de la fonction respiratoire peuvent quant à eux être associés à des expositions aux polluants atmosphériques seuls. Les allergies respiratoires sont déclenchées en présence d'aéro-allergènes et s'ajoutent aux effets toxiques et aux effets inflammatoires locaux et systémiques (4,6).

La pollution intérieure contribue également aux pathologies cardio-respiratoires. Elle rend plus sensibles aux infections respiratoires ainsi que dans le développement et l'exacerbation de l'asthme (6).

Le trafic automobile combine l'émission de polluants atmosphériques et de nuisances sonores qui ensemble conduisent à une amplification des effets cardio-respiratoires (11). Le chauffage conduit à l'émission de polluants atmosphériques. Les industries peuvent émettre des polluants atmosphériques et du bruit et l'agriculture contribue également à la pollution atmosphérique.

2.3.3. Cancers

Un tiers des causes de cancer est lié à des prédispositions génétiques et à des expositions environnementales. Les causes environnementales de cancers sont multiples et sont liées à la qualité de l'air extérieur et intérieur, l'alimentation, le stress, la présence de perturbateurs endocriniens, de substances chimiques et l'exposition aux ondes et aux radiations.

Par ailleurs, différents facteurs liés au mode de vie (tabac, alcool, régime alimentaire, comportement reproducteur, etc.) et aux aspects génétiques et

hormonaux accroissent aussi le risque de cancer (4). L'obésité, par exemple, contribue à plus de treize types de cancer et le style de vie intervient en proportion importante comme facteur aggravant. Eviter de fumer, limiter sa consommation d'alcool, pratiquer de l'exercice physique régulièrement et éviter les rayonnements ultraviolets sont autant de comportements qui permettraient de réduire de 85 % l'apparition de nouveaux cas de cancers tels que les cancers du poumon et les mélanomes (12).

La prévention est le maître mot lorsqu'il s'agit de cancer. Environ 40 % des cas de cancers pourraient être évités par la prévention en Europe (12).

2.3.4. Effets sur le système reproducteur

Les effets sur le système reproducteur concernent des troubles de la reproduction (qualité du sperme, fertilité et fécondité, avortements spontanés, sexe ratio, malformations du système reproducteur masculin et féminin, endométriose, puberté précoce, raccourcissement de la lactation), de la prématurité, un petit poids de naissance et un faible âge gestationnel (4,6).

Différentes études associent l'exposition à des polluants atmosphériques et des effets sur la reproduction et sur la naissance. Elles associent également ces effets avec l'exposition au bruit et le nonaccès aux espaces verts (en lien avec la pratique d'une activité physique régulière) (13-17). Par ailleurs, la prématurité est plus importante chez les femmes asthmatiques et diabétiques exposées à la pollution liée au trafic (18).

2.3.5. Maladies métaboliques (épigénétiques)

Des études récentes confirment la contribution des expositions environnementales au développement et à l'exacerbation de troubles métaboliques dont le diabète et l'obésité ont été les plus étudiés (4). Les principaux suspects se retrouvent dans l'air et l'alimentation par la présence de substances chimiques et de perturbateurs endocriniens. D'autres études associent des expositions prénatales et durant les premiers mois de vie aux polluants atmosphériques à une augmentation du risque de diabète de type 1 (19-21). D'autres études encore suggèrent que la pollution de l'air augmente le risque d'obésité infantile par un mécanisme d'inflammation et par la perturbation de l'expression des gènes (22).

2.3.6. Dysfonctionnement du système endocrinien

Les perturbations et dysfonctionnements du système endocrinien liés aux expositions environnementales se traduisent par des troubles de la reproduction, des troubles neurocomportementaux, une atteinte du système immunitaire, la perturbation de la production d'hormones de croissance, d'insuline, d'hormones adéno-corticales et des cancers hormono-dépendants, mais aussi par une mortalité précoce (4). Les impacts les plus inquiétants se situent au niveau du système nerveux et des comportements (23). Les perturbateurs endocriniens agissent en imitant l'action d'hormones naturelles, en déclenchant des réactions chimiques similaires dans l'organisme, en bloquant les récepteurs des cellules recevant les hormones, empêchant ainsi l'action des hormones naturelles, et en agissant sur la synthèse, le transport, le métabolisme et l'excrétion des hormones, modifiant ainsi les concentrations d'hormones naturelles.

Les substances responsables se retrouvent parmi les pesticides, les plastifiants, les retardateurs de flamme, les additifs, ou les résidus de processus industriels. Elles peuvent être véhiculées par l'air, adsorbées sur les particules, mais aussi par l'eau et les aliments. Le bruit intervient dans la susceptibilité aux perturbations du système endocrinien via l'augmentation de la sécrétion d'hormones de stress (24-26).

2.3.7. Effets neurologiques, neurocomportementaux et santé mentale

Diverses substances toxiques se trouvant dans l'environnement ont des effets sur le système nerveux et peuvent endommager le cerveau mais aussi son développement, entraînant un risque accru d'autisme, d'hyperactivité comportementale ou encore un déficit développemental (4,27). De nombreuses substances sont incriminées mais seules quelques-unes d'entre-elles ont été investiguées. Parmi ces dernières se trouvent le plomb, l'arsenic, le mercure, certains pesticides et certains solvants. Les particules les plus fines et les nanoparticules ont la capacité de traverser la barrière hémato-encéphalique et ainsi induire un stress oxydatif dans le cerveau et dans l'ensemble du corps. Ces effets ont été associés à des expositions in utero mais aussi pendant l'enfance, pouvant causer un potentiel retard d'apprentissage, des troubles comportementaux et une diminution des performances cognitives chez les enfants plus âgés (8,28-30) et une tendance au suicide chez les adolescents (31). Chez les personnes plus âgées, un déclin cognitif et une démence ont été associés à l'exposition aux polluants issus du trafic (32). Le bruit n'est pas en reste dans la diminution des performances cognitives et le retard d'apprentissage puisqu'il peut accélérer et intensifier le développement de désordres mentaux tels que la dépression ou l'anxiété.



2.4. Références

- De Leeuw F, Horálek J. Quantifying the health impacts of ambient air pollution: methodology and input data. European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM). Bilthoven, Pays-Bas : ETC/ACM ; 18 Janvier 2017 [consulté le 16 septembre 2019]. 21p. Disponible : https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2016_5_aq_hia_methodology
- OCDE. Panorama de la santé 2017 : Les indicateurs de l'OCDE. Éditions OCDE. Paris : OCDE ; 2017 [consulté le 16 septembre 2019]. 226p. Disponible : https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/health_glance-2017-fr.pdf?expires=1575645521&id=id&accname=guest&checksum=ABA6679485691BC2E5CBF2E-CE2E33EDB
- WHO. Don't pollute my future! The impact of the environment on children's health. Genève, Suisse : World Health Organization ; 2017 [consulté le 16 septembre 2019]. 33p. Disponible : <https://apps.who.int/iris/handle/10665/254678>
- Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adeyi O, Arnold R, Basu N. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet*. 19 octobre 2017 ; 391 : 462-512.
- WHO. Environmental Health Inequalities in Europe: Second Assessment Report. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe ; 2019 [consulté le 16 septembre 2019]. 164p. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/404640/WHO-report-SUMMARY-ENG-WEB.pdf?ua=1
- Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Bos B, Neira M. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Genève : WHO ; 2016 [consulté le 16 septembre 2019]. 176p. Disponible : https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf?sequence=1
- European Commission. Science for Environment Policy: What are the health costs of environmental pollution? Future brief. Luxembourg : European Union ; 2018 [consulté le 16 septembre 2019]. 60p. Disponible : <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>
- Clifford A, Lang L, Chen R, Anstey KJ, Seaton A. Exposure to air pollution and cognitive functioning across the life course - A systematic literature review. *Environ Res*. Mai 2016 ; 147 : 383-98.
- Birnbaum LS, Miller MF. Prenatal Programming and Toxicity (PPTOX) Introduction. *Endocrinology*. 1^{er} Octobre 2015 ; 156 (10) : 3405-7.
- Heindel JJ, Balbus J, Birnbaum L, Brune-Drisse MN, Grandjean P, Gray K, et al. Developmental Origins of Health and Disease: Integrating Environmental Influences. *Endocrinology*. Octobre 2015.
- Dorans KS, Wilker EH, Li W, Rice MB, Ljungman PL, Schwartz J, et al. Residential Proximity to Major Roads, Exposure to Fine Particulate Matter, and Coronary Artery Calcium: The Framingham Heart Study, a cohort study. *BMJ Open*. 16 mars 2017 ; 7 (3) : e013455.
- Wild CP, Espina C, Bauld L, Bonanni B, Brenner H, Brown K. Cancer Prevention Europe, *Mol Oncol*. Mars 2019 ; 13 (3) : 528-534.
- Dadvand P, Parker J, Bell ML, Bonzini M, Brauer M, Darrow LA, et al. Maternal exposure to particulate air pollution and term birth weight: a multi-country evaluation of effect and heterogeneity. *Environ Health Perspect*. Mars 2013 ; 121 (3) : 267-373.
- Shah PS, Balkhair T, Knowledge Synthesis Group on Determinants of Preterm/LBW births. Air pollution and birth outcomes: A systematic review. *Environ Int*. Février 2011 ; 37 (2) 498-516.
- Stieb DM, Chen L, Eshoul M, Judek S. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: a systematic review and meta-analysis. *Environ Res*. Août 2012 ; 117 : 100-111.
- Li X, Huang S, Jiao A, Yang X, Yun J, Wang Y, et al. Association between ambient fine particulate matter and preterm birth or term low birth weight: An updated systematic review and meta-analysis. *Environ Pollut*. Août 2017 ; 227 : 596-605.
- Abraham E, Rousseaux S, Agier L, Giorgis-Allemand L, Tost J, Galigneu J, et al. Pregnancy exposure to atmospheric pollution and meteorological conditions and placental DNA methylation. *Environ Int*. Septembre 2018 ; 118 : 334-347.
- Lavigne E, Yasseen AS, Stieb DM, Hystad P, van Donkelaar A, Martin RV, et al. Ambient air pollution and adverse birth outcomes: Differences by maternal comorbidities. *Environ Res*. Juillet 2016 ; 148 : 457-466.
- Hathout EH, Beeson WL, Ischander M, Rao R, Mace JW. Air pollution and type 1 diabetes in children. *Pediatr Diabetes*. Avril 2006 ; 7 (2) : 81-87.
- Malmqvist E, Larsson HE, Jönsson I, Rignell-Hydbom A, Ivarsson SA, Tinneberg H, et al. Maternal exposure to air pollution and type 1 diabetes - Accounting for genetic factors. *Environ Res*. Juillet 2015 ; 140 : 268-274.
- Wolf K, Popp A, Schneider A, Breitner S, Hampel R, Rathmann W, et al. Association Between Long-Term Exposure to Air Pollution and Biomarkers Related to Insulin Resistance, Subclinical Inflammation and Adipokines. *Diabetes*. Novembre 2016 ; 65 (11) : 3314-3326.

22. Wei Y, Zhang JJ, Li Z, Gow A, Chung KF, Hu M, et al. Chronic exposure to air pollution particles increases the risk of obesity and metabolic syndrome: findings from a natural experiment in Beijing. *FASEB J*. Juin 2016 ; 30 (6) : 2115-22.
23. Trasande L, Zoeller TR, Hass U, Kortenkamp A, Grandjean P, Peterson Myers J, et al. Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union. *J Clin Endocrinol Metab*. Avril 2015 ; 100 (4) : 1245-55.
24. World Health Organisation. Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. 2011 [consulté le 9 mai 2019]. Disponible : www.euro.who.int
25. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health. *Int J Environ Res Public Health*. 29 octobre 2018 ; 15 (11) : 2400.
26. Van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *Int J Environ Res Public Health*. 22 février 2018 ; 15 (2) : 379.
27. Grandjean P, Landrigan PJ. Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *Lancet Neurol*. Mars 2014 ; 13 (3) : 330-8.
28. Sunyer J, Esnaola M, Alvarez-Pedrerol M, Forn J, Rivas I, Lopez-Vicente M, et al. Association between traffic-related air pollution in schools and cognitive development in primary school children: a prospective cohort study. *PLoS Med*. 3 mars 2015 ; 12 (3) : e1001792.
29. Saenen ND, Provost EB, Viaene MK, Vanpoucke C, Lefebvre W, Vrijens K, et al. Recent versus chronic exposure to particulate matter air pollution in association with neurobehavioral performance in a panel study of primary schoolchildren. *Environ Int*. Octobre 2016 ; 95 : 112-119.
30. Alemany S, Vilor-Tejedor N, Garcia-Esteban R, Bustamante M, Dadvand P, Esnaola M, et al. Traffic-related air pollution, APOE ϵ 4 status, and neurodevelopmental outcomes among school children enrolled in the BREATHE project (Catalonia, Spain). *Environ Health Perspect*. 2 Août 2018 ; 126 (8) 087001.
31. Casas L, Cox B, Bauwelinck M, Nemery B, Deboosere P, Nawrot TS. Does air pollution trigger suicide? A case-crossover analysis of suicide deaths over the life span. *Eur J Epidemiol*. Novembre 2017 ; 32 (11) : 973-981.
32. Chen SY, Chan CC, Su TC. Particulate and gaseous pollutants on inflammation, thrombosis, and autonomic imbalance in subjects at risk for cardiovascular disease. *Environ Pollut*. Avril 2017 ; 223 : 403-408.

Pollution de l'air : rendre visible l'invisible

3.1. Introduction

La pollution de l'air est, au niveau mondial, le premier facteur de risque environnemental pour la santé humaine et est, en Europe, responsable de plus de 500 000 décès prématurés par an (1,2). La pollution de l'air se définit comme la présence d'une ou de plusieurs substances dans l'air à une concentration ou pendant une durée supérieure à leurs niveaux naturels, et qui a le potentiel de produire un effet nocif (3). Elle forme un mélange complexe, dont la composition varie fortement dans le temps et dans l'espace, et qui engendre de nombreux effets à court et à long terme sur notre santé. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), les principaux polluants d'intérêt pour notre santé sont les matières particulaires (PM), le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone troposphérique (O₃), le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de soufre (SO₂) (4). Les principaux polluants d'intérêt en RBC, compte tenu de leurs niveaux de concentration actuels et de leurs impacts sur la santé, sont les particules fines (PM_{2,5}), le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃)².

Dans ce chapitre, nous passons en revue les principaux effets sur la santé, liés à l'exposition aux polluants de l'air en RBC. Nous présentons les résultats de notre étude d'impact de la pollution aux particules fines (PM_{2,5}) et au dioxyde d'azote (NO₂) sur la mortalité de la population Bruxelloise en 2015. Nous exprimons également les gains, en termes sanitaires et économiques, associés à différents scénarios de réduction de la concentration en polluants de l'air en RBC.

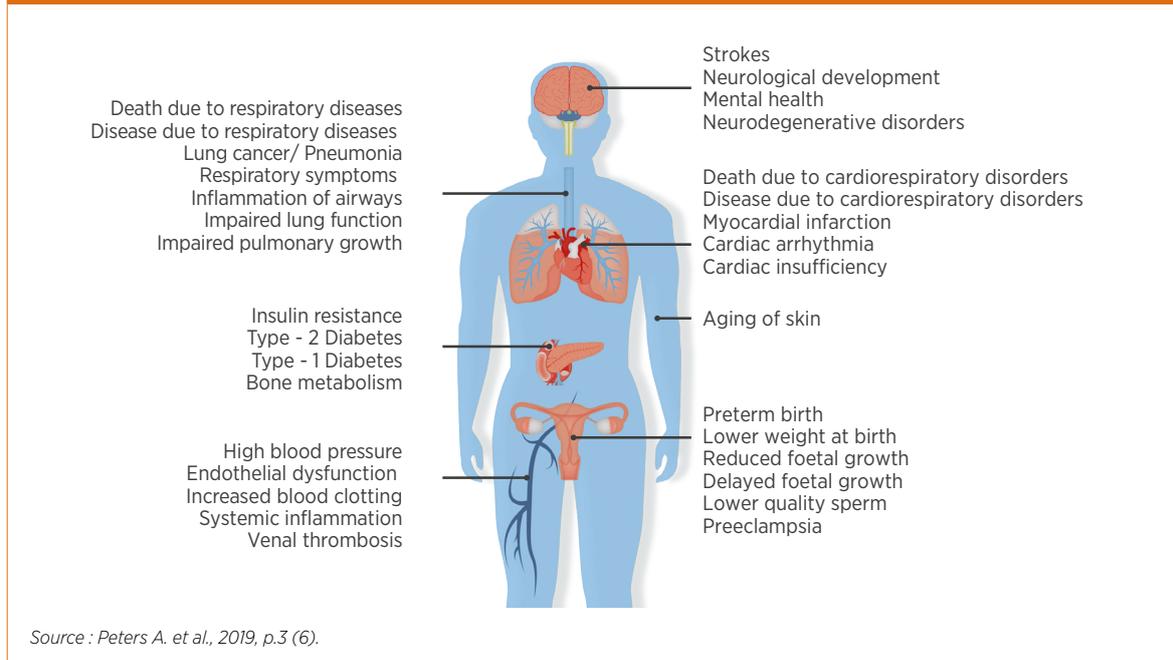
L'ozone (O₃) n'a pas été inclus dans nos analyses car il s'agit d'un polluant secondaire pour lequel il n'est pas possible d'influencer directement la formation. Nous n'avons également pas repris dans ce rapport le carbone suie ou « black carbon » (BC), qui est un indicateur de la pollution atmosphérique liée aux déchets de combustion. Il tire son nom de son procédé de mesure optique basé sur la transmission de la lumière à travers un filtre à particules. Le BC n'est pas repris dans ce rapport car il fait partie des particules fines et différencier les effets du BC sur la santé de ceux liés à l'exposition aux PM_{2,5} est un exercice complexe (5). Il s'agit néanmoins d'un indicateur de pollution intéressant à utiliser au niveau local afin d'évaluer l'exposition de la population aux particules fines issues de processus de combustion tels que ceux provenant du trafic routier.

3.2. Principaux effets sur la santé et mécanismes physiopathologiques

La pollution de l'air forme un mélange complexe qui a de nombreux effets à court et à long terme sur notre santé. Ces effets vont du simple éternuement au décès prématuré et ont été étudiés de manière extensive ces vingt dernières années. Plus de 71 000 études ont ainsi été publiées sur le sujet et les effets identifiés de la pollution de l'air sur notre santé dépassent largement les seuls effets respiratoires ou cardiovasculaires identifiés précédemment (6). Les principaux effets sur la santé étudiés dans les études épidémiologiques populationnelles sont synthétisés dans la figure 3-01.

2. Voir *Glossaire* pour plus d'information sur les principaux polluants d'intérêt en RBC.

Figure 3-01. Principaux effets liés à l'exposition à la pollution de l'air observés dans les études épidémiologiques populationnelles.



Différents mécanismes permettent d'expliquer les nombreuses associations documentées dans la littérature scientifique entre exposition à la pollution de l'air et effets sur la santé. Ces mécanismes diffèrent légèrement en fonction du polluant considéré. Ainsi, l'ozone (O_3) et les oxydes d'azote (NO_x) sont connus comme étant des gaz irritants pour nos voies respiratoires. Ces gaz stimulent les neurorécepteurs présents dans nos voies respiratoires et provoquent différents symptômes comme de la toux ou une bronchoconstriction. Ils peuvent également provoquer une réaction inflammatoire ou allergique. A court terme, l'intensité des symptômes dépend du niveau de concentration du polluant considéré. A long terme, l'exposition répétée à ces polluants produit un stress oxydatif chronique au niveau de nos cellules pulmonaires. Ce stress oxydatif engendre une réponse inflammatoire locale et également systémique qui semble jouer un rôle important dans le développement de maladies chroniques (7).

La toxicité des particules fines est quant à elle directement liée à leur taille. En effet, plus une particule est petite, plus elle pourra s'enfoncer profondément dans notre appareil respiratoire.

Les particules les plus grosses ($> PM_{10}$) sont en grande partie arrêtées par les cils et muqueuses de nos voies respiratoires supérieures (nez, gorge) et sont relativement peu toxiques. Les PM_{10} , $PM_{2,5}$ et $PM_{0,1}$ pénètrent quant à elles plus

profondément dans notre appareil respiratoire et sont capables, pour les plus petites d'entre elles, d'arriver dans nos tissus ou de passer directement dans notre sang via les alvéoles pulmonaires. Ce mécanisme est appelé translocation. La translocation de particules dans notre circulation sanguine est susceptible de provoquer des troubles de la coagulation, de favoriser le développement d'athérosclérose, de perturber l'activité électrique du cœur, d'augmenter le rythme cardiaque et la tension artérielle et de provoquer une vasoconstriction artérielle, ensemble de facteurs favorisant le développement à court ou à long terme de maladies cardiovasculaires (9). La présence de PM dans notre organisme est également suspectée d'altérer la circulation du placenta, ce qui provoquerait un risque accru d'accouchements prématurés, de retards de croissance ou de petits poids de naissance chez le nouveau-né (10,11). Au niveau neurologique, l'exposition aux PM a été associée à une augmentation du risque d'accident vasculaire cérébral (AVC), à des troubles de l'attention chez l'enfant, à une diminution du quotient intellectuel ou encore à un risque accru de démence chez les personnes âgées (12,13). Au niveau métabolique, de nouvelles études suggèrent que l'exposition aux PM favoriserait le développement du diabète de type 2 (14). Les PM, et en particulier celles émises lors de processus de combustion (par exemple par les moteurs diesels), ont été classées par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC, ou IARC en anglais) comme ca-

cérogènes (groupe 1)³ depuis 2012 (15). Leur lien avec le développement de cancer du poumon est donc clairement établi. Enfin, l'exposition à long terme à la pollution de l'air est associée de manière très claire à une mortalité prématurée (générale et spécifique) ainsi qu'à une diminution globale de l'espérance de vie (16).

Nous ne sommes cependant pas tous égaux face aux effets néfastes de la pollution de l'air. Certaines personnes sont plus sensibles que d'autres à ces mêmes effets. Il s'agit principalement des enfants, des personnes âgées, des personnes souffrant de maladies chroniques (respiratoires ou cardiaques) ainsi que des personnes vivant en situation précaire et ayant un accès limité aux soins de santé (17). Ces personnes forment une population particulièrement vulnérable aux effets de la pollution de l'air, qu'il conviendrait de protéger le plus possible. Il est important de préciser qu'il n'existe actuellement aucune preuve scientifique de l'existence d'un seuil sous lequel aucun effet nocif sur la santé lié à la pollution de l'air n'est avéré. Il a en outre été établi que la pollution atmosphérique engendre des effets sanitaires importants et ce même à de très faibles niveaux de concentration en polluants (18).

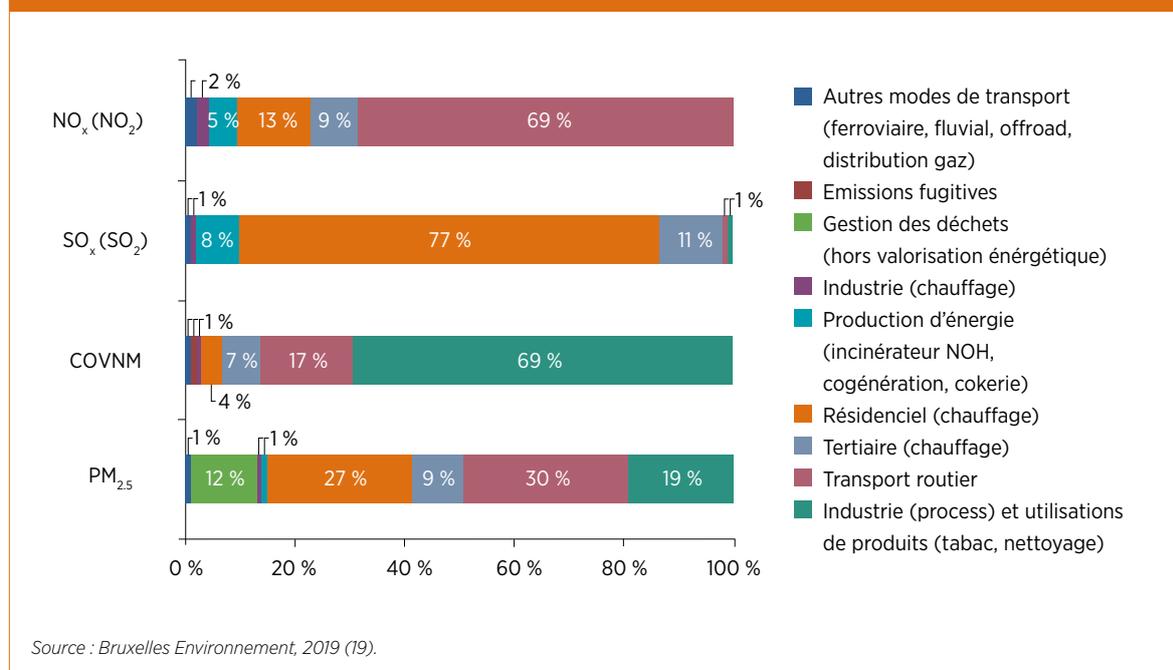
3.3. Situation en Région de Bruxelles-Capitale

3.3.1. Sources de pollution de l'air

En RBC, les principales sources de pollution de l'air extérieur, tous polluants confondus, sont : le trafic routier, le chauffage des bâtiments (maisons, commerces, bureaux, bâtiments publics), les industries (solvants, peintures, ...), la production d'énergie et la gestion des déchets (incinérateur de Neder-Over-Hembeek) (19). C'est ce que nous montre la figure 3-02, qui reprend la contribution relative des différents secteurs aux émissions totales de différents polluants.

En 2017, les principales sources d'émission de particules fines ($PM_{2,5}$) en RBC étaient le transport routier ainsi que le chauffage résidentiel et commercial (respectivement 30 et 36 % du total des émissions de $PM_{2,5}$). Les émissions de NO_x étaient quant à elles principalement dues au trafic routier (69 % des émissions totales).

Figure 3-02. Distribution sectorielle des émissions de polluants atmosphériques en RBC, en 2017 (COVNM = composés organiques volatils non méthaniques).



3. Le CIRC est une agence de l'OMS qui évalue la cancérogénicité de nombreuses substances (produits chimiques, agents physiques et biologiques) et les classe selon leur degré de cancérogénicité (groupe 1 = agent cancérogène certain ; groupe 2a = agent cancérogène probable ; groupe 2b = agent cancérogène possible ; groupe 3 = agent inclassable ; groupe 4 = agent probablement pas cancérogène). Site internet : <https://www.cancer-environnement.fr/40-Accueil.ce.aspx>

3.3.2. Niveaux de concentration en polluants de l'air

Globalement, les niveaux de concentration en polluants de l'air n'ont cessé de baisser depuis vingt ans en RBC (20). Cette diminution est en partie liée à la suppression de différentes sources de polluants en RBC (incinérateurs hospitaliers, usines de cokerie, etc.), à l'amélioration du parc automobile ainsi qu'à l'utilisation croissante du gaz naturel pour le chauffage (20). Ces diminutions rendent donc compte de l'efficacité des différentes mesures prises en vue de réduire les émissions de polluants à la source en RBC. Cependant, même si la situation s'est améliorée, les niveaux de concentration en polluants dans l'air demeurent préoccupants par rapport à leurs impacts potentiels sur la santé.

Les concentrations moyennes annuelles en polluants de l'air ($PM_{2,5}$ et en NO_2) sont résumées dans le tableau 3-01.

En 2015, la concentration moyenne annuelle en $PM_{2,5}$ pour l'ensemble de la Région bruxelloise était de $13,4 \mu g/m^3$, soit en dessous de la valeur limite de l'Union Européenne (UE) ($25 \mu g/m^3$) (21) mais au-dessus de la valeur guide fixée par l'OMS ($10 \mu g/m^3$) (22). La concentration moyenne annuelle en NO_2 était en 2015 de $29,4 \mu g/m^3$, soit en dessous de la valeur limite européenne ($40 \mu g/m^3$) et de la valeur guide de l'OMS ($40 \mu g/m^3$).

Ces valeurs annuelles moyennes doivent cependant être interprétées avec précaution car il ne s'agit que de moyennes annuelles (long terme) pour l'ensemble du territoire de la RBC. Ainsi, elles ne rendent compte ni des dépassements périodiques des valeurs guides de l'OMS et de l'UE (lors de pics de pollution liés par exemple au trafic routier en heures de pointe), ni de la répartition spatiale des concentrations en polluants en RBC. Cette distribution spatiale est reprise dans la figure 3-03. Il existe des valeurs guides de l'OMS et de l'UE pour évaluer les concentrations en polluants sur le court terme (moyenne journalière ou horaire) mais celles-ci sont plus utiles pour des analyses et comparaisons locales.

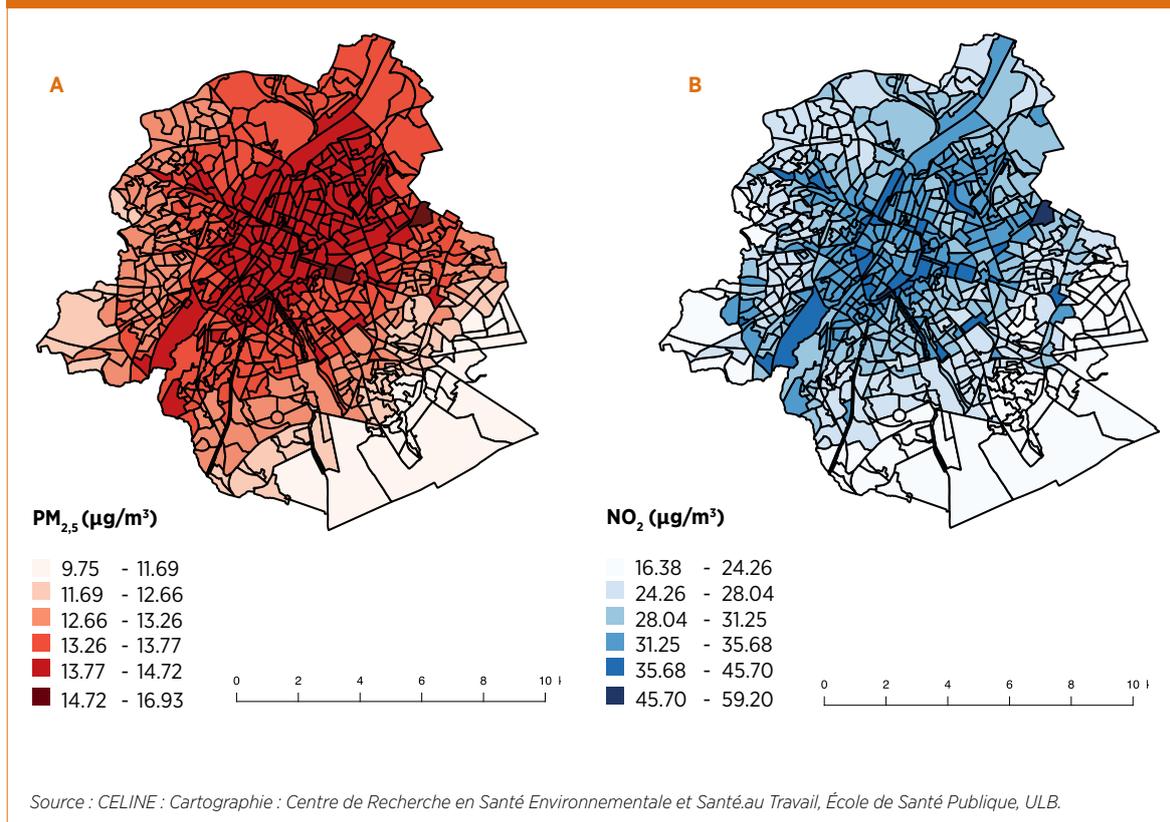
Cette figure reprend les concentrations moyennes annuelles en $PM_{2,5}$ et en NO_2 par secteur statistique en 2015 pour l'ensemble de la RBC. Un secteur statistique correspond à une « unité territoriale de base qui résulte de la subdivision du territoire des communes et anciennes communes par STATBEL (Direction générale Statistique - Statistics Belgium) pour la diffusion de ses statistiques à un niveau plus fin que le niveau communal » (23). Les secteurs statistiques ont été dessinés sur base de caractéristiques structurelles d'ordre social, économique, urbanistique ou morphologique (23).

Tableau 3-01. Concentrations moyennes annuelles en $PM_{2,5}$ et en NO_2 en RBC pour l'année 2015 et valeurs guides correspondantes (OMS et européennes (UE)).

	Concentrations moyennes annuelles en RBC - 2015	Valeurs guides OMS (22)	Valeurs guides UE (21)
$PM_{2,5}$	$13,4 \mu g/m^3$	$10 \mu g/m^3$	$25 \mu g/m^3$
NO_2	$29,4 \mu g/m^3$	$40 \mu g/m^3$	$40 \mu g/m^3$

Source : CELINE. Calculs : Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

Figure 3-03. Cartographies des concentrations moyennes annuelles en $PM_{2,5}$ (A) et en NO_2 (B) par secteur statistique pour la RBC pour l'année 2015.



Comme le montre la figure 3-03, les niveaux de concentration moyenne annuelle en $PM_{2,5}$ et en NO_2 sont loin d'être homogènes en RBC, certains secteurs étant nettement plus pollués que d'autres (jusqu'à quatre fois plus en ce qui concerne la pollution au NO_2). Ainsi, les secteurs situés au Sud-Est de la Région sont globalement moins impactés par la pollution atmosphérique. Les secteurs les plus pollués se retrouvent essentiellement autour du pentagone, le long des grands axes routiers de la capitale ainsi qu'au Nord-Est de la RBC.

Cette figure (3-03) illustre également le fait que la pollution particulaire ($PM_{2,5}$) est de manière générale plus diffuse que la pollution au NO_2 . Elle est par ailleurs moins sensible que cette dernière aux émissions dues au trafic routier. Globalement, la quasi-totalité des secteurs statistiques présentent des niveaux de concentration en $PM_{2,5}$ supérieurs aux valeurs guides fixées par l'OMS ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$). Pour le NO_2 , seule une minorité de secteurs statistiques dépassent les valeurs guides fixées par l'OMS ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$). Il est toutefois utile de savoir que le respect des valeurs guides relatives à la qualité de l'air fixées par l'OMS pour les concentrations moyennes annuelles en NO_2 ne signifie pas qu'il n'existe pas d'effets sur la santé liés au NO_2 en RBC.

Les valeurs guides établies par l'OMS ne constituent en aucun cas la garantie qu'il n'existerait pas d'effets sur la santé en dessous des seuils recommandés. Elles correspondent à un niveau de « protection » jugé « acceptable » compte tenu des circonstances et des connaissances scientifiques disponibles sur le sujet au moment de leur élaboration (24). Elles sont donc susceptibles d'évoluer dans le temps (24). Les valeurs guides relatives à la qualité de l'air établies par l'OMS en 2005 (22), et présentées dans ce rapport, sont ainsi actuellement en cours de révision. Il est donc très probable que celle-ci soient revues à la baisse prochainement, comme ce fut le cas pour les valeurs guides relatives au bruit environnemental (voir chapitre suivant).

Au niveau européen, les directives relatives à la qualité de l'air sont adoptées par le Parlement Européen et transposées ensuite en droit interne au sein des différents pays membres. L'UE s'appuie en partie sur les recommandations de l'OMS. Elle n'est cependant pas tenue de les respecter (6). Ainsi, l'UE s'est alignée sur les recommandations de l'OMS de 2005 en ce qui concerne le NO_2 ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$) mais a repris une valeur nettement moins protectrice pour les $PM_{2,5}$ ($25\mu\text{g}/\text{m}^3$ au lieu de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$).

C'est la raison pour laquelle il est préférable, dans un objectif de protection de la santé de la population, d'évaluer les politiques en matière de qualité de l'air non pas par rapport au respect des normes ou valeurs guides en vigueur à un moment donné mais bien par rapport aux impacts directs sur la santé de la population. Une des façons d'y parvenir est de mener une évaluation du risque pour la santé, lié à l'exposition à la pollution de l'air. Les résultats de l'évaluation du risque que nous avons menée dans le cadre de ce rapport vous sont présentés dans la section suivante.

3.4. Évaluation du risque pour la santé lié à la pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale

3.4.1. Concept et utilité d'une évaluation des risques sanitaires

Une évaluation des risques sanitaires (ERS) ou « Health Risk Assessment » est une évaluation scientifique des effets néfastes potentiels sur la santé dus à l'exposition de la population à un facteur de risque particulier, comme par exemple la pollution de l'air (25). Elle vise à estimer l'impact sur la santé d'expositions passées, actuelles ou futures sur une population.

Une ERS comprend habituellement trois étapes distinctes :

1. La première étape consiste à déterminer l'exposition de la population aux polluants considérés. Des données provenant de stations de mesure ou de modélisations de la pollution de l'air peuvent alors être utilisées afin de déterminer les concentrations en polluants passées, actuelles ou attendues en fonction du scénario envisagé.

2. La deuxième étape consiste à estimer le risque pour la santé de l'exposition de la population aux différents niveaux de pollution de l'air. Cette étape requiert l'utilisation de données démographiques et de santé ainsi que d'une relation dose-réponse préexistante. Les relations dose-réponse sont établies par des études épidémiologiques. Elles permettent de quantifier les effets sur la santé de l'exposition à un polluant, par unité de concentration du polluant considéré ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les $\text{PM}_{2,5}$ et le NO_2). Elles évoluent régulièrement en fonction des nouvelles connaissances produites en la matière.

3. La troisième étape consiste à exprimer les incertitudes liées au processus d'évaluation du risque pour la santé et à faire en sorte que les résultats obtenus soient adéquatement compris par les décideurs et parties prenantes (25).

Appliquée au contexte bruxellois, cette évaluation est très utile car elle permet d'évaluer les changements attendus en termes d'impacts sur la santé, à la suite de l'application de politiques d'amélioration de la qualité de l'air. Les résultats d'une telle évaluation peuvent également être utilisés afin de monétiser les bénéfices attendus résultant de l'amélioration de la qualité de l'air. Ces données permettent alors de comparer le rapport coût-bénéfice de différentes mesures ou de scénarios de réduction des émissions de polluants en RBC. Ce type d'évaluation économique est régulièrement utilisé au niveau européen et permet aux décideurs d'apprécier de manière plus fine les choix ou les options qui s'offrent à eux. La monétisation des effets sur la santé a également une utilité pratique en tant qu'outil de communication à destination du monde politique, des médias et du grand public (26).



3.4.2. Application en Région de Bruxelles-Capitale

Pour nos analyses, nous avons utilisé :

- Les moyennes annuelles de concentrations en polluants de l'air en 2015 pour l'entièreté du territoire de la RBC (calculées sur base de la technique d'interpolation RIO⁴). Ces données sont accessibles librement et proviennent de la Cellule Interrégionale de l'Environnement (CELINE)⁵
- Les données démographiques (structure de la population) issues de l'Office Belge de Statistique (STATBEL)⁶
- Les données de mortalité issues des bulletins de décès pour l'année 2015, provenant de l'Observatoire de la Santé et du Social de Bruxelles-Capitale (OSS).

La méthode ainsi que les étapes suivies pour réaliser notre évaluation du risque sur la santé de l'exposition à la pollution de l'air en RBC se basent en partie sur la méthodologie utilisée par l'Agence Européenne de l'Environnement (EEA) pour son évaluation annuelle de l'impact de la pollution de l'air au niveau européen (27). Nous avons cependant utilisé, contrairement à l'EEA, les dernières relations dose-réponse disponibles pour estimer les effets sur la santé du NO₂ (28). Nous avons également utilisé dans le cadre de cette étude les niveaux contrefactuels⁷ recommandés dans le cadre du partenariat urbain sur la qualité de l'air (PAQ) pour les évaluations d'impact sur la santé lié à la pollution de l'air au niveau européen (29), à savoir les concentrations de 2,5µg/m³ pour les PM_{2,5} et de 5µg/m³ pour le NO₂⁸. Le PAQ a été initié par la Commission Européenne en 2016.

Son objectif est de proposer une méthodologie commune afin d'accroître la comparabilité des résultats des études d'impact de la pollution de l'air menées dans différentes villes européennes.

L'évaluation que nous avons menée visait à répondre aux questions suivantes :

- Quel est l'impact actuel de la pollution de l'air sur la santé en RBC ?
- Quels sont les bénéfices attendus au niveau des années de vie perdues en cas d'amélioration de la qualité de l'air en RBC ?
- Quels moyens budgétaires pourrions-nous investir de manière efficace afin d'améliorer la qualité de l'air en RBC ?

Tous nos calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel AirQ+ (30). Ce logiciel a été développé par l'OMS afin de calculer l'impact de la pollution de l'air sur la santé dans une population donnée. Il peut être utilisé pour estimer la part de la mortalité générale et spécifique attribuable à la pollution de l'air ainsi que les changements attendus en termes d'impact sur la santé dans le cas de scénarios d'amélioration de la qualité de l'air (31).

Compte tenu des données de santé et des relations dose-réponse disponibles, nous avons limité notre étude à l'impact de la pollution de l'air en RBC sur la mortalité générale pour le NO₂ et les PM_{2,5}, ainsi que sur la mortalité spécifique pour les PM_{2,5}, pour l'année 2015. Dans notre étude, les différents impacts de la pollution de l'air sur la mortalité sont exprimés en nombre de décès attribuables et « Years of Life Lost » (YLL). Les résultats sont présentés avec leur intervalle de confiance à 95 % (IC95%). Cet intervalle de confiance rend compte du degré d'incertitude associé à nos résultats.

4. <https://www.irceline.be/fr/documentation/modeles/rio-ifdm>

5. <http://www.irceline.be>

6. <https://statbel.fgov.be/fr>

7. Un niveau contrefactuel est un niveau d'exposition à partir duquel les impacts sur la santé sont calculés.

8. Plus d'information quant à la justification des niveaux contrefactuels utilisés est disponible en annexe dans la fiche méthodologique « Évaluation du risque pour la santé, lié à la pollution de l'air en RBC ».

3.4.3. Résultats en Région de Bruxelles-Capitale

3.4.3.1. Évaluation de l'impact des PM_{2,5} et du NO₂ sur la mortalité générale

Les résultats de l'évaluation de l'impact de l'exposition aux PM_{2,5} et au NO₂ sur la mortalité générale, toutes causes confondues (hors accidents et suicides), sont présentés dans le tableau 3-02. Selon nos estimations, 6,46 % de l'ensemble des décès en RBC en 2015 est attribuable à la pollution aux PM_{2,5}, ce qui représente 542 décès ou 76,63 décès par 100 000 habitants. La pollution au NO₂ est quant à elle responsable de 4,71 % de l'ensemble des décès en RBC, ce qui représente 395 décès ou 55,87 décès par 100 000 habitants. Si les impacts de la pollution aux PM_{2,5} sont associés à ceux liés au NO₂, on estime que 11,17 % de

la mortalité toutes causes confondues peut être attribuée à la pollution de l'air en RBC en 2015. Cela représente un total de 937 décès ou 132,5 décès par 100 000 habitants.

Le tableau 3-03 présente quant à lui les résultats de l'évaluation de l'impact de l'exposition aux PM_{2,5} sur la mortalité spécifique, causée par différentes affections comme le cancer du poumon. Les estimations n'étaient pas envisageables pour le NO₂ car il n'existe actuellement pas de relation dose-réponse disponible pour évaluer les impacts de ce polluant sur la mortalité spécifique. Nos résultats indiquent que 14,45 % des décès par bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), 8,27 % des décès par cancer du poumon, 26,2 % des décès liés à une cardiopathie ischémique et 18,54 % des décès liés à un accident vasculaire cérébral étaient attribuables aux concentrations en PM_{2,5} dans l'air en RBC en 2015.

Tableau 3-02. Impact de la pollution aux PM_{2,5} et au NO₂ sur la mortalité (toutes causes confondues) en RBC - 2015.

	Part attribuable	N décès attribuables	N décès attribuables/ 100 000 habitants
PM_{2,5}	6,46 % [4,26 % - 8,47 %]	542 [358 - 711]	76,63 [50,54 - 100,49]
NO₂	4,71 % [2,39 % - 6,95 %]	395 [201 - 583]	55,87 [28,41 - 82,43]
Total	11,17 % [6,65 % - 15,42 %]	937 [559 - 1294]	132,5 [78,95 - 182,92]

Source : pollution de l'air - CELINE ; données de mortalité - OSS.

Calculs : Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

Tableau 3-03. Impact de l'exposition aux PM_{2,5} sur la mortalité spécifique en RBC - 2015.

	Part attribuable	N décès attribuables	N décès attribuables/ 100 000 habitants
Bronchopneumopathie chronique obstructive	14,45 % [5,71 % - 24,68 %]	35 [14 - 59]	4,90 [1,94 - 8,38]
Cancer du poumon	8,27 % [4,04 % - 13,56 %]	39 [19 - 64]	5,55 [2,71 - 9,10]
Cardiopathies ischémiques	26,2 % [11,76 % - 39,45 %]	166 [75 - 250]	20,54 [9,22 - 30,93]
Accidents vasculaires cérébraux	18,54 % [5,53 % - 33,04 %]	45 [14 - 81]	5,62 [1,68 - 10,01]

Source : pollution de l'air - CELINE ; données de mortalité - OSS.

Calculs : Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.



Le nombre et la part de décès attribuables représentent l'« excès » de mortalité associé à la pollution de l'air en RBC. Ils correspondent à la différence en termes de mortalité entre deux scénarios d'exposition de la population. Le premier scénario reprend les niveaux de concentration en $PM_{2,5}$ et en NO_2 en RBC en 2015. Le second reprend les niveaux de concentration contre-factuels utilisés pour le calcul des impacts de la pollution de l'air, à savoir $2,5\mu g/m^3$ pour les $PM_{2,5}$ et $5\mu g/m^3$ pour le NO_2 .

Si ces chiffres sont utiles, ils ne disent cependant rien sur la perte d'espérance de vie associée à la pollution de l'air en RBC. Une façon plus précise de quantifier les impacts sur la santé lié à la pollution de l'air est de calculer « Years of life lost » (YLL) attribuables à l'exposition à la pollution de l'air en RBC⁹. Cette évaluation est présentée dans la section suivante.

3.4.3.2. Années de vie perdues attribuables à la pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale

Les « years of life lost » (YLL) peuvent être définies comme la perte d'années de vie potentielles liées à l'exposition à un facteur de risque particulier. Elles sont calculées en multipliant le nombre de décès attribuables à la pollution de l'air par l'espérance de vie restante à l'âge du décès (27)¹⁰.

Les résultats de nos analyses relatives à l'impact des concentrations en $PM_{2,5}$ et en NO_2 en RBC, exprimés en termes de YLL pour l'année 2015, sont présentés dans le tableau 3-04. Celui-ci reprend également les coûts associés aux YLL en Région bruxelloise ainsi qu'une estimation des gains en termes sanitaires et économiques, associés à différents scénarios de réduction des concentrations en $PM_{2,5}$ et en NO_2 en RBC. Les scénarios envisagés pour la RBC dans le cadre de cette étude correspondent à une réduction progressive de 1 %, 3 % et 5 % par an des concentrations moyennes annuelles en $PM_{2,5}$ et en NO_2 , sur une période de 10 ans.

9. Voir *Fiche méthodologique* en Annexe 1 pour plus d'information concernant l'interprétation des résultats ou la méthodologie utilisée.

10. Voir *Fiche méthodologique* en Annexe 1 pour plus d'information concernant l'interprétation des résultats ou la méthodologie utilisée.

Tableau 3-04. « Years of life lost » (YLL) liées à la pollution de l'air en RBC, valeur économique associée et gains attendus en fonction de différents scénarios de réduction des concentrations en PM_{2,5} et en NO₂ sur une période de 10 ans.

	Scénarios d'exposition (sur 10 ans)	YLL	Monétisation YLL (en millions d'€)	Gains (nombre de YLL)	Gains (en millions d'€)
PM_{2,5}	Inchangé	23194 [15234 - 30532]	835 [548 -1099]	Nul	Nul
	1 % réduction/an	22296 [14648 - 29342]	802 [527 - 1056]	898 [586 - 1190]	33 [21 - 43]
	3 % réduction/an	20611 [13547 - 27112]	742 [488 - 976]	2583 [1687 - 3420]	93 [60 -123]
	5 % réduction/an	19062 [12535 - 25067]	686 [451 - 902]	4132 [2699 - 5465]	149 [97 - 196]
NO₂	Inchangé	16855 [8533 - 24970]	607 [307 - 899]	Nul	Nul
	1 % réduction/an	16216 [8212 - 24017]	583 [295- 864]	639 [321 - 953]	22 [11 - 34]
	3 % réduction/an	15017 [7609 - 22231]	540 [273 - 800]	1838 [924 - 2739]	66 [33 - 98]
	5 % réduction/an	13914 [7053 - 20590]	500 [253 -741]	2941 [1480 - 4380]	105 [53 - 157]
Total	Inchangé	40 049 [23767 - 55502]	1442 [848 - 1998]	Nul	Nul
	1 % réduction/an	38512 [22860 - 53359]	1386 [823 - 1921]	1537 [907 - 2143]	55 [32 - 77]
	3 % réduction/an	35628 [21156 - 49343]	1283 [762 - 1776]	4421 [2611 - 6159]	159 [93 - 221]
	5 % réduction/an	32976 [19588 - 45657]	1187 [705 - 1644]	7073 [4179 - 9845]	254 [150 - 353]

Source : pollution de l'air - CELINE ; données de mortalité - OSS.

Calculs : Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

L'étude que nous avons réalisée nous révèle qu'à situation inchangée, la pollution liée aux PM_{2,5} engendrera en RBC la perte de plus de 23 000 YLL sur une période de 10 ans, ce qui représente un coût de 835 millions d'euros. La pollution au NO₂ engendrera quant à elle la perte de plus 16 800 YLL, ce qui représente un coût de 607 millions d'euros. Les impacts cumulés de ces deux types de pollution (PM_{2,5} et NO₂) représentent une perte, à scénario inchangé, de plus de 40 000 YLL. Ces années de vie perdues représentent un coût considérable pour la RBC, estimé à près d'1,44 milliard d'euros.

Comme expliqué précédemment, nous avons également mesuré les bénéfices attendus résultant d'une possible amélioration de la qualité de l'air en RBC dans les dix prochaines années. Ces bénéfices sont exprimés dans le tableau 3-04 en termes de « gains » en YLL et de gain économique associé. Ils représentent les années de vie que nous pourrions gagner en RBC en réduisant les concentrations moyennes annuelles en PM_{2,5}

et en NO₂ de respectivement 1 %, 3 % et 5 % par an sur une période de 10 ans. Les résultats de notre étude indiquent, entre autres, qu'une réduction des concentrations en PM_{2,5} et en NO₂ de 5 % par an pendant 10 ans permettrait d'épargner plus de 7000 années de vie en bonne santé, ce qui représente un gain de plus de 254 millions d'euros.

Ces résultats sont très intéressants car ils permettent d'évaluer les bénéfices attendus d'un changement d'exposition à la pollution aux PM_{2,5} et/ou au NO₂. Ils peuvent également être utilisés afin de comparer le rapport coût-bénéfice de différentes mesures de réduction des émissions de polluants en RBC. Dans ce cadre, les bénéfices attendus en termes monétaires représentent le montant que nous pourrions investir pour réduire la pollution de l'air en fonction du scénario envisagé. Ces montants peuvent également être utilisés comme outil de communication dans le cadre de la mise en place de mesures visant à améliorer la qualité de l'air en RBC.

Il est cependant important de noter que les résultats présentés dans le tableau 3-04 doivent être considérés comme une sous-estimation de l'impact réel de la pollution de l'air en RBC car ils ne tiennent compte que des impacts sur la mortalité prématurée. L'impact de la pollution de l'air sur la morbidité (ex : asthme, maladies cardiovasculaires) ainsi que les coûts directs (ex : hospitalisations) et indirects (perte de productivité) qui y sont associés ne sont pas pris en compte dans cette étude. Les résultats présents dans ce rapport permettent néanmoins d'estimer l'impact de la pollution aux $PM_{2,5}$ et au NO_2 sur la mortalité de la population habitant en RBC.



3.5. ESSENTIELS À RETENIR

- La pollution de l'air est le premier facteur de risque environnemental pour la santé humaine et a de nombreux effets nocifs à court et à long terme sur notre organisme.
- La pollution de l'air a un impact important sur notre état de santé et ce, même à de faibles niveaux de concentrations. Il n'existe en outre aucune preuve scientifique de l'existence d'un seuil de concentrations garantissant l'absence d'effets sur la santé liés à l'exposition à la pollution de l'air.
- Il est préférable d'évaluer les politiques en matière de qualité de l'air par rapport à leurs impacts directs sur la santé de la population, et non par rapport au respect des normes ou valeurs guides en vigueur à un moment donné.
- La pollution de l'air aux $PM_{2,5}$ et au NO_2 est responsable en RBC de plus de 930 décès prématurés par an. A situation inchangée, la pollution de l'air aux $PM_{2,5}$ et au NO_2 entraînera sur une période de 10 ans la perte de plus de 40 000 YLL, ce qui représente un coût approximatif d'1,5 milliard d'euros.
- Une réduction des concentrations en $PM_{2,5}$ et en NO_2 de 5 % par an pendant 10 ans permettrait d'épargner plus de 7000 années de vie en bonne santé, ce qui représente un gain de plus de 250 millions d'euros.

3.6. Références

1. European Environment Agency. Air quality in Europe. 2019 report. Luxembourg : Publication Office of the European Union ; 2019. Rapport no 10/2019 [consulté le 30 novembre 2019]. 104p. Disponible : <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2012>
2. GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*. 16 septembre 2017 ; 390 (10100) : 1211-59.
3. IARC Working group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to humans 2013. Outdoor Air Pollution. Vol. 109, IARC monographs. France : International Agency for Research on Cancer ; 2015 [consulté le 30 novembre 2019]. 449p. Disponible : <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/IARC-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Outdoor-Air-Pollution-2015>
4. Organisation mondiale de la santé. Thème de santé : Pollution de l'air. Genève (CH) : Organisation Mondiale de la santé ; 2020 [consulté le 13 nov 2019]. Disponible : https://www.who.int/topics/air_pollution/fr/
5. WHO Regional office for Europe. Health effects of black carbon [En ligne]. Danemark ; 2012 [consulté le 10 novembre 2019]. 96p. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/162535/e96541.pdf
6. Peters A, Hoffmann B, Düsselndorf U, Ritz B, Schulz H, Kurt Straif P, et al. The Health Impact of Air Pollution An expert report of the International Society for Environmental Epidemiology (ISEE) and the European Respiratory Society (ERS), ISEE Policy Committee member. 2019.
7. Vallero D. Fundamentals of Air Pollution 2014. Fifth edition. United States of America : Elsevier. p. 247-56.
8. Bezemer GF. Particle deposition and clearance from the respiratory tract [mémoire de maîtrise en ligne]. Institute for Risk assesment sciences, University of Utrecht ; Mars 2009 [consulté le 20 octobre 2019]. 26p. Disponible : <https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/35718/M.Sc.scriptie%20G.F.G.Bezemer.pdf?sequence=1>
9. Franklin BA, Brook R, Pope III CA. Air Pollution and Cardiovascular Disease. *Curr Probl Cardiol*. 2015 ; 40 : 207-38.

10. Stieb DM, Chen L, Eshoul M, Judek S. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: A systematic review and meta-analysis. *Environ Res.* Août 2012 ; 117 : 100-11.
11. Sun X, Luo X, Zhao C, Zhang B, Tao J, Yang Z, et al. The associations between birth weight and exposure to fine particulate matter (PM_{2.5}) and its chemical constituents during pregnancy: A meta-analysis. *Environ Pollut.* Avril 2016 ; 211 : 38-47.
12. Clifford A, Lang L, Chen R, Anstey KJ, Seaton A. Exposure to air pollution and cognitive functioning across the life course - A systematic literature review. *Environ Res.* Mai 2016 ; 147 : 383-98.
13. Power MC, Adar SD, Yanosky JD, Weuve J. Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: A systematic review of epidemiologic research. *Neurotoxicology.* Septembre 2016 ; 56 : 235-53.
14. Eze IC, Hemkens LG, Bucher HC, Hoffmann B, Schindler C, Künzli N, et al. Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: Systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect.* Mai 2015 ; 123 (5) : 381-9.
15. Benbrahim-Tallaa L, Baan RA, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, et al. Carcinogenicity of diesel-engine and gasoline-engine exhausts and some nitroarenes. *Lancet oncol.* Juillet 2012 ; 13 (7) : 663-4.
16. United States Environmental Protection Agency. Integrated Science Assessment for Particulate Matter. United States of America (USA): National Center for Environmental Assessment-RTP Division, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency; Décembre 2009. Rapport no EPA/600/R-08/139F [consulté le 14 novembre 2019]. 1071p. Disponible :
<https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=216546>
17. Peled R. Air pollution exposure: Who is at high risk? *Atmospheric Environment.* Mars 2011 ; 45 (10) : 1781-5
18. WHO Regional Office for Europe. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project: recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Danemark : WHO regional Office for Europe, 2013. [consulté le 14 novembre 2019]. 60p. Disponible :
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf
19. Bruxelles Environnement. Les émissions de polluants qui affectent la qualité de l'air en Région de Bruxelles Capitale. Belgique : Bruxelles environnement, 2019. Qualité de l'air-Les émissions de polluants [mise à jour le 24 avril 2019, consulté le 14 novembre 2019]. Disponible :
<https://environnement.brussels/thematiques/air-climat/qualite-de-lair/les-emissions-de-polluants-qui-affectent-la-qualite-de-lair>
20. Bruxelles Environnement. Synthèse Etat de l'environnement 2015-2016: rapport technique . Belgique : Bruxelles environnement, 2018. [consulté le 10 novembre 2019] 247p. Disponible : https://document.leefmilieu.brussels/opac_css/electfile/RAP_SEE%20Synthese%202015-2016
21. 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. Disponible :
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050>
22. World Health organization. Air pollution: Air quality Guidelines – Global update 2005. Genève (CH) : World Health Organization, 2020 [consulté le 25 octobre 2019]. 39p. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/331660/Evolution-air-quality.pdf
23. Office belge de statistique (STATBEL). Secteurs statistiques. Belgique : office belge de statistique, 2017. Méthodologies [consulté le 1 décembre 2019]. Disponible : <https://statbel.fgov.be/fr/propos-de-statbel/methodologie/classifications/secteurs-statistiques>
24. WHO Regional Office for Europe. Evolution of WHO air quality guidelines: past, present and future. Danemark : WHO Regional Office for Europe, 2017 [consulté le 25 octobre 2019]. 39p. Disponible :
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0019/331660/Evolution-air-quality.pdf
25. WHO Regional Office for Europe. Health Risk Assessment of Air pollution: general principles. Danemark : WHO regional Office for Europe, 2016 [consulté le 28 octobre 2019]. 40p. Disponible :
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf?ua=1
26. European Commission. What are the health costs of environmental pollution ? . Science for environment Policy. Luxembourg : Publications Office of the European Union, décembre 2018. Rapport no 21 [Consulté le 15 octobre 2019]. 60p. Disponible :

https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/health_costs_environmental_pollution_FB21_en.pdf

27. De Leeuw F, Horálek J. Quantifying the health impacts of ambient air pollution: methodology and input data. ETC/ACM Technical Paper. Pays-Bas : European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation, Décembre 2016. Rapport no 2016/5. [consulté le 20 octobre 2019]. 19p. Disponible :

https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2016_5_aq_hia_methodology

28. Atkinson RW, Butland BK, Anderson HR, Maynard RL. Long-term Concentrations of Nitrogen Dioxide and Mortality. *Epidemiology*. Juillet 2018 ; 29 (4) : 460-72.

29. van den Brenk I. The use of Health Impact Assessment tools in European Cities: A guide to support policy towards cleaner air and improvement of citizens' health. Netherlands : University of Utrecht, Octobre 2018 [Consulté le 10 octobre 2019]. 39p. Disponible :

https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/the_use_of_health_impact_assessment_tools_in_european_cities.pdf

30. WHO Regional Office for Europe. Air quality - AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. Danemark : WHO regional Office for Europe [consulté le 5 janv 2020]. Disponible :

<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>

31. WHO Regional Office for Europe. AirQ+ key features. Danemark : WHO regional Office for Europe [Consulté le 5 septembre 2019]. 4p. Disponible :

http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/371550/AirQ-Key_features_ENG.pdf?ua=1

32. Brunekreef B, Miller BG, Hurley JF. The brave new world of lives sacrificed and saved, deaths attributed and avoided. *Epidemiology*. Novembre 2007 ; 18 (6) : 785-8.

4

Bruit environnemental : des effets sous silence

4.1. Introduction

Le bruit environnemental constitue un enjeu de santé publique majeur dont les effets chroniques sur notre santé ont été pendant longtemps sous-estimés. Celui-ci représente pourtant, en termes d'impacts sur la santé de la population, le deuxième facteur de risque environnemental au niveau européen (1). Le bruit environnemental se situe ainsi juste derrière la pollution de l'air et devant des facteurs de risque tels que l'ozone, le plomb ou encore la dioxine (1). Au niveau européen, plus de 125 millions de personnes sont exposées de manière chronique à des niveaux de bruit nocifs pour la santé humaine (2). Le bruit environnemental est également une source importante de préoccupations de la part des citoyens. En Région bruxelloise, il constitue la première cause de déménagement et la première source de plaintes auprès de Bruxelles Environnement (3).

Dans ce chapitre, nous passons en revue les principaux effets sur la santé liés à l'exposition au bruit environnemental identifiés dans la littérature scientifique. Nous abordons les nouvelles lignes directrices relatives au bruit environnemental récemment publiées par l'OMS et analysons l'exposition de la population bruxelloise au bruit environnemental. Nous présentons également les résultats de notre étude d'impact de l'exposition au bruit environnemental sur les perturbations du sommeil et la gêne liée au bruit en RBC.

Un bruit peut être défini de manière générale comme tout son indésirable pouvant affecter négativement la vie humaine ou animale (4).

La notion de bruit implique donc par définition une certaine part de subjectivité. Un même son peut être perçu comme agréable ou désagréable en fonction des circonstances, de la personne qui le perçoit (enfant ou personne âgée), de son histoire (sensibilité particulière, perte auditive) ou encore de la légitimité associée à la source de bruit. Certaines personnes sont plus sensibles que d'autres aux effets du bruit. C'est notamment le cas des enfants, qui constituent une catégorie de la population particulièrement vulnérable aux effets engendrés par le bruit présent dans notre environnement (5). Dans ce rapport, nous nous référons à la notion de bruit environnemental. Celui-ci est défini par l'OMS comme étant le bruit provenant de toutes sources, à l'exception du bruit émis en milieu de travail (1).

4.2. Principaux effets sur la santé et mécanismes physiopathologiques

4.2.1. Effets auditifs et non-auditifs du bruit

L'exposition au bruit a des répercussions importantes sur notre organisme. On distingue deux grands types d'effets sur la santé liés au bruit : les effets auditifs et les effets non-auditifs du bruit (7).

Les effets auditifs du bruit sont les premiers à avoir été abondamment étudiés dans la littérature scientifique. Il s'agit des répercussions auditives (acouphènes, perte soudaine ou progressive d'audition) liées à une exposition aiguë ou chronique à des niveaux de bruit élevés.

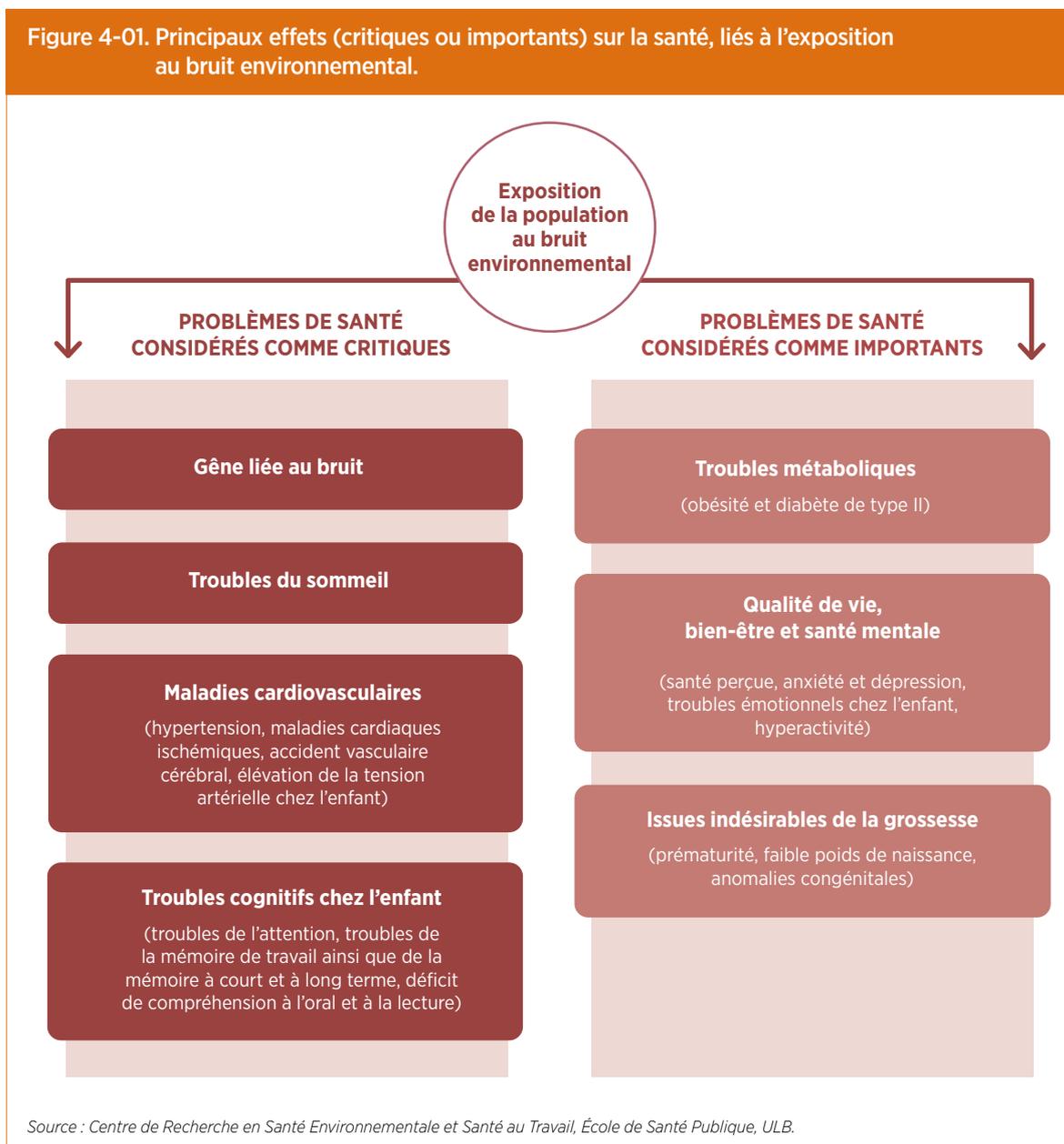


Typiquement, cette exposition a lieu dans un contexte professionnel ou de loisir (concerts, stand de tir, baladeurs mp3, etc.) (7). L'exposition au bruit détruit les cellules ciliées de notre oreille interne et provoque une perte auditive. Cette perte auditive est parfois associée à la présence d'acouphènes (battements, grésillements ou sifflements en l'absence de stimuli externe), qui peuvent être particulièrement invalidants. Les pertes auditives engendrent quant à elles de sérieuses difficultés à la compréhension et constituent un handicap social important dans la vie de tous les jours. Elles affectent également les performances cognitives et diminuent notre attention pendant l'exécution de tâches, ce qui est à la base de nombreux accidents (7). Il a été estimé qu'environ 26 % de la population européenne et américaine souffre d'un trouble de l'audition perturbant la capacité à suivre une conversation dans un environnement bruyant et qu'environ 2 % de cette même population souffre d'une perte auditive majeure (7).

Les effets non-auditifs du bruit ont fait l'objet d'une attention grandissante ces dernières années. Les principaux effets non-auditifs du bruit sur notre santé identifiés dans la littérature scientifique sont la gêne liée au bruit (8), les perturbations du sommeil (9), les maladies cardiovasculaires et métaboliques (10), le petit poids de naissance et la prématurité (11) et les troubles cognitifs (surtout chez les enfants) (12). Le bruit a en outre des répercussions importantes sur notre santé mentale ainsi que sur notre qualité de vie et notre bien-être en général (13). Les différents effets sur la santé liés à l'exposition au bruit ont été revus en profondeur par l'OMS en 2018 (6). Le travail fourni a servi de base à l'élaboration des nouvelles valeurs guide de l'OMS pour le bruit lié aux transports routier, aérien et ferroviaire, le bruit lié aux éoliennes et le bruit lié aux loisirs (6).

Les principaux effets sanitaires du bruit (effets auditifs et non auditifs) sont synthétisés dans la figure 4-01. Celle-ci reprend les effets sur la santé de l'exposition au bruit identifiés par l'OMS. Ils sont classés comme critiques ou importants selon le niveau de preuve disponible, l'accessibilité des données de santé et la prévalence de ces maladies au sein de la population (6). Les effets considérés comme critiques sont les effets devant nécessairement être pris en compte lors de l'évaluation des impacts du bruit environnemental sur la santé (6). Selon l'OMS, les effets considérés comme importants ne doivent pas nécessairement être inclus dans une étude d'impact. Ils sont néanmoins importants en termes d'impacts potentiels sur notre santé (6).

Figure 4-01. Principaux effets (critiques ou importants) sur la santé, liés à l'exposition au bruit environnemental.



4.2.2. Mécanismes physiopathologiques

Différents mécanismes permettent aujourd'hui d'expliquer les nombreuses associations observées entre l'exposition au bruit et ses effets sur la santé. Ces mécanismes ont été récemment revus par l'OMS (14). Ainsi, les principaux effets auditifs du bruit sont liés à la destruction des cellules ciliées de notre oreille interne à la suite d'une exposition à un son de forte intensité, ce qui provoque une perte auditive parfois associée à la présence d'acouphènes (15). Les sons de forte intensité sont également susceptibles d'affecter les capacités auditives du fœtus chez la femme enceinte puisque ceux-ci passent facilement à travers la paroi abdominale (le pouvoir d'atténuation de cette dernière est estimé à un peu moins de 10 dB pour les sons de basse fréquence) (16).

Les principaux mécanismes permettant d'expliquer la majeure partie des effets non-auditifs liés à l'exposition au bruit se basent sur la « théorie générale du stress ». Selon cette théorie, notre système auditif est en quelque sorte un système d'alarme. Ce système d'alarme reste actif pendant notre sommeil et, en cas de stimuli sonore, avertit notre organisme de l'imminence d'un danger. Celui-ci répond alors en libérant des hormones de stress (adrénaline, noradrénaline et cortisol) dans notre organisme. A court terme, la libération de ces hormones a pour effet d'augmenter notre fréquence cardiaque et notre tension artérielle. Elle mobilise également nos réserves de glucose pour alimenter nos muscles et notre cerveau (14).

Il a été démontré que la présence à long terme d'hormones de stress dans l'organisme affecte

fortement celui-ci. Ainsi, la présence chronique de catécholamines dans le sang (adrénaline, noradrénaline) est associée au développement de l'athérosclérose et favoriserait la coagulation du sang, ce qui augmente le risque d'accident vasculaire cérébral (AVC) et d'infarctus du myocarde (IM) (14). Des niveaux élevés de cortisol dans le sang sont quant à eux associés au développement de la graisse abdominale et à une résistance musculaire à l'insuline, facteurs favorisant tous deux le développement de maladies cardiovasculaires et du diabète de type 2 (14). Les hormones de stress pourraient également altérer le fonctionnement du placenta et affecter la croissance du fœtus (16).

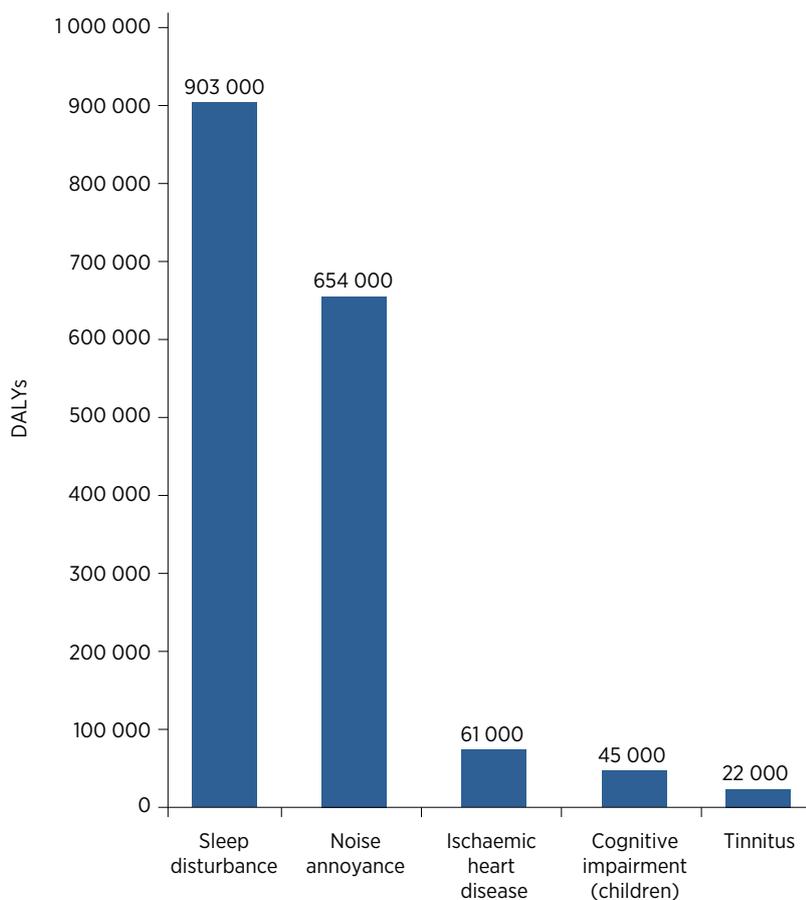
Un autre mécanisme mentionné dans la littérature concerne les effets liés aux perturbations du sommeil, induites par le bruit pendant la nuit. L'hypothèse qui est émise ici est qu'une grande partie des effets chroniques associés à l'exposition au bruit pourraient en réalité être due aux conséquences sur la santé d'un sommeil perturbé. Notre sommeil joue en effet un rôle très important sur notre santé en mettant notre système nerveux au repos et en permettant à notre organisme de se régénérer. Le bruit pendant la nuit perturbe ces mécanismes. Les perturbations du sommeil à long terme ont été associées au développement de maladies chroniques (diabète, obésité, maladies cardiovasculaires)

ainsi qu'à une augmentation de la mortalité cardiovasculaire (17,18).

4.2.3. Charge de la maladie associée à l'exposition au bruit environnemental

Selon une étude publiée en 2011 et qui tenait compte des anciennes valeurs guides de l'OMS (moins restrictives qu'aujourd'hui), le bruit environnemental serait responsable, en Europe de l'Ouest et pour les populations vivant dans des villes de plus de 50 000 habitants, de la perte de plus d'1,5 millions d'années de vie en bonne santé par an (19). Cette étude met aussi en évidence qu'une part significative de la charge de la maladie (ou « *burden of disease* ») liée à l'exposition au bruit environnemental est en fait attribuable, parmi les différentes pathologies prises en compte, aux troubles du sommeil ainsi qu'à la gêne liée au bruit. A ces deux problèmes de santé sont attribués respectivement 903 000 et 654 000 DALY's, soit nettement plus que pour les maladies cardiovasculaires (61 000 DALY's), les troubles cognitifs chez l'enfant (45 000 DALY's) et les acouphènes (22 000 DALY's) (19). Ce constat est illustré par la figure 4-02, qui reprend la répartition par pathologie de la charge des maladies associées au bruit environnemental en 2011 au niveau européen.

Figure 4-02. Répartition des DALY's attribuables à l'exposition au bruit environnemental, par pathologie, en 2011 en Europe.



Source : Basner et al., 2014, p. 17 (7). École de Santé Publique, ULB.

La figure 4-02 met en avant le poids considérable des perturbations du sommeil et de la gêne liée au bruit dans le calcul de la charge totale de la maladie attribuable au bruit environnemental au niveau européen. Ce poids s'explique non seulement par le fait qu'il s'agit des deux réponses les plus fréquemment associées au bruit environnemental mais également par le fait que celui-ci touche une très large part de la population. Ainsi, même si la gêne liée au bruit et les troubles du sommeil pourraient être considérés comme plutôt « bénins » par rapport à d'autres pathologies, ils comptent pourtant pour une très large part de la charge totale de la maladie liée à l'exposition au bruit environnemental (8,9).

La figure 4-03 illustre également ce phénomène en reprenant la pyramide des effets sur la santé associés à l'exposition au bruit environnemental. On constate que plus les symptômes sont sévères, moins ils touchent une part importante de la population. A contrario, moins les symptômes sont sévères et plus ils touchent une part importante de la population. C'est le cas notamment de la gêne liée au bruit et des perturbations du sommeil qui constituent une part importante du fardeau représenté par les maladies liées à l'exposition au bruit, et qui ont des répercussions conséquentes sur notre état de santé.

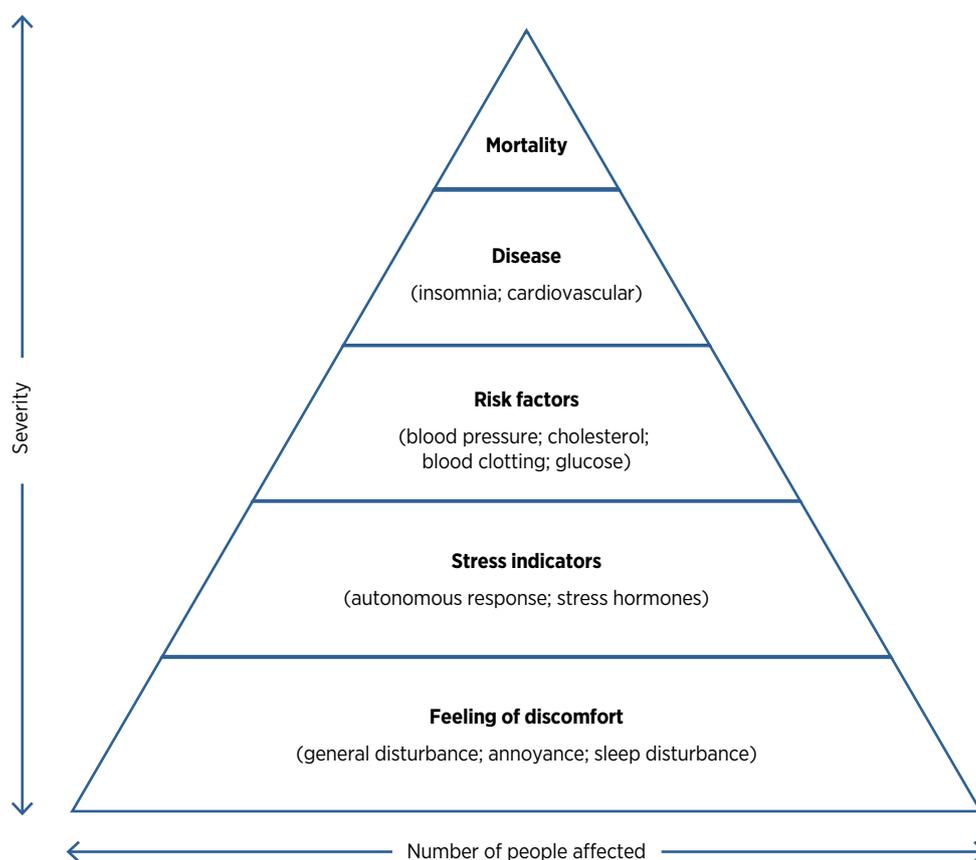
4.3. Exposition au bruit environnemental : lignes directrices de l'OMS

Le bureau régional de l'OMS pour l'Europe a publié récemment de nouvelles lignes directrices relatives au bruit environnemental (6). Celles-ci ont pour objectif de fournir des recommandations en vue de protéger la santé humaine, compte tenu des connaissances scientifiques disponibles. Différentes lignes directrices ont été établies pour diverses sources de bruit. Elles contiennent aussi des recommandations de politique générale visant à réduire l'exposition au bruit environnemental au sein de la population (6). Ces recommandations sont classées comme étant « fortes » ou « conditionnelles » en fonction, d'une part, de la qualité des données scientifiques et, d'autre part, des valeurs, préférences ou ressources disponibles. Une recommandation

classée comme étant « forte » signifie qu'elle doit être mise en œuvre dans la plupart des circonstances. Une recommandation classée comme étant « conditionnelle » signifie que la certitude de son efficacité est moindre et que son application pourrait ne pas se faire, en fonction des circonstances (6).

Les différentes recommandations de l'OMS pour le bruit lié aux transports routier, aérien et ferroviaire sont présentées dans le tableau 4-01. Les recommandations qui concernent ces sources de bruit ont toutes été classées comme étant « fortes », et doivent donc être respectées dans la plupart des circonstances afin de protéger la santé de la population.

Figure 4-03. Pyramide des effets sur la santé, liés à l'exposition au bruit environnemental.



Source : Babisch, 2002, p. 3 (20).

Tableau 4-01. Lignes directrices de l'OMS relatives au bruit environnemental.

Source de bruit	Niveau de bruit moyen (L_{den}) ¹¹	Niveau de bruit moyen pendant la nuit (L_{night})	Force des recommandations
Routier	53 dB	45 dB	Forte
Ferroviaire	54 dB	44 dB	Forte
Aérien	45 dB	40 dB	Forte

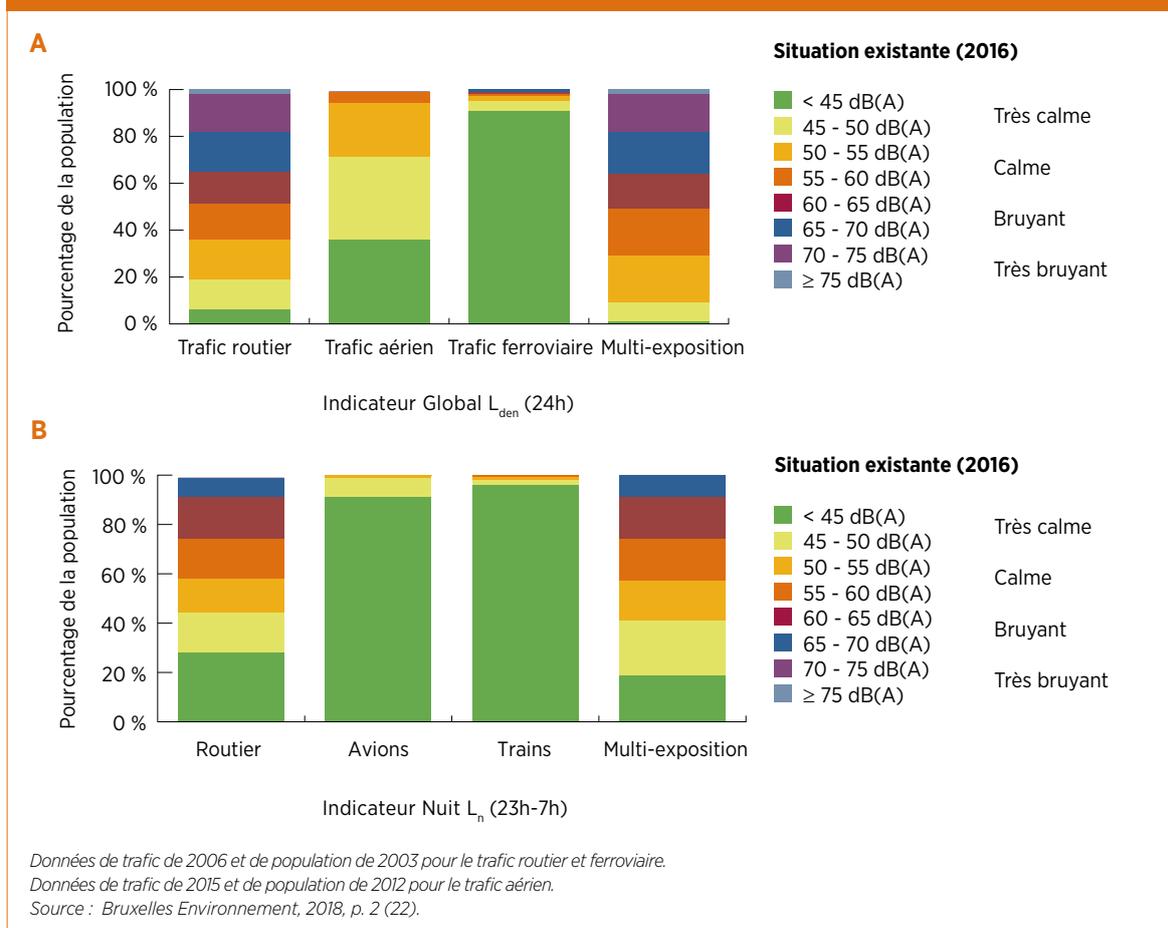
Source : OMS, 2018 (6).

4.4. Situation en Région de Bruxelles-Capitale

En Région bruxelloise, l'évaluation de l'exposition de la population au bruit environnemental est réalisée tous les 5 ans par Bruxelles Environnement, conformément à la directive 2002/49/CE de l'Union Européenne relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement (21).

Les résultats de cette évaluation ont récemment été synthétisés par Bruxelles Environnement (22). Ils sont repris dans la figure 4-04, qui illustre la proportion de la population vivant dans des habitations exposées à différents niveaux de bruit lié aux transports routier, ferroviaire et aérien en RBC¹².

Figure 4-04. Exposition de la population au bruit du transport routier, ferroviaire et aérien en RBC - Indicateurs L_{den} (niveau de bruit annuel moyen) (A) et L_{night} (niveau de bruit annuel moyen pendant la nuit) (B).



11. Pour plus d'informations sur les différentes mesures (mesures de décibel, L_{den} , L_{night} , etc...), le lecteur peut se référer au *Glossaire*.

12. Pour plus d'information quant à la méthodologie utilisée par Bruxelles Environnement pour la réalisation des cadastres de bruit en RBC, consulter le lien : <https://environnement.brussels/synthese-2015-2016/bruit/exposition-de-la-population-au-bruit-des-transport>

Il ressort de cette évaluation qu'une part importante de la population est exposée à des niveaux de bruit largement supérieurs aux nouvelles valeurs guides de l'OMS. Ainsi, pour le trafic routier, environ 70 % de la population bruxelloise est exposée à des niveaux de bruit moyen (L_{den}) supérieurs aux nouvelles valeurs guides fixées par l'OMS (53 dB). La part de la population vivant dans des habitations exposées à des niveaux de bruit pendant la nuit (L_{night}) supérieurs aux nouvelles valeurs guides (45 dB) est également d'environ 70 %. En ce qui concerne le trafic aérien, la proportion de la population vivant dans des habitations exposées à des niveaux de bruit moyen (L_{den}) supérieurs aux nouvelles valeurs guides (45 dB pour le trafic aérien) est d'un peu moins de 65 %. La proportion de la population exposée à des niveaux de bruit lié au trafic ferroviaire dépassant les nouvelles valeurs guides de l'OMS (54 dB pour l'indicateur L_{den}) est, quant à elle, d'environ 3 %. Parmi les différentes sources de bruit reprises dans cette figure, le trafic routier constitue distinctement la première source d'exposition au bruit environnemental en RBC, particulièrement pendant la nuit. Il est suivi par le trafic aérien, puis ferroviaire.

4.5. Evaluation de l'impact lié au bruit en Région de Bruxelles-Capitale

Dans ce chapitre, sont présentés les résultats de notre évaluation de l'impact de l'exposition au bruit lié au trafic routier sur les troubles du sommeil et la gêne liée au bruit chez les habitants de la RBC pour l'année 2015. Pour des raisons de faisabilité (disponibilité des données), nous n'avons pas été en mesure d'évaluer l'impact du bruit sur d'autres problèmes de santé (maladies cardiovasculaires, troubles cognitifs chez l'enfant, ...).

Nous avons aussi été contraints de limiter notre étude aux impacts du bruit provenant uniquement du trafic routier. Nos résultats ne tiennent donc pas compte des impacts potentiels du bruit aérien et ferroviaire sur les troubles du sommeil et la gêne liée au bruit en RBC.

4.5.1. Sources des données et méthode utilisée

Cette évaluation a été effectuée en se basant sur les données de modélisation du bruit lié au trafic routier réalisée en RBC pour l'année 2016 (source : Bruxelles Environnement). Les calculs des niveaux moyens de bruit pour les indicateurs L_{den} et L_{night} ont été réalisés à l'échelle du secteur statistique. Nous avons ensuite utilisé les données de population issues de STATBEL pour l'année 2015 ainsi que les dernières relations dose-réponse disponibles provenant des nouvelles guidelines de l'OMS (6). Ces données nous ont permis d'estimer la part de la population souffrant d'une gêne liée au bruit ainsi que de perturbations du sommeil en RBC. Nous avons ensuite utilisé les pondérations recommandées par l'OMS pour le calcul des « Years lost due to disability (YLD) » (6). Ces YLD ont ensuite été converties en DALY's (1 YLD = 1 DALY). Pour évaluer la valeur économique d'un DALY, nous nous sommes basés sur les seuils de coût-efficacité recommandés par l'OMS pour l'évaluation économique d'un QALY (entre une et trois fois le Produit Intérieur Brut (PIB) par habitant en 2015)¹³ (23). En 2015, le PIB par habitant en Belgique était évalué à 36 000 euros (24). Les principaux résultats de notre étude sont synthétisés dans le tableau 4-02. Dans les figures 4-06 et 4-07, les résultats sont présentés sous forme de carte à l'échelle des quartiers.

13. Pour plus d'information quant à la méthodologie utilisée, voir *Annexe 2* – « Fiche méthodologique : Évaluation du risque pour la santé, lié au bruit environnemental en RBC ».

Tableau 4-02. Gêne liée au bruit et aux troubles du sommeil, associés au bruit lié au transport routier en 2015 - RBC.

	Gêne liée au bruit	Sommeil hautement perturbé
Pourcentage de la population impactée	20,6 %	7,16 %
Nombre de personnes impactées	228 090	79 176
Nombre de DALY's	4561.8	5542.32
Valorisation	164 224 800 €	199 523 520 €

Source : *Bruxelles Environnement.*
 Calculs DALY's : *Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.*

4.5.2. Évaluation de l'impact de l'exposition au bruit lié au transport routier en RBC

Selon nos estimations, plus de 228 000 personnes résidant en RBC ont été fortement gênées par le bruit lié au transport routier en 2015. Plus de 79 000 personnes ont également souffert d'un sommeil hautement perturbé à cause de cette même source pour l'année 2015. En termes d'impacts sur la santé, la gêne liée au bruit dû au transport routier a occasionné la perte de plus de 4561 DALY's. Les perturbations du sommeil ont quant à elles engendré une perte de plus de 5542 DALY's. Si l'on additionne les impacts en termes de gêne liée au bruit et de perturbations du sommeil, le bruit environnemental lié au transport routier seul a causé la perte de plus de 10 103 années de vies perdues en bonne santé pour l'année 2015. Ces années de vie perdues représentent en RBC un coût de plus de 363 millions d'euros par an.

4.5.3. Répartition spatiale des impacts liés au bruit dû au transport routier en termes de gêne et de perturbations du sommeil pour l'année 2015

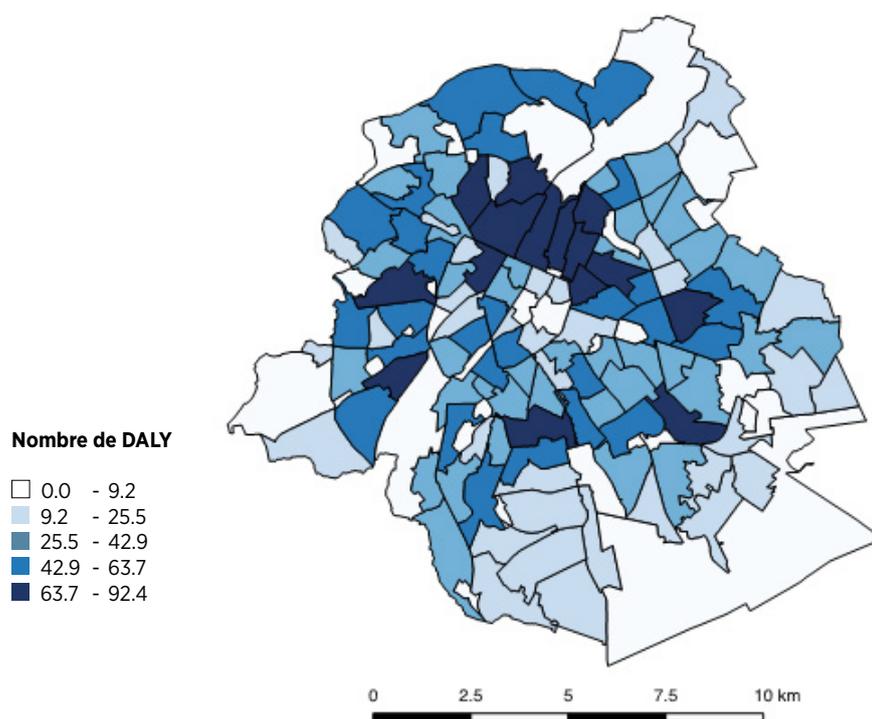
Si nos estimations permettent d'évaluer l'impact du bruit environnemental en termes de gêne liée au bruit et de perturbations du sommeil sur l'ensemble du territoire de la RBC, elles ne rendent cependant pas compte de la répartition spatiale de ces mêmes impacts en RBC. Dans les figures

4-06 et 4-07, sont présentés les résultats (nombre de DALY's) par quartiers de l'évaluation du risque pour la santé lié au bruit dû au transport routier pour l'année 2015.

Comme nous pouvons le constater dans les figures 4-06 et 4-07, l'impact de l'exposition au bruit lié au transport routier diffère fortement selon les quartiers envisagés. Certains quartiers sont ainsi nettement plus impactés que d'autres. Il s'agit notamment des quartiers se situant au Nord du Pentagone ainsi qu'au niveau des boulevards périphériques de la capitale.

Ces différences mettent également en lumière le fait que nous ne sommes pas tous égaux face aux polluants environnementaux, dans la mesure où certaines catégories de la population sont plus généralement exposées à des niveaux de pollution élevés. Il a ainsi été démontré que les populations socio économiquement défavorisées résident plus fréquemment dans des environnements ayant une moindre qualité environnementale (pollution de l'air, bruit, moins bonne accessibilité aux espaces verts, ...) (25). On parle alors d'inégalités environnementales. Ces inégalités environnementales n'ont pas encore été réellement étudiées en RBC. L'étude de ces inégalités permettrait de délimiter des zones d'intervention prioritaires en matière d'amélioration de la qualité de l'environnement, et ce afin que les populations socio économiquement défavorisées puissent en bénéficier prioritairement.

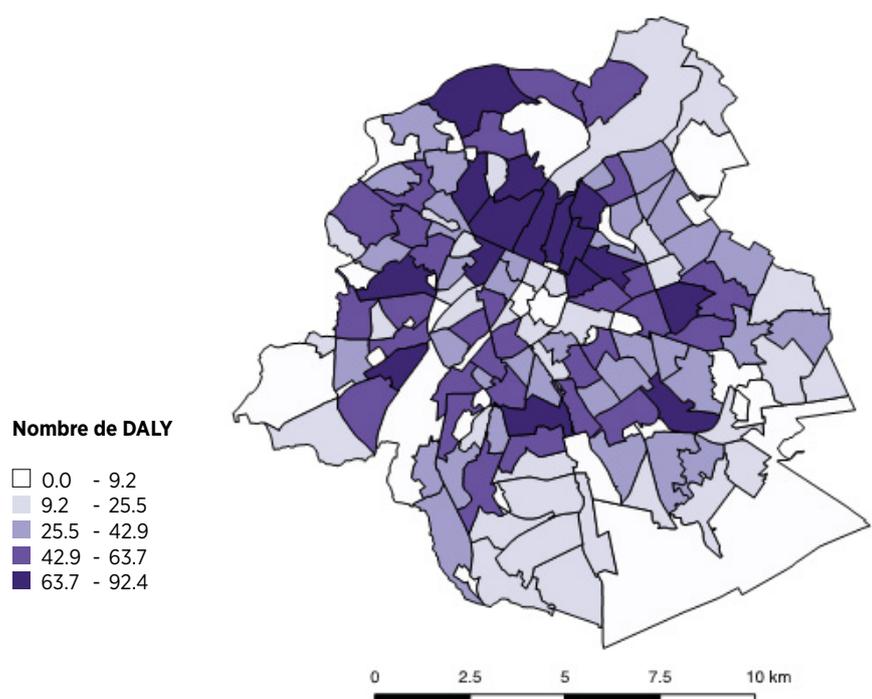
Figure 4-06. Répartition par quartiers des DALY's attribuables à la gêne liée au bruit dû au transport routier en 2015, en RBC.



Source : Bruxelles Environnement.

Calcul DALY's : Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.

Figure 4-07. Répartition par quartier des DALY's attribuables aux perturbations du sommeil, liées au bruit dû au transport routier en 2015, en RBC.



Source : Bruxelles Environnement.

Calcul DALY's : Centre de Recherche en Santé Environnementale et Santé au Travail, École de Santé Publique, ULB.



4.6. ESSENTIELS À RETENIR

- Les impacts sanitaires du bruit ont été longtemps sous-estimés. Le bruit environnemental constitue pourtant, en termes d'impacts sur la santé, le deuxième facteur de risque environnemental au niveau européen.
- Le bruit environnemental a de nombreuses répercussions à court et à long terme sur notre santé qui vont de la simple gêne aux maladies cardiovasculaires (hypertension, maladies cardiaques ischémiques, AVC) et aux troubles cognitifs chez l'enfant.
- En 2016, entre 65 et 70 % de la population bruxelloise était exposée à des niveaux de bruit moyen (L_{den}) liés au transport routier et aérien supérieurs aux nouvelles valeurs guides recommandées par l'OMS. Plus de 70 % de la population était par ailleurs exposée à des niveaux de bruit pendant la nuit (L_{night}) lié au trafic routier supérieurs aux valeurs guides recommandées par l'OMS.
- Le bruit environnemental lié au transport routier seul est responsable en RBC de la perte de plus de 10 103 années de vie en bonne santé par an. La perte de ces années de vie représente un coût considérable évalué à plus de 363 millions d'euros par an.

4.7. Références

1. Hanninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim TA, Conrad A, Rappolder M, et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Env Health Perspect.* Mai 2014 ; 122 (5) : 439-46.
2. European Environment Agency. Population exposure to environmental noise. [consulté le 3 novembre 2019]. Disponible : <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/exposure-to-and-annoyance-by-2/assessment-3>
3. Bruxelles Environnement. Le bruit : vue d'ensemble. Bruxelles Environnement. 2014 [consulté le 3 octobre 2019]. Disponible : <https://environnement.brussels/thematiques/bruit/le-bruit-vue-densemble>
4. Goldsmith M. *Discord: The Story of Noise.* Royaume Uni : Oxford University Press. Oxford ; 2012.
5. Kamp I van, Davies H. Noise and health in vulnerable groups: A review. *Noise Health.* Mai-Juin 2013 ; 15 (64) : 153-9.
6. WHO Regional Office for Europe. *Environmental Noise Guidelines for the European Region.* Danemark : WHO Regional Office for Europe ; 2018 [consulté le 12 novembre 2018]. 181p. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1
7. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet.* 12 avril 2014 ; 383 (9925) : 1325-32.



8. Guski R, Schreckenberg D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *Int J Environ Res Public Health*. Décembre 2017 ; 14 (12) : 1539.
9. Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *Int J Environ Res Public Health*. Mars 2018 ; 15 (3) : 519.
10. Van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *Int J Environ Res Public Health*. Février 2018 ; 15 (2) : 379.
11. Nieuwenhuijsen MJ, Ristovska G, Dadvand P. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Adverse Birth Outcomes. *Int J Environ Res Public Health*. 19 octobre 2017 ; 14 (10).
12. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cognition. *Int J Environ Res Public Health*. Février 2018 ; 15 (2) : 285.
13. Clark C, Paunovic K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health. *Int J Environ Res Public Health*. Novembre 2018 ; 15 (11) : 2400.
14. WHO Regional Office for Europe. Biological mechanisms related to cardiovascular and metabolic effects by environmental noise. Denmark : WHO regional Office for Europe ; 2018 [consulté le 6 novembre 2019]. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/378076/review-noise-bio-effects-eng.pdf?ua=1
15. Śliwińska-Kowalska M, Zaborowski K. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Permanent Hearing Loss and Tinnitus. *Int J Environ Res Public Health*. 27 septembre 2017 ; 14 (10).
16. Dzhambov AM, Dimitrova DD, Dimitrakova ED. Noise exposure during pregnancy, birth outcomes and fetal development: meta-analyses using quality effects model. *Folia Med (Plovdiv)*. Septembre 2014 ; 56 (3) : 204-14.
17. Dettoni JL, Consolim-Colombo FM, Drager LF, Rubira MC, Souza SBPC de, Irigoyen MC, et al. Cardiovascular effects of partial sleep deprivation in healthy volunteers. *J Appl Physiol*. Juillet 2012 ; 113 (2) : 232-6.
18. Buxton OM, Cain SW, O'Connor SP, Porter JH, Duffy JF, Wang W, et al. Adverse metabolic consequences in humans of prolonged sleep restriction combined with circadian disruption. *Sci Transl Med*. 11 avril 2012 ; 4 (129) : 129-43.
19. WHO Regional Office for Europe. Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. Denmark : WHO Regional Office for Europe, 2011 [consulté le 30 juin 2019]. 128p. Disponible : https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888.pdf?ua=1
20. Babisch W. The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs. *Noise Health*. 2002 ; 4 (16) : 1-11
21. Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement : Déclaration de la Commission au sein du comité de conciliation concernant la directive relative à l'évaluation et à la gestion du bruit ambiant. Disponible : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A32002L0049>
22. Bruxelles Environnement. Quiet.brussels : Plan de prévention et de lutte contre le bruit et les vibrations en milieu urbain. Bruxelles : Bruxelles Environnement ; 2018 [consulté le 2 février 2020]. Disponible : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/MAP_Cartebruit_geluidskaart_FR
23. Robinson LA, Hammitt JK, Chang AY, Resch S. Understanding and improving the one and three times GDP per capita cost-effectiveness thresholds. *Health Policy Plan*. Février 2017 ; 32 (1) : 141-5.
24. Eurostat. 2015 GDP per capita in 276 EU regions. Bruxelles : Eurostat ; 2017 [consulté le 1^{er} février 2020]. Disponible : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-press-releases/-/1-30032017-AP>
25. Verbeek T. Unequal residential exposure to air pollution and noise: A geospatial environmental justice analysis for Ghent, Belgium. *SSM Popul Health*. 13 décembre 2018 ; 7 : 100340.

Espaces verts : les poumons de la capitale

5.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous abordons les effets de la fréquentation et de l'utilisation des espaces verts sur la santé identifiés dans la littérature scientifique récente, ainsi que l'impact positif des espaces verts pour contrer les effets délétères de la pollution de l'air, du bruit et des îlots de chaleur urbains. Une section de ce chapitre s'intéresse à la situation en RBC et à la répartition territoriale des espaces verts accessibles au public. Comme il n'existe pas, à notre connaissance, de données de santé liées aux espaces verts pour la RBC, cette approche n'est pas développée ici.

Les espaces verts présentent de nombreux bénéfices pour la santé des populations urbaines, en plus de leur rôle de préservation de la faune et de la flore locale. Leur présence en nombre important dans une ville est associée à une meilleure santé des habitants ainsi qu'à un plus grand sentiment de bien-être (1,2).

Il n'existe pas de définition universelle d'un espace vert en milieu urbain (1). Typiquement, il s'agit d'un parc public, mais pas seulement (1). Un espace vert urbain peut être un lieu comprenant une surface naturelle (parterre herbeux, terre, roche) ou un milieu naturel dans la ville (bois, parc) mais il peut aussi inclure différents types de verdure comme les arbres présents dans les rues, des espaces bleus (lac, étang, fontaine) et des zones côtières (1). Certaines définitions englobent aussi les plaines de jeux pour enfants, les jardins privés, les bois, les bordures de route, les bords de fleuve, les plages, etc. (1). La caractérisation d'un espace vert urbain dépend donc grandement de la définition utilisée, de même

que du contexte et de la géographie dans lesquels il se situe.

Bruxelles est une capitale relativement verte : elle compte plus de 8000 hectares d'espaces verts sur son territoire et les parcs, jardins et bois accessibles au public représentent environ 18 % de la superficie de la Région (3,4). Cependant, ces espaces verts sont inégalement répartis sur son territoire et de nombreuses surfaces verdurisées ne sont pas accessibles au public (5).

5.2. Principaux effets sur la santé et mécanismes physiopathologiques

5.2.1. Espaces verts et santé

Pour les habitants des villes, les espaces verts sont des éléments importants qui contribuent à leur bien-être (2). La présence d'espaces verts en milieu urbain est associée, dans la littérature scientifique, à une meilleure humeur, une restauration de l'attention et une augmentation de l'effet de relaxation (1,6,7). Les espaces verts bien conçus permettent aussi de réduire le stress et de promouvoir la cohésion sociale (8,9). La diminution du stress lors de contacts avec la nature ou d'activités de jardinage peut être objectivée en mesurant les concentrations en cortisol (biomarqueur de stress chronique) dans le sang (10,11). De plus, il existe une association inverse entre l'exposition aux espaces verts et les marqueurs cardiovasculaires à court terme (rythme cardiaque plus lent lorsque les sujets d'études

marchent dans un parc urbain plutôt que dans un environnement bâti), la violence (crimes, sentiment d'insécurité et comportements agressifs) et la mortalité toutes causes (7). Les études ont montré une influence positive de la fréquentation d'espaces verts sur la santé mais l'intensité de cette influence n'est pas encore claire, variant d'une étude à l'autre.

La marche récréative, qui permet de réduire l'inactivité physique, est corrélée à l'accès et l'utilisation d'espaces verts et ce, pour tous les différents groupes d'âges (adultes, enfants et personnes âgées) : plus les espaces verts sont présents et accessibles, plus ils invitent à s'y promener (1). De manière générale, le temps passé à pratiquer une activité physique modérée à vigoureuse est plus élevé lorsque la personne est entourée d'espaces verts (7). En plus des espaces verts urbains, la quantité et la qualité de la végétation présente dans les rues sont aussi positivement liées à l'activité physique récréative, qui sera d'autant plus élevée que la végétation présente dans les rues est importante (12).

Au-delà des effets sur la santé mentionnés ci-dessus, d'autres effets pourraient exister mais doivent encore être documentés. Il s'agit, notamment, des effets sur la santé des nouveau-nés, sur le risque de développer un cancer et sur la santé cardiovasculaire. La survenue de problèmes de santé à la naissance pourrait être influencée par l'exposition maternelle aux espaces verts, puisque ceux-ci agissent sur le stress, le capital social, le niveau d'activité physique et l'exposition à la pollution de la femme enceinte (7). La relation entre l'exposition aux espaces verts et le risque de développer un cancer n'est pas encore claire. Cependant, nous savons que la qualité de l'air devient meilleure grâce à l'augmentation du nombre d'espaces verts, ce qui pourrait avoir une influence sur l'incidence du cancer du poumon en ville (7). Enfin, de manière indirecte, les espaces verts pourraient avoir un effet positif sur la santé cardiovasculaire en favorisant une bonne santé mentale et une meilleure condition physique (7).

5.2.2. *Espaces verts en ville, pollution de l'air, bruit et chaleur*

Les espaces verts influencent aussi indirectement notre santé en modérant notre exposition à la pollution de l'air, au bruit et à la température ambiante. La végétation, telle que les arbres, les buissons, les plantes et l'herbe, peut diminuer

les impacts négatifs sur la santé des principales sources de polluants (trafic automobile et industries) en améliorant la qualité de l'air en ville. Les concentrations en CO₂ sont diminuées grâce au stockage et à la séquestration de carbone par la végétation (13). Utiliser des moyens naturels représente une solution pour diminuer le bruit urbain : les barrières végétales (rangées d'arbre, buissons, haies), les surfaces végétalisées (murs, toit), les murs de pierres et les talus sont autant d'éléments faciles à intégrer dans le paysage urbain (14). Le son de l'eau permet quant à lui de masquer le bruit lié au trafic et d'apporter une sensation de tranquillité, comme c'est le cas avec la présence d'une fontaine dans un parc (15).

Les îlots de chaleur urbains sont devenus un réel problème de santé publique lors de vagues de chaleur et de canicule puisqu'on observe une augmentation de la mortalité et des morbidités lors de ces événements, surtout chez les personnes âgées (1). Les parcs urbains permettent en moyenne de refroidir l'air ambiant d'environ 1°C par rapport au reste de la ville durant la journée. Toutefois, plus le parc est grand et contient d'arbres, plus la différence de température avec la ville sera importante (16). Pour un effet refroidissant sur la ville d'une plus grande intensité et sur une plus grande distance, il faut compter sur de larges parcs de plus de dix hectares. De plus, la qualité du parc et les conditions climatiques et météorologiques ont aussi leur importance (17).

Un autre exemple de l'influence des espaces verts sur la santé est l'effet positif que ceux-ci pourraient avoir sur la santé cardiovasculaire, en atténuant certains facteurs environnementaux reconnus néfastes pour le système cardiovasculaire tels que la pollution de l'air, le bruit et la chaleur (7).

5.3. Situation en Région de Bruxelles-Capitale

Bruxelles est une capitale verte, comprenant de nombreux parcs, bois, plaines de jeux ainsi qu'une forêt. Toutefois, tous les bruxellois ne bénéficient pas du même accès à un espace vert. Des cartes de la Région nous permettent de mettre en évidence les différences d'accès aux espaces verts en fonction des quartiers en RBC.

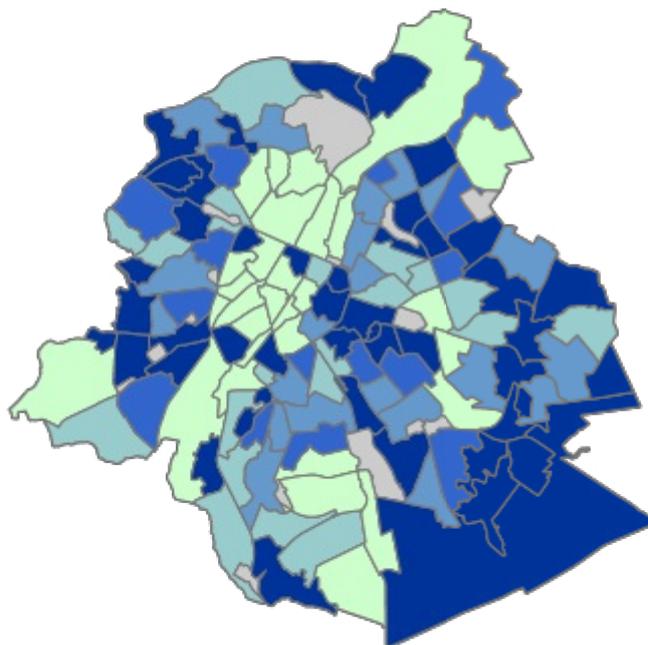
Les trois figures ci-dessous abordent toutes la notion de proximité avec un espace vert, de même que la qualité de ceux-ci pour la deuxième carte.

Figure 5-01. Part de la population à proximité d'un espace vert accessible au public.

Part de la population à proximité d'un espace vert accessible au public

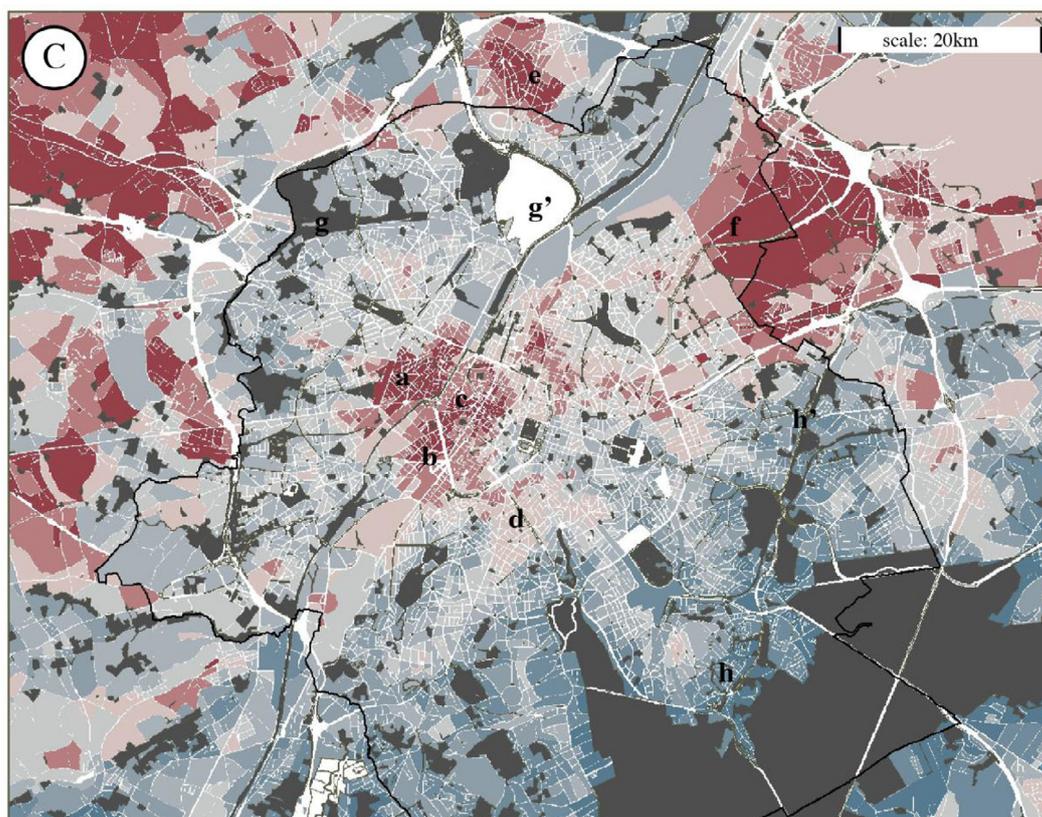
- < 70
- 70 - 80
- 80 - 90
- 90 - 95
- > 95
- < 50 habitants

Moyenne régionale : 81,75



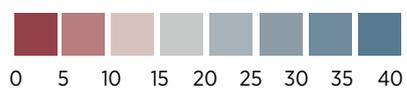
Source : Monitoring des Quartiers (18).

Figure 5-02. Qualité inhérente moyenne d'un lieu par rapport aux espaces verts en RBC.



- Brussels-Capital Region
- Public green spaces
- Non-accessible green spaces

Average inherent quality (INH) over several functional levels



Source : Stessens, 2017, p. 337 (19).

Le niveau de détail n'est pas le même d'une carte à l'autre, ce qui donne des images différentes de la Région bruxelloise. Cependant, le constat est le même pour les trois figures présentées : il existe des inégalités importantes d'accessibilité aux espaces verts entre certains quartiers de la capitale.

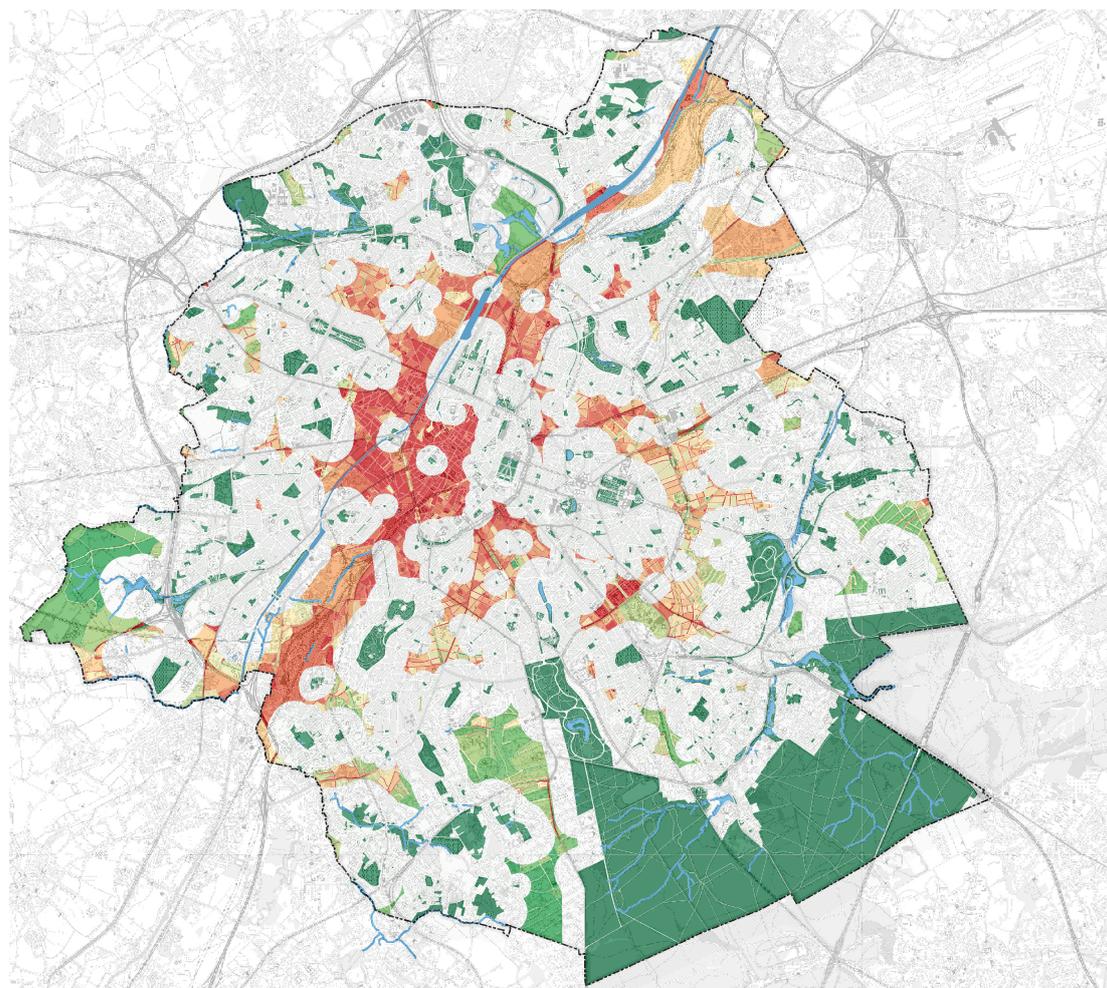
La figure 5-01 présente, par quartier, la part de la population vivant à proximité d'un espace vert accessible au public. Vivre à proximité signifie être domicilié dans un rayon de 300 mètres autour d'un espace vert d'une superficie de 500 m² minimum. Ainsi, les quartiers avoisinant directement un espace vert obtiennent naturellement un pourcentage plus élevé que les autres. Un rapide coup d'œil permet de discerner clairement des disparités entre les quartiers bordant le canal (majoritairement de couleur vert clair) et les quartiers se situant en périphérie de la Région bruxelloise (bleu foncé), rappelant les déséquilibres socioéconomiques de la capitale. Nous remarquons que les quartiers autour du canal, du Nord au Sud de la ville, trahissent une faible disponibilité d'espaces verts, contrairement aux quartiers plus favorisés situés en périphérie de la ville, comme dans les communes de Woluwé Saint-Pierre, Woluwé Saint-Lambert et de Ganshoren entre autres. Cette situation ne se retrouve pas partout : certains quartiers de la commune d'Uccle font figure d'exception, compensés par la présence de jardins privés.

Sur la figure 5-02, les pâtés de maison sont qualifiés selon un score, de faible à élevé, en fonction de la qualité et de la proximité de(s) espace(s) vert(s) avoisinant(s). Ce score caractérise aussi

l'accessibilité de l'espace vert par rapport aux quartiers se situant autour. La qualité des espaces verts est évaluée par rapport à 3 critères : l'espace vert est-il 1) naturel (et comportant une grande biodiversité), 2) calme et 3) spacieux ? L'espace vert est aussi caractérisé par sa taille, ce qui conditionne sa fonction théorique (espace vert résidentiel, de voisinage, de quartier, d'une zone, d'une ville, urbain ou métropolitain/régional).

Plus les zones (îlots de maison) sont indiquées en bleu foncé, plus elles sont considérées comme impactées positivement par l'espace vert le plus proche. À l'inverse, les zones ont un score plus faible lorsque l'espace vert le plus proche se situe loin (distance à pied trop grande) et n'est pas de bonne qualité, et sont alors indiquées en rouge. La carte permet de mettre en évidence d'une part des zones du centre de Bruxelles (dans et autour de la petite ceinture) caractérisées par une faible qualité et proximité des espaces verts et d'autre part une grande qualité et proximité en périphérie (surtout dans le Sud et l'Est de la Région). Les lettres reprises de a) à f) sur la carte mettent en évidence des quartiers manquant d'espaces verts publics dans leurs environs : a) Molenbeek Saint-Jean, b) Anneessens, c) Dansaert, d) Louise et Matongé, e) Grimbergen sud et f) Diegem. Les lettres g et h sont, elles, utilisées pour faire ressortir les quartiers où la proximité d'espaces verts est grande : g-g') la vallée du Molenbeek et h-h') la vallée du Woluwe (ruisseaux). Selon les auteurs, la carte montre qu'approximativement deux tiers de la population bruxelloise n'a pas accès à des espaces verts de grande qualité à proximité de chez elle (19).

Figure 5-03. Zones de carence en espaces verts accessibles au public en RBC.



Zones de carence en espaces verts publics

Couverture végétale des zones de carence en espaces verts publics



 Zones pourvues en espaces verts publics
 Espaces verts accessibles au public

Source : Plan régional Nature 2016-2020 - Bruxelles Environnement, p. 20 (20).

Sur la figure 5-03, sont représentées en rouge les zones de carence en espaces verts publics dans la Région bruxelloise. Les zones dites « de carence » sont les zones situées à plus de 200 mètres d'un espace vert public d'une superficie inférieure à 1 hectare ou à plus de 400 mètres d'un espace vert public de plus grande superficie. Chaque espace vert possède un rayon de 200 ou 400 mètres d'influence (espaces verts où les habitants du quartier se rendent), selon sa superficie,

correspondant à environ 2 à 5 minutes de marche pour le rejoindre. Toutes les zones non couvertes par les cercles « d'influence » des espaces verts sont considérées comme des zones de carence. La carte identifie des zones de carence le long du canal, au centre-ville et dans des quartiers de première couronne majoritairement. Cette carte est utile pour orienter les actions prioritaires à mener, notamment pour le Plan Régional Nature 2016-2020¹⁴.

14. https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/prog_20160414_naplan_fr.pdf



5.4. ESSENTIELS À RETENIR

- Les espaces verts urbains sont des éléments importants qui contribuent au bien-être et à la diminution du stress. Ils sont aussi associés à une augmentation de l'activité physique et à une meilleure santé cardiovasculaire.
- Indirectement, les espaces verts ont également un effet protecteur sur notre santé grâce à leurs rôles de modérateurs de la pollution de l'air, du bruit et des îlots de chaleur urbains.
- Malgré une quantité importante d'espaces verts sur son territoire, la Région bruxelloise fait face à des inégalités d'accessibilité (proximité, nombre et qualité) aux espaces verts. Ces inégalités ont une distribution géographique souvent superposable à celle des disparités socioéconomiques observées au sein de la RBC.

5.5. Références

1. WHO Regional Office for Europe. Urban green spaces and health: Review of evidence. Copenhagen ; 2016. 91p. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/321971/Urban-green-spaces-and-health-review-evidence.pdf?ua=1
2. Bertram C, Rehdanz K. The role of urban green space for human well-being. *Ecol Econ*. Décembre 2015 ; 120 (C) : 139-52.
3. Feijt C, Herickx C, Onclinkx F. L'occupation du sol et les paysages bruxellois : Degré de verdurisation et espaces verts (situation 1997). Bruxelles : Bruxelles Environnement ; 2002 [consulté le 27 novembre 2019]. 9p. Disponible : http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Sol%203
4. Bruxelles Environnement. La gestion des espaces verts. Bruxelles [mise à jour le 11 octobre 2018 ; consulté le 27 novembre 2019]. Disponible : <https://environnement.brussels/thematiques/espaces-verts-et-biodiversite/les-parcs-et-jardins/la-gestion-des-espaces-verts>
5. De Villers J, Merlin J, Vermoesen F. L'occupation du sol et les paysages bruxellois : le maillage vert. Bruxelles : Bruxelles Environnement ; Janvier 2017 [consulté le 27 novembre 2019]. 30p. Disponible : http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Sol%206
6. Aspinall P, Mavros P, Coyne R, Roe J. The urban brain : analysing outdoor physical activity with mobile EEG. *Br J Sports Med*. Février 2015 ; 49 (4) : 272-6.
7. Kondo MC, Fluehr JM, McKeon T, Branas CC. Urban green space and its impact on human health. *Int J Environ Res Public Health*. 3 mars 2018 ; 15 (3) : 445.
8. De Vries S, van Dillen SME, Groenewegen PP, Spreeuwenberg P. Streetscape greenery and health: Stress, social cohesion and physical activity as mediators. *Soc Sci Med*. 1 octobre 2013 ; 94 : 26-33.
9. Sarkar C, Webster C, Gallacher J. Residential greenness and prevalence of major depressive disorders: a cross-sectional, observational, associational study of 94 879 adult UK Biobank participants. *Lancet Planet Health*. Avril 2018 ; 2 (4) : 162-73.
10. Beil K, Hanes D. The influence of urban natural and built environments on physiological and psychological measures of stress - a pilot study. *Int J Environ Res Public Health*. Mars 2013 ; 10 (4) : 1250-67.
11. Roe JJ, Ward Thompson C, Aspinall PA, Brewer MJ, Duff EI, Miller D, et al. Green space and stress: Evidence from cortisol measures in deprived urban communities. *Int J Environ Res Public Health*. Septembre 2013 ; 10 (9) : 4086-103.
12. Lu Y. Using Google Street View to investigate the association between street greenery and physical activity. *Landscape Urban Plan*. 28 septembre 2018 ; 191 : 103435.



13. Shi Y, Ge Y, Jin H, Ren Y, Qu Z, Bao Z, et al. Progress in studies on carbon sequestration of urban vegetation. *Linye Kexue/Scientia Silvae Sin.* Juin 2016 ; 52 (6) : 122–9.
14. Van Renterghem T, Forssén J, Attenborough K, Jean P, Defrance J, Hornikx M, et al. Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. *Applied Acoustics.* Mai 2015 ; 92 : 86–101.
15. Galbrun L, Ali TT. Acoustical and perceptual assessment of water sounds and their use over road traffic noise. *J Acoust Soc Am.* 4 janvier 2013 ; 133 (1) : 227–37.
16. Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin AS. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape Urban Plan.* 15 septembre 2010 ; 97 (3) : 147–55.
17. Aram F, Higuera García E, Solgi E, Mansournia S. Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon.* 8 avril 2019 ; 5 (4) : 1339.
18. IBSA. Part de la population à proximité d'un espace vert accessible au public 2012 (%). 2012 [consulté le 29 mars 2019]. Disponible : <https://monitoring-desquartiers.brussels/maps/statistiques-environnement-bruxelles/espaces-verts-region-bruxelloise/part-de-la-population-proximite-dun-espace-vert/1/2012/>
19. Stessens P, Khan AZ, Huysmans M, Canters F. Analysing urban green space accessibility and quality: A GIS-based model as spatial decision support for urban ecosystem services in Brussels. *Ecosyst Serv.* Décembre 2017 ; 28 (C) : 328–40.
20. Bruxelles Environnement. Plan Nature : Plan régional nature 2016-2020 en Région de Bruxelles-Capitale. Bruxelles : Bruxelles Environnement ; 14 avril 2016 [consulté le 27 novembre 2019]. 157p. Disponible : https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/prog_20160414_naplan_fr.pdf

Activité physique : bouger dans sa ville

6.1. Introduction

Ce chapitre aborde l'activité physique. Il traite de la façon dont la ville et son organisation peuvent influencer le niveau d'activité physique de ses habitants et présente les données disponibles pour la Région bruxelloise.

L'activité physique se définit comme « tout mouvement produit par les muscles squelettiques, responsable d'une augmentation de la dépense énergétique » (1). Elle est essentielle pour la santé et le bien-être puisqu'elle joue un rôle déterminant dans la dépense énergétique et le contrôle du poids corporel (2).

L'inactivité physique, ou sédentarité, est un réel enjeu mondial de santé publique. Elle est même récemment devenue le 4^{ème} facteur de risque de décès dans le monde (1). En Belgique, il est estimé que l'inactivité physique cause 7,1 % des cas de maladies cardio-vasculaires, 8,8 % des cas de diabète (type 2), 11,7 % des cas de cancer du sein et 12,6 % des cas de cancer du côlon (3).

Les villes peuvent améliorer la santé des citoyens en les faisant bouger et adopter une pratique d'activité physique plus régulière, ce qui diminue le risque de développer des maladies chroniques (4,5). Bouger en ville quotidiennement pour sa santé se traduit par des activités physiques d'intensité modérée comme les déplacements urbains : la marche, le vélo, la trottinette, le skate-board, etc. Ils sont appelés « moyens de déplacement actifs », c'est-à-dire des modes de transport utilisés pour se déplacer d'un endroit à un autre et qui permettent de dépenser de l'énergie, contrairement à la voiture ou aux transports en commun.

L'activité physique ne se résume pas qu'à la pratique d'un sport dans un club ou dans un complexe sportif et peut se pratiquer de façon informelle et spontanée : marcher pour faire ses courses, se rendre à vélo au travail, courir dans un parc, etc. Les possibilités de réaliser une activité physique sont multiples en ville et les infrastructures disponibles peuvent aider à la pratiquer. La présence de pistes cyclables, d'engins de fitness installés dans les parcs, de trottoirs larges et de promenades piétonnes en sont quelques exemples. Les espaces urbains organisés d'une façon telle qu'ils favorisent l'activité physique sont à privilégier et à développer au maximum dans une ville (2).

6.1.1. Organisation de la ville et activité physique

L'organisation de l'espace urbain, caractérisé par ses bâtiments, voiries et infrastructures, influence le mode de déplacement des habitants. Le niveau d'activité physique des citoyens est ainsi plus élevé lorsque l'environnement bâti du quartier est favorable aux piétons et aux cyclistes, ce qui les encourage à adopter un mode de déplacement actif (6-8).

Un environnement favorable à la pratique d'une activité physique se traduit par la présence d'infrastructures pour la marche, le vélo et les transports en commun : trottoirs et espaces réservés aux piétons et aux cyclistes, pistes cyclables, parking à vélos, réseau de transports en commun bien développé et voirie améliorée (9). Avoir une offre de transports publics développée facilite

les déplacements à pied dans la mesure où les habitants ont la possibilité de se rendre à divers endroits de la ville aisément (10) et une bonne offre de transports se traduit par une dépendance moins élevée à la voiture (11).

Le nombre de centres d'intérêts (pôles d'attractivité) à proximité du lieu d'habitation ou de travail, la diversité d'occupation du sol (résidentiel, bureaux, commercial), la disponibilité du réseau de transports en commun, la distance des parcs et l'offre en infrastructures sportives constituent des atouts majeurs pour augmenter l'accessibilité des points d'intérêt de la ville et du quartier aux piétons et aux cyclistes (9). Un quartier accessible se définit également par son caractère compact et connecté, c'est-à-dire la connectivité des rues entre-elles et le nombre d'intersections (12).

Outre le développement des infrastructures et de l'accessibilité d'une ville, la présence de parcs et de verdure encourage les déplacements actifs. L'entretien et le développement de ces zones (notamment par l'ajout de nouveaux équipements comme des bancs, des jeux, des modules sportifs, etc.) influencent positivement leur fréquentation, favorisant ainsi l'activité physique. Il en va de même pour les plaines de jeux (9). Le nombre de parcs dans un rayon de 500 mètres autour du lieu de vie conditionne tant les déplacements actifs que la pratique d'une activité physique récréative (10).

La densité résidentielle et de bureaux, l'esthétique de l'environnement extérieur et la sécurité forment aussi des éléments déterminants (9). Une densité résidentielle élevée est importante pour favoriser les modes de déplacements actifs. En effet, pour soutenir l'existence de commerces de proximité, de services et la fréquence de passage de transports publics, la densité de population se doit d'être élevée pour que ces espaces soient suffisamment fréquentés. Ainsi, l'existence de commerces, services et transports dans un quartier favorisera les déplacements à pied ou à vélo des habitants (10).

Comme nous pouvons le voir, il existe une multitude de paramètres de l'environnement urbain qui influence le niveau d'activité physique des habitants d'une ville. C'est la combinaison de ces différents paramètres plutôt qu'un seul qui permet d'expliquer les variations du niveau d'ac-

tivité physique. Dans les villes européennes, trois paramètres environnementaux ont une influence particulièrement grande : la densité résidentielle, la densité de transports publics disponibles et la densité de parcs (10).

6.2. Principaux effets sur la santé et mécanismes physiopathologiques

L'augmentation du niveau d'activité physique, grâce aux transports actifs par exemple, diminue le risque de développer certaines pathologies : les maladies cardio-vasculaires (hypertension artérielle, AVC, maladies coronariennes) chez les jeunes et chez les adultes, ainsi que les maladies respiratoires, le diabète de type 2, le cancer du sein et du colon chez les adultes d'âge moyen et chez les personnes âgées (1,13,14). L'activité physique contribue aussi au maintien, voire à une amélioration, de l'état osseux (moins de risque de fracture du bassin ou de fracture vertébrale et d'apparition d'ostéoporose) et a un effet positif sur la dépression ainsi que sur la prévention des chutes (1). D'autres effets évidents de l'exercice physique sont le contrôle du poids corporel et la prévention de l'obésité (1). Les personnes pratiquant une activité physique régulière ont également une meilleure capacité cardio-respiratoire et musculaire (1). La pratique de la marche et du vélo est même associée à une diminution de la mortalité, toutes causes confondues (15).

La transition de la voiture aux modes de déplacement actif, outre l'augmentation de l'activité physique, a aussi des effets positifs sur les émissions de CO₂, sur la pollution de l'air, le bruit, les accidents liés au trafic routier et permet de décongestionner le trafic urbain (13,16-18). Pour les accidents liés au trafic, les résultats sont plus divergents. Certaines études estiment que le nombre de décès et de blessures augmente avec le niveau de déplacement par transport actif, alors que d'autres ont mis en évidence une diminution des accidents et décès (14). Ces différences peuvent s'expliquer par la méthodologie utilisée dans les études, dont la prise en compte, ou non, de la diminution du trafic automobile lorsque les transports actifs sont augmentés par exemple. Selon des études réalisées en Europe, les personnes âgées représentent la population qui bénéficierait le plus de la transition vers un mode de déplacement actif au niveau de leur santé (14).

Tableau 6-01. Temps moyen (en minutes) consacré à une activité physique (au moins modérée) par sexe et par groupe d'âge, en RBC.

		Moyenne (en minutes) standardisée/semaine
Sexe	Homme	287,7
	Femme	158,2
Groupe d'âge	15-24 ans	379,4
	25-34 ans	242,2
	35-44 ans	240,1
	45-54 ans	251,3
	55-64 ans	170,1
	65-74 ans	107,1
	75 ans et plus	103,6

Source : ISP-WIV, 2014 (19).

6.3. Situation en Région de Bruxelles-Capitale

6.3.1. Être actif en ville : sédentaires les bruxellois ?

6.3.1.1. Pratique d'une activité physique régulière

Le temps moyen consacré à la pratique d'une activité physique, au moins modérée¹⁵, par semaine, diffère grandement selon le groupe d'âge (tableau 6-01). Les 15-24 ans représente le groupe de bruxellois consacrant le plus de temps (379,4 minutes/semaine) à la pratique d'une activité physique. Après 55 ans, le nombre moyen

de minutes par semaine consacré à la pratique d'une activité physique diminue de manière importante.

Par rapport aux recommandations de l'OMS (1), tous les groupes d'âge présentés dans le tableau 6-01 atteignent le minimum de 150 minutes d'activité physique d'intensité modérée par semaine, sauf les personnes plus âgées (après 65 ans). Les femmes sont, en moyenne, moins actives que les hommes puisqu'elles dépassent à peine les recommandations par semaine.

Tableau 6-02. Proportion (%) d'enfants et d'adolescents (10-22 ans) scolarisés en RBC dans des écoles francophones pratiquant quotidiennement ou non une activité physique d'au moins 60 min./jour, par sexe et par niveau scolaire.

Pratique d'une activité physique d'au moins 60 min./jour			
		Non quotidiennement (%)	Quotidiennement (%)
Sexe	Garçons	78,6	21,4
	Filles	88,6	11,4
Niveau scolaire	Primaires	79,2	20,8
	Secondaires	85,0	15,0

Source : SIPES, 2014 (20).

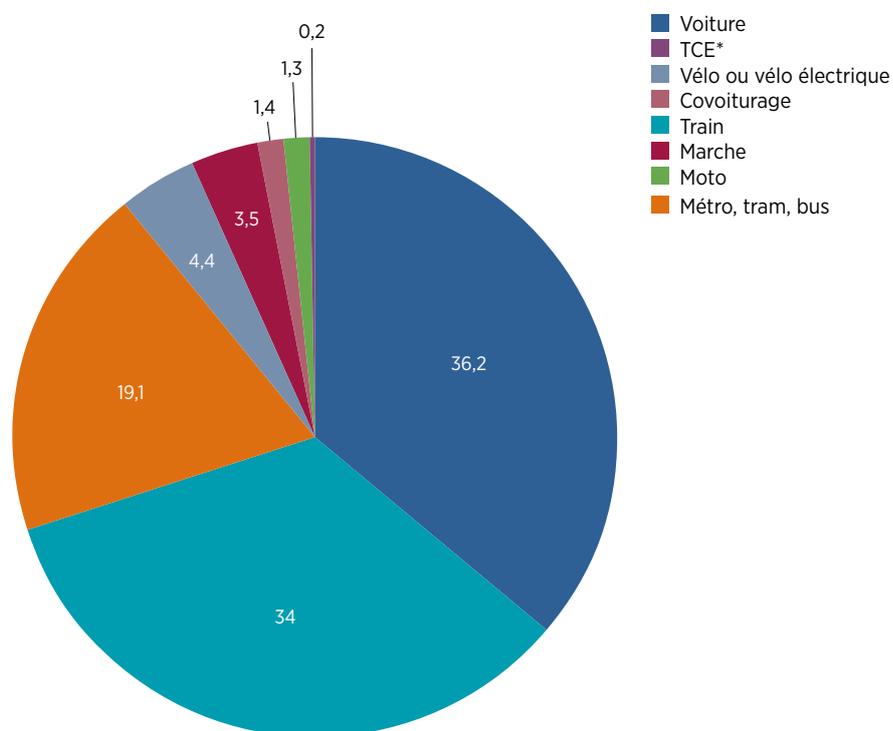
15. Une activité physique modérée demande un effort moyen et accélère sensiblement la fréquence cardiaque. Elle se traduit par de la marche à un pas vif, de la danse, du jardinage, des travaux ménagers, sortir promener le chien, faire du bricolage et par bien d'autres petites activités quotidiennes (OMS, 2010).

Dans le tableau 6-02, on constate que la situation des enfants et adolescents bruxellois (en écoles primaires et secondaires francophones, âgés de 10 à 22 ans) est insatisfaisante puisque 84 % d'entre eux n'atteignent pas les recommandations de l'OMS préconisant 60 minutes minimum d'activité physique modérée à intense par jour (1). La proportion d'enfants et d'adolescents n'atteignant pas les recommandations de l'OMS est plus élevée chez les filles (88,6 %) que chez les garçons (78,6 %) et dans l'enseignement secondaire (85 %) par rapport au primaire (79,2 %).

6.3.1.2. Comment les travailleurs se rendent-ils au travail à Bruxelles ?

Parmi les travailleurs dont le lieu de travail se situe à Bruxelles, la part qui se déplace à vélo pour les trajets domicile-travail est de 4,4 %. La marche représente quant à elle 3,5 % des déplacements. La voiture est toujours largement dominante dans la mesure où 36,2 % des travailleurs optent pour ce type de déplacement comme mode de transport principal pour se rendre sur leur lieu de travail en RBC (21) (figure 6-01).

Figure 6-01. Modes de transport utilisés pour se rendre sur le lieu de travail situé en RBC (*TCE : Transport Collectif organisé par l'employeur).



Source : SPF Mobilité et Transports (21).

Ces données sont calculées sur la base du lieu de travail (pour des entreprises et des services publics qui occupent plus de 100 personnes) et du mode de transport principal, quel que soit le lieu du domicile (qui peut se trouver en dehors de Bruxelles). Ceci explique la part élevée attribuée aux déplacements en train, probablement liée aux travailleurs résidant hors de la capitale.

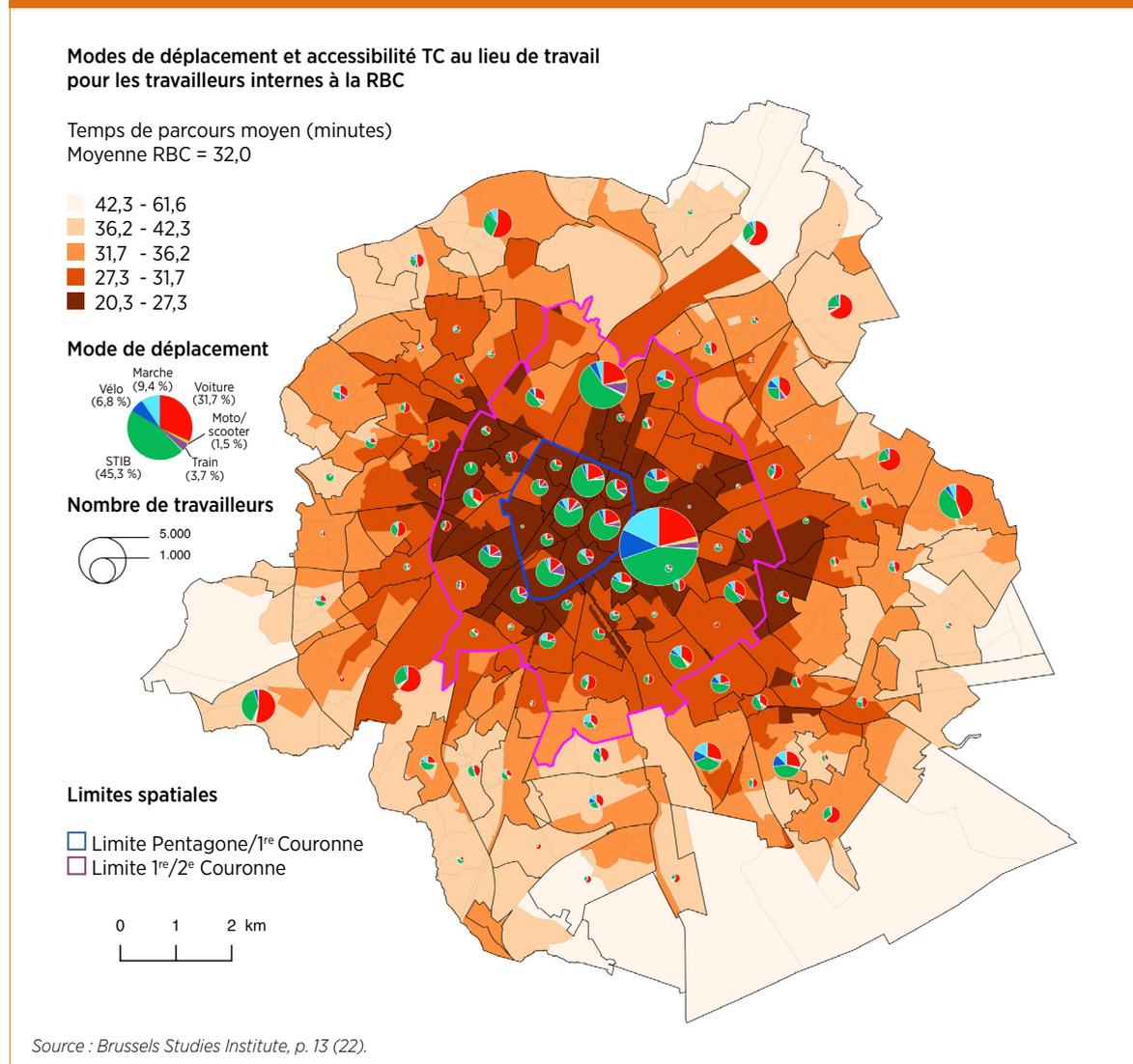
Malgré un pourcentage d'automobilistes et de navetteurs largement plus important que de cyclistes et de marcheurs, ces derniers gagnent progressivement du terrain dans la capitale (voir la section suivante).

Pour les personnes résidant et travaillant à Bruxelles, il existe d'autres informations qui permettent de cibler leurs habitudes de déplacement. La figure 6-02 s'intéresse aux modes de déplacement, utilisés par les travailleurs ré-

sidant et travaillant en Région bruxelloise, pour se rendre sur leur lieu de travail et au temps de parcours moyen pour y arriver.

La figure 6-02 montre qu'à l'intérieur du Pentagone (délimité en bleu), la grande majorité des déplacements pour se rendre au travail est réalisée en transports en commun, suivie par les déplacements en voiture. Viennent ensuite les autres modes de déplacement, avec une part restreinte dédiée aux transports actifs tels que la marche et le vélo. La part des déplacements en transports en commun diminue globalement au sein de la première couronne de la Région par rapport au Pentagone, et la part de déplacements à pied et à vélo à quant à elle tendance à augmenter. En dehors de la première couronne, la part laissée à la voiture augmente, diminuant les autres modes utilisés pour se déplacer. Ceci n'est pourtant pas observé partout : des quartiers

Figure 6-02. Modes de déplacement et accessibilité du lieu de travail en transports en commun pour les travailleurs au sein de la RBC.



d'Ixelles et de Watermael-Boitsfort présentent une tendance plus importante aux déplacements à pied, à vélo et en transports en commun qu'en voiture.

Bien que la part de travailleurs bruxellois se rendant au travail en transports en commun soit majoritaire dans les quartiers centraux de la ville, la voiture occupe toujours une place prépondérante dans de nombreux quartiers périphériques. La part attribuée aux déplacements à pied et à vélo pourrait également être augmentée puisqu'elle reste largement minoritaire dans tous les quartiers de la RBC.

Globalement, on observe un lien entre le temps de parcours moyen pour accéder au lieu de travail (en minutes) et le mode de transport choisi pour s'y rendre. Plus l'accessibilité d'un quartier est aisée (temps de parcours plus court), plus l'usage des transports en commun est important et moins la voiture est utilisée (remarque surtout valable pour les quartiers du centre et de première couronne).

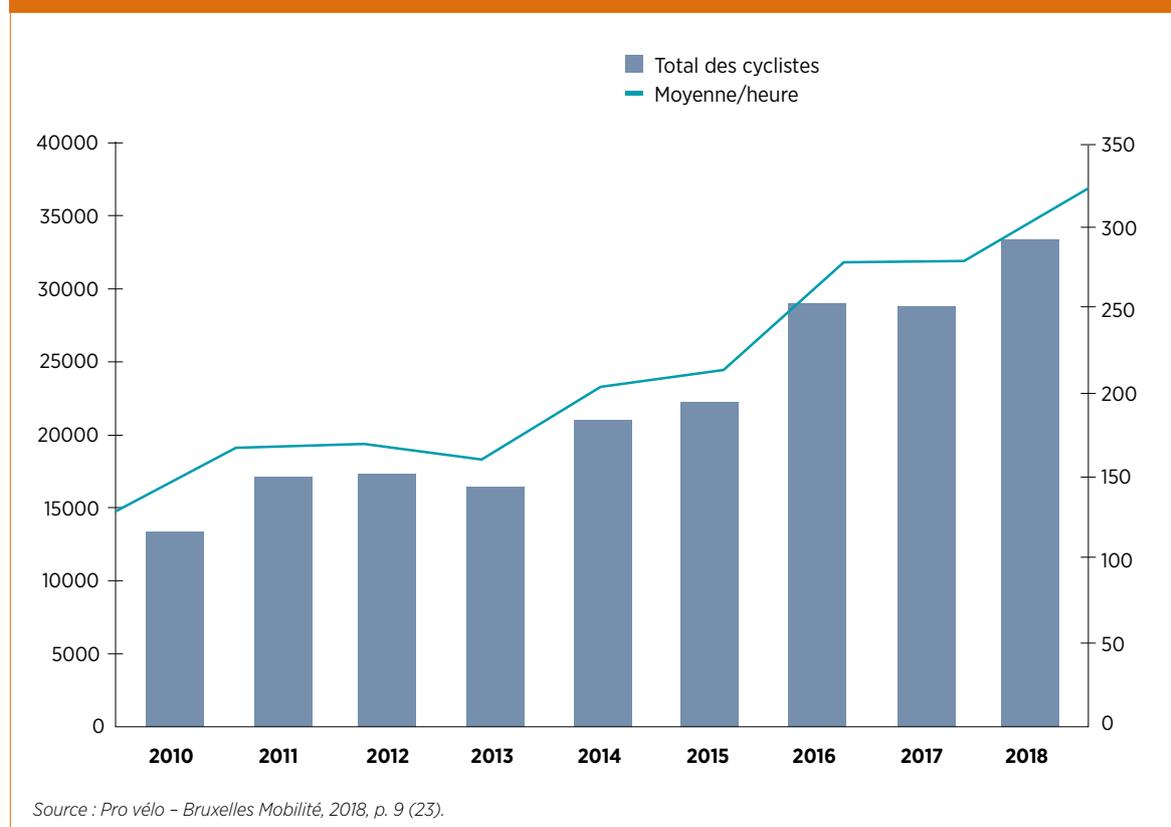
Le constat est moins évident en ce qui concerne la marche et l'usage du vélo puisque certains pôles

d'emplois du centre de la capitale sont fortement rejoints à pied ou à vélo (quartier européen) alors que d'autres le sont beaucoup moins (quartiers du béguinage, Stalingrad). À l'inverse, des quartiers plus périphériques de la ville et moins accessibles en transports en commun sont proportionnellement plus rejoints à pied et à vélo que le centre (quartiers Boondael, Watermael centre, Berchem Sainte-Agathe centre (pour la marche), Avenue Léopold III).

6.3.1.3. L'engouement pour le vélo

La pratique du vélo dans notre capitale connaît un succès croissant depuis 2010 (figure 6-03). En effet, une augmentation de 16 % de vélos (comptages) a été observée pour l'année 2018 par rapport à 2017 et le taux de croissance annuel moyen est de 13 % depuis 2010 (sur base de comptages de cyclistes et de moyennes de passages de cyclistes, aux points de comptage, par heure). Les Villo ! (vélos partagés bruxellois) ont quant à eux représenté 5 % du total des vélos comptabilisés en 2018 (23).

Figure 6-03. Evolution du nombre de cyclistes en RBC entre 2010 et 2018 (26 points de comptage en janvier, mai, septembre et novembre).



6.3.1.4. Et la marche ?

Par rapport aux années antérieures, il y a également une réelle augmentation de la marche en Région bruxelloise, bien plus marquée que pour la Flandre et la Wallonie. La marche comme moyen de déplacement principal pour se rendre sur le lieu de travail a augmenté de près de 34 % entre 2005 et 2017 (passant de 2,6 à 3,5 % du total des déplacements) (21).

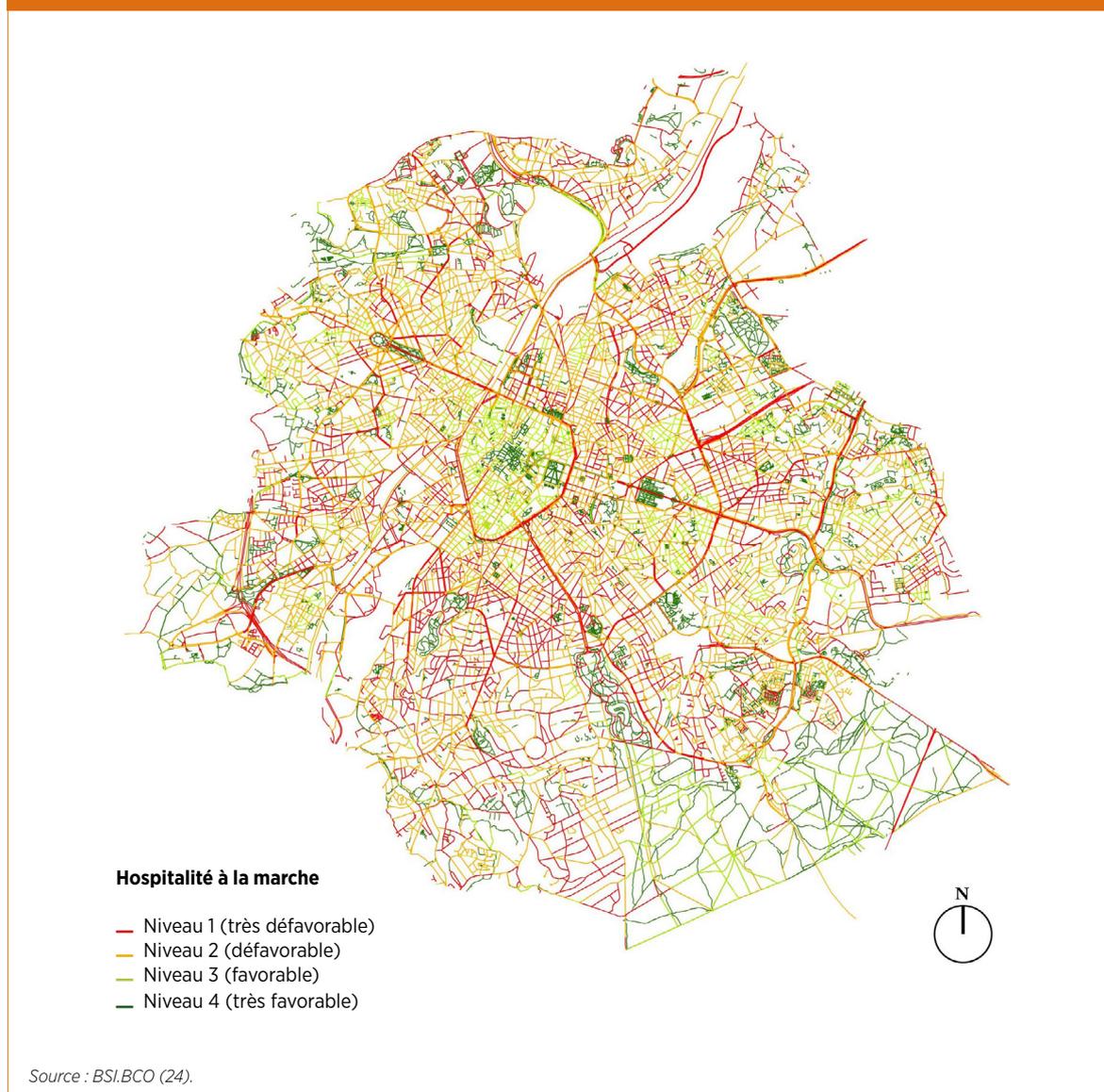
6.3.2. Quand la ville influence nos déplacements : l'accessibilité

Il existe différentes façons de caractériser l'accessibilité d'un quartier ou d'une ville et divers outils sont utilisés à cette fin. Les résultats peuvent être fort différents suivant l'outil et le type d'accessibilité qu'il cherche à mesurer : mettre en lumière

certains problèmes d'infrastructure, mettre en avant certaines zones riches en commerces, identifier les inégalités sociales, etc.

La figure 6-04 illustre le niveau d'hospitalité à la marche de la voirie, en intégrant les adjouvants et opposants à la lenteur. Les adjouvants à la lenteur (ou aux modes de déplacement actif) comprennent la présence d'arbres, d'éclairages publics, de bancs, de passages pour piétons, de feux de signalisation, de sas cyclistes ainsi que d'arrêts de transport en commun. Lorsque ces éléments sont présents sur un tronçon de voirie, ils apportent une plus-value et augmentent le niveau d'hospitalité à la marche. En revanche, des opposants à la lenteur tels que la présence de pavés ou les ruptures occasionnées par les voies ferrées, le métro ou les infrastructures importantes (tunnels, ponts, etc.) pénalisent le niveau d'hospitalité à la marche. Le relief de la ville est

Figure 6-04. Hospitalité à la marche de la voirie en RBC.



également intégré dans la carte puisqu'il fait lui aussi partie intégrante de Bruxelles.

L'« hyper-centre » de Bruxelles (pentagone) apparaît de manière générale favorable, voire très favorable à la marche. Le piétonnier du centre de la ville est considéré comme étant très favorable à la marche. Une grande partie des rues et des grands axes de la Région est en revanche orange ou rouge, et dès lors peu adaptée aux piétons. Dans la perspective d'une ville davantage « marchable », l'ensemble du réseau de voiries devrait favoriser le piéton et lui donner plus d'importance dans l'espace public.

6.3.3. *Activité physique, pollution de l'air et bruit*

Pratiquer une activité physique régulière présente de nombreux bénéfices pour la santé. Nous pouvons tout de même nous interroger sur les effets négatifs engendrés par la pollution de l'air et le bruit environnemental, pollutions auxquelles une personne est régulièrement exposée lors de la pratique d'activité physique en ville.

Bien que les activités humaines (trafic automobile, industries, chauffage, etc.) entraînent une augmentation de la pollution de l'air, plus particulièrement inhalée lors d'activités physiques (augmentation du volume d'air inspiré), la réponse est à nuancer. En effet, il a été montré que les effets positifs liés à l'activité physique en ville (marche, vélo, autres sports) sont beaucoup plus importants pour la santé que les effets négatifs liés à la pollution de l'air et aux risques d'accidents liés au trafic routier (14).

Par exemple, les cyclistes bruxellois pourraient pédaler pendant plus de 14 heures par jour (ou 855 minutes) avant que les bénéfices liés à l'activité physique ne se retrouvent annulés par l'exposition aux particules fines présentes dans l'air (PM_{2,5}).

Autrement dit, si on continue à pédaler après ce temps-là, la balance s'égalise et les effets négatifs sont aussi importants que les effets positifs pour la santé humaine (25) (estimation basée sur les concentrations moyennes annuelles de PM_{2,5} pour l'année 2017 à Bruxelles¹⁶). À titre de comparaison, les habitants de New Delhi en Inde, l'une des villes les plus polluées au monde, ne peuvent pratiquer le vélo que 30 minutes¹⁷ avant que les bénéfices pour leur santé ne s'annulent.

Les cyclistes et marcheurs sont exposés à une certaine quantité de polluants de l'air mais les conducteurs automobile et leurs passagers le sont également, et même plus fortement (26). En effet, la pollution présente dans l'air ambiant pénètre dans le véhicule en particulier lors d'embouteillages ou d'arrêts au feu rouge (27,28). Contrairement à ce que nous pourrions penser, les automobilistes ne sont pas à l'abri dans leur véhicule et inhalent eux aussi des polluants de l'air.

Enfin, n'oublions pas que lorsqu'une part importante de la population commence à se déplacer à pied ou à vélo, la concentration en polluants de l'air (PM_{2,5}, BC) devient moins importante grâce à la diminution de véhicules motorisés utilisés (14). Si la part de cyclistes et de marcheurs continue à augmenter à Bruxelles et remplace les automobilistes, nous devrions constater une diminution de la pollution de l'air.

Au-delà de la pollution de l'air, des études se sont intéressées au lien qui pourrait exister entre exposition au bruit et activité physique. Bien qu'il existe peu d'information à ce sujet, il a été démontré que l'exposition à long terme au bruit lié aux transports, même à de faibles niveaux sonores, influence défavorablement la pratique d'une activité physique. Les impacts pourraient être plus grands chez les femmes, les personnes qui connaissent des troubles du sommeil et qui souffrent de maladies chroniques (29).

16. <https://www.irceline.be/fr/documentation/publications/annual-reports/rapport-annuel-2017/view>. Valeur moyenne annuelle de 12,7 µg/m³ pour Bruxelles et estimation du nombre d'heures donnée selon le scénario de Tainio (2016) avec des concentrations de 15 µg/m³ (valeur la plus proche).

17. Sur base d'une concentration moyenne annuelle de 113 µg/m³ en 2016.

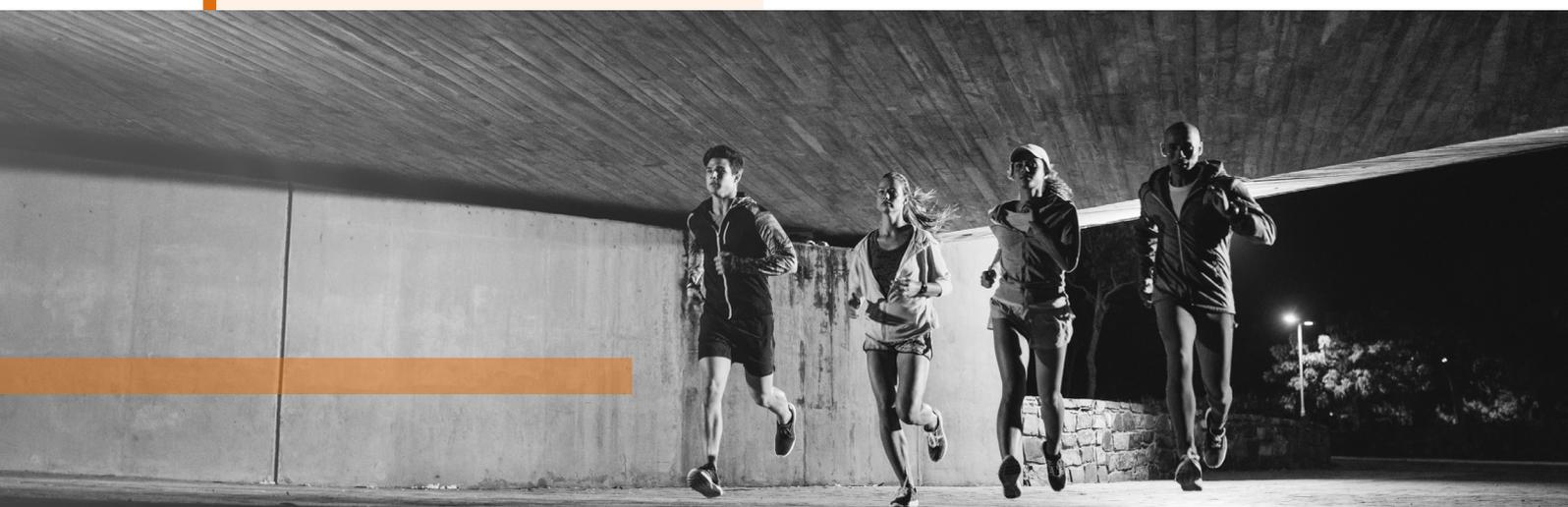


6.4. ESSENTIELS À RETENIR

- Les modes de déplacement actif sont associés à une diminution générale de la mortalité toutes causes et du risque de développer certaines pathologies.
- Les caractéristiques de l'environnement bâti (constructions, voiries, infrastructures publiques) d'une ville comme Bruxelles peuvent influencer la pratique de modes de déplacement actif (marche, vélo) et le niveau d'activité physique.
- Parmi les travailleurs dont le lieu de travail se situe à Bruxelles, 4,4 % utilisent le vélo pour les déplacements domicile-travail et 3,5 % la marche pour ces déplacements.
- Le nombre de cyclistes bruxellois augmente de manière constante depuis 2010 (13 % de taux de croissance annuel).
- Les cyclistes bruxellois pourraient pédaler durant plus de 14 h dans la ville avant que les bénéfices pour leur santé liés à cette activité ne soient annulés par les risques liés à l'exposition à la pollution de l'air.
- Certains quartiers de la capitale sont plus hospitaliers à la marche que d'autres.
- L'accessibilité du lieu de travail en transports publics est plus aisée au centre de la ville plutôt qu'en périphérie.
- Différents outils existent pour caractériser l'accessibilité d'un quartier ou d'une ville mais il conviendrait de les adapter (spécificité, précision) pour pouvoir les utiliser en RBC.

6.5. Références

1. WHO. Global recommendations on physical activity for health. Genève ; 2010 [consulté le 26 mars 2019]. Disponible : <https://www.who.int/dietphysicalactivity/global-PA-recs-2010.pdf>
2. WHO. Towards More Physical Activity in Cities: Transforming public spaces to promote physical activity-a key contributor to achieving the Sustainable Development Goals in Europe . Copenhague ; 2017 [consulté le 27 mai 2019]. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/353043/2017_WHO_Report_FINAL_WEB.pdf?ua=1
3. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 21 juillet 2012 ; 380 (9838) : 219-29.
4. Giles-Corti B, Vernez-Moudon A, Reis R, Turrell G, Dannenberg AL, Badland H, et al. City planning and population health: a global challenge. *Lancet*. 10 décembre 2016 ; 388 (10062) : 2912-24.
5. Sallis JF, Bull F, Burdett R, Frank LD, Griffiths P, Giles-Corti B, et al. Use of science to guide city planning policy and practice: how to achieve healthy and sustainable future cities. *Lancet*. 10 décembre 2016 ; 388 (10062) : 2936-47.
6. Goodman A, Panter J, Sharp SJ, Ogilvie D. Effectiveness and equity impacts of town-wide cycling initiatives in England: A longitudinal, controlled natural experimental study. *Soc Sci Med*. 1 novembre 2013 ; 97 : 228-37.
7. Goodman A, Sahlqvist S, Ogilvie D, iConnect Consortium on behalf of the iConnect. New walking and cycling routes and increased physical activity: one- and 2-year findings from the UK iConnect Study. *Am J Public Health*. 14 septembre 2014 ; 104 (9) : e38-46.
8. Panter J, Ogilvie D, iConnect consortium. Theorising and testing environmental pathways to behaviour change: natural experimental study of the perception and use of new infrastructure to promote walking and cycling in local communities. *BMJ Open*. 3 septembre 2015 ; 5 (9) : e007593.



9. Kärmeniemi M, Lankila T, Ikäheimo T, Koivumaa-Honkanen H, Korpelainen R. The Built Environment as a Determinant of Physical Activity: A Systematic Review of Longitudinal Studies and Natural Experiments. *Ann Behav Med.* 17 février 2018 ; 52 (3) : 239–51.
10. Sallis JF, Cerin E, Conway TL, Adams MA, Frank LD, Pratt M, et al. Physical activity in relation to urban environments in 14 cities worldwide: a cross-sectional study. *Lancet.* 28 mai 2016 ; 387 (10034) : 2207–17.
11. Shoham DA, Dugas LR, Bovet P, Forrester TE, Lambert E V, Plange-Rhule J, et al. Association of car ownership and physical activity across the spectrum of human development: Modeling the Epidemiologic Transition Study (METS). *BMC Public Health.* 21 décembre 2015 ; 15 (1) : 173.
12. Saelens BE, Sallis JF, Frank LD. Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Ann Behav Med.* Avril 2003 ; 25 (2) : 80–91.
13. Oja P, Titze S, Bauman A, de Geus B, Krenn P, Regger-Nash B, et al. Health benefits of cycling: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports.* 1 août 2011 ; 21 (4) : 496–509.
14. Mueller N, Rojas-Rueda D, Cole-Hunter T, de Nazelle A, Dons E, Gerike R, et al. Health impact assessment of active transportation: A systematic review. *Prev Med (Baltim).* 1 juillet 2015 ; 76 : 103–14.
15. Kelly P, Kahlmeier S, Götschi T, Orsini N, Richards J, Roberts N, et al. Systematic review and meta-analysis of reduction in all-cause mortality from walking and cycling and shape of dose response relationship. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 24 décembre 2014; 11 (1) : 132.
16. Fraser SDS, Lock K. Cycling for transport and public health: a systematic review of the effect of the environment on cycling. *Eur J Public Health.* 1 décembre 2011 ; 21 (6) : 738–43.
17. de Nazelle A, Nieuwenhuijsen MJ, Antó JM, Brauer M, Briggs D, Braun-Fahrlander C, et al. Improving health through policies that promote active travel: a review of evidence to support integrated health impact assessment. *Environ Int.* Mai 2011 ; 37 (4) : 766–77.
18. Rojas-Rueda D, de Nazelle A, Teixidó O, Nieuwenhuijsen MJ. Replacing car trips by increasing bike and public transport in the greater Barcelona metropolitan area: A health impact assessment study. *Environ Int.* 15 novembre 2012 ; 49 : 100–9.
19. ISP-WIV. Enquête de santé 2013. Rapport 2 : comportements de santé et style de vie. La pratique d'activités physiques. . Bruxelles; 2014 [consulté le 10 mai 2019]. Disponible : https://his.wiv-isp.be/fr/Documents_partages/PA_FR_2013.pdf
20. Moreau N, Lebacqz T, Dujeu M, de Smet P, Godin I, Castetbon K. Comportements, bien-être et santé des élèves. Enquête HBSC 2014 en 5^e-6^e primaire et dans le secondaire en Fédération Wallonie-Bruxelles. Service d'Information, Promotion, Education Santé (SIPES), Ecole de Santé Publique, Université libre de Bruxelles ; 2017. 320 p.
21. Service Public Fédéral Mobilité et Transports. Diagnostic fédéral sur les déplacements domicile-travail 2017-2018 . 2019 [consulté le 3 juin 2019]. Disponible : https://mobilit.belgium.be/fr/mobilitite/domicile_travail
22. Ermans T, Brandeleer C, Hubert M, Lebrun K, Sieux F. Travel between home and work: Current situation and perspectives for action for companies. *Brussels Stud.* 2018 ; 125. Disponible : <https://journals.openedition.org/brussels/1696?lang=nl>
23. Pro Vélo ASBL, Bruxelles Mobilité. Observatoire du vélo en Région de Bruxelles Capitale. Comptages et analyse des données. Rapport 2018. 2018 [consulté le 10 mai 2019]. Disponible : https://provelo.cdn.primic.io/provelo%2Fb3a50823-cc98-4c08-8ceb-d0ffe8df97d1_obs_rbc_2018_rapport.pdf
24. Mezoued AM, Letesson Q. Repenser le partage de l'espace public pour un hypercentre marchable. *bsi. bco* . 2018 [consulté le 10 mai 2019]. Disponible : <http://bco.bsi-brussels.be/repenser-le-partage-de-lespace-public-pour-un-hypercentre-marchable/>
25. Tainio M, de Nazelle AJ, Götschi T, Kahlmeier S, Rojas-Rueda D, Nieuwenhuijsen MJ, et al. Can air pollution negate the health benefits of cycling and walking? *Prev Med (Baltim).* 1^{er} juin 2016 ; 87 : 233–6.
26. Kaur S, Nieuwenhuijsen M, Colville R. Personal exposure of street canyon intersection users to PM_{2.5}, ultrafine particle counts and carbon monoxide in Central London, UK. *Atmos Environ.* Juin 2005 ; 39 (20) : 3629–41.
27. Goel A, Kumar P. Characterisation of nanoparticle emissions and exposure at traffic intersections through fast-response mobile and sequential measurements. *Atmos Environ.* 1^{er} avril 2015 ; 107 : 374–90.
28. Kumar P, Goel A. Concentration dynamics of coarse and fine particulate matter at and around signalised traffic intersections. *Environ Sci Process Impacts.* 1^{er} septembre 2016 ; 18 (9) : 1220–35.
29. Foraster M, Eze IC, Vienneau D, Brink M, Cajochen C, Caviezel S, et al. Long-term transportation noise annoyance is associated with subsequent lower levels of physical activity. *Environ Int.* 1^{er} mai 2016 ; 91 : 341–9.

07

Autres polluants

Ce chapitre a pour objectif d'aborder les autres pollutions environnementales rencontrées en milieu urbain, en dehors de la pollution de l'air et du bruit, mais pour lesquelles nous n'avons pas de données de santé spécifiques pour Bruxelles. Cette partie propose une brève présentation de la pollution intérieure, les produits chimiques, les métaux lourds et les ondes électromagnétiques, ainsi que leurs effets avérés et potentiels sur la santé humaine.

7.1. Pollution intérieure

En Europe, nous passons approximativement 90 % de notre temps à l'intérieur, que ce soit à la maison (environ deux tiers du temps), au travail, à l'école ou dans des espaces publics (1). La qualité de l'air intérieur fait référence à la qualité de l'air retrouvé dans et autour des bâtiments et infrastructures, et qui affecte la santé et le confort des occupants des lieux. La pollution intérieure ne concerne pas uniquement le domicile mais aussi le lieu de travail, les moyens de transports et les lieux de loisirs (2).

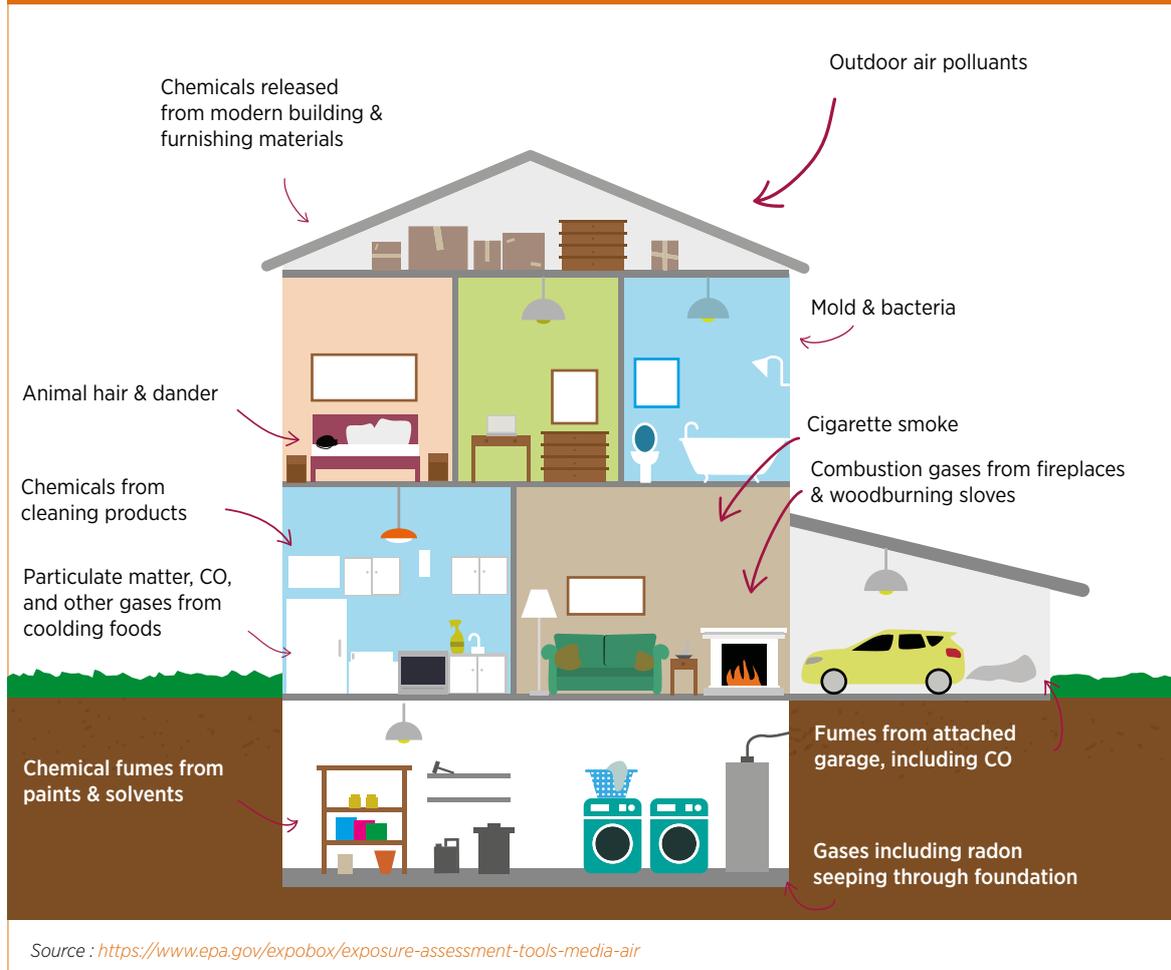
Comme nous passons la grande majorité de notre temps à l'intérieur, l'impact de la pollution intérieure sur la santé humaine représente une préoccupation importante de santé publique. Elle peut induire des effets sur la santé de manière immédiate ou à plus long terme. L'exposition à court terme aux polluants intérieurs cause des effets aigus tels que des irritations des yeux, du nez et des voies respiratoires, des maux de tête, des vertiges, de la fatigue (2). À long terme, lors d'expositions prolongées sur plu-

sieurs mois ou années, d'autres pathologies plus graves peuvent survenir : maladies respiratoires (asthme) surtout chez les enfants qui sont particulièrement affectés, allergies, maladies cardiovasculaires et cancer du poumon (2). Parmi les effets sur la santé rencontrés lors d'exposition à la pollution intérieure, on retrouve le « syndrome du bâtiment malsain » qui peut affecter la population générale, mais qu'on retrouve plus spécifiquement sur le lieu de travail (bureaux).

Le « syndrome du bâtiment malsain » (ou « sick building syndrome » en anglais) est un ensemble de symptômes qui n'ont pas une étiologie claire. Ce syndrome est attribué à un manque de ventilation, à la présence de composés organiques volatils, de produits chimiques et à l'humidité présente dans les matériaux du bâtiment (2). Il est généralement exprimé par des irritations sensorielles (yeux, nez, gorge), la peau sèche, des effets généraux tels que des maux de tête et un état léthargique (3).

Comme l'air extérieur, l'air intérieur est composé d'une multitude de polluants, parmi lesquels : la fumée de cigarette, le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde d'azote (NO₂), les polluants de l'air extérieur, le formaldéhyde et autres composés organiques volatiles (COV), le bruit, l'humidité, les moisissures et bactéries, les poils d'animaux, les acariens, le radon, ... (2). Ces polluants, illustrés à la figure 7-01, proviennent de diverses sources : la fumée de tabac, les cuisinières à gaz, les feux de bois (feu ouvert) et autres fumées (bougies, cuisson d'aliments), les matériaux de construction, le mobilier, les produits chimiques (peintures, solvants) et de nettoyage, la nature du

Figure 7-01. Coupe d'une maison illustrant les différentes pollutions domestiques retrouvées fréquemment en milieu intérieur



Source : <https://www.epa.gov/expobox/exposure-assessment-tools-media-air>

sol (pour le radon), les animaux de compagnie, la présence d'indésirables (rats, souris, cafards), les systèmes de chauffage et de refroidissement (air conditionné), les imprimantes et copieurs, ... (2).

La pollution de l'air extérieur provenant du trafic routier ou des activités industrielles peut pénétrer l'habitat par des infiltrations et par la ventilation naturelle ou mécanique (4).

Les problèmes de pollution intérieure affectent plus particulièrement les populations vulnérables telles que les enfants, les jeunes adultes, les personnes âgées, les femmes enceintes et les personnes souffrant de maladies respiratoires ou cardiovasculaires chroniques (4). Les personnes au statut socioéconomique moins favorable sont également plus touchées que les autres (1).

En RBC, une Cellule Régionale d'Intervention en Pollution Intérieure (CRIPI)¹⁸ est opérationnelle depuis 2000, dépendante de Bruxelles Environnement. Cette cellule a pour mission de repérer et d'identifier les pollutions de l'habitat qui peuvent être à l'origine de problèmes de santé chez les plaignants. Elle intervient pour établir un diagnostic à la suite d'une demande médicale, lorsque le médecin soupçonne des polluants intérieurs d'être la source d'effets sur la santé. Il existe des données concernant le nombre d'interventions de la CRIPI depuis 2000 mais ces informations ne permettent pas d'obtenir une vision globale de l'exposition aux polluants intérieurs de la population bruxelloise, étant donné qu'elles ne sont disponibles que pour les personnes présentant un problème de santé en lien avec l'air intérieur.

18. <https://environnement.brussels/thematiques/air-interieur/depolluer-son-interieur/crapi>

7.2. Produits chimiques

Les produits chimiques représentent une très grande famille de substances différentes avec lesquelles nous sommes régulièrement en contact. Certaines de ces substances sont à l'origine de perturbations environnementales et de problèmes de santé. Les produits chimiques font partie intégrante de notre vie et de nos modes de consommation, par l'utilisation fréquente de produits de nettoyage, pesticides, peintures, colles, matériaux de construction, meubles, produits de beauté, produits plastiques, etc.

Parmi les substances dangereuses pour la santé, citons : le benzène, les dioxines et substances dérivées, les pesticides, le bisphénol A et les phtalates (utilisés dans la production et la composition de produits plastiques), les polluants organiques persistants (qui se décomposent difficilement dans l'environnement) et certains métaux lourds (5).

Les effets sur la santé humaine liés à l'exposition aux produits chimiques peuvent être aigus (intoxication directe, asphyxie, irritation, brûlure ou empoisonnement) ou être plus insidieux et se développer après plusieurs années, à long terme (6). C'est le cas pour des travailleurs ayant été exposés à de faibles doses durant des années ou pour d'autres personnes en contact avec une source toxique récurrente. Les effets à long terme peuvent se caractériser par le développement de cancers (de la peau, de l'appareil respiratoire, du système nerveux, des reins, du foie, de la vessie, ...), de troubles du rythme cardiaque, d'asthme, de problèmes respiratoires divers, d'anémie, d'hépatite, de troubles psychiatriques et de trouble du développement cognitif (chez les enfants) (6).

S'il existe, pour certaines substances, un risque pour la santé au-delà d'un certain seuil d'exposition, pour d'autres, le simple fait d'être en contact représente un danger. Toute exposition est alors considérée comme néfaste et il n'existe pas de seuil de sécurité, comme pour le benzène par exemple (7).

À l'heure actuelle, il n'existe pas de système de mesures et de collecte de données, ni de monitoring pour la RBC, ce qui ne permet pas d'évaluer l'exposition de la population de la capitale aux produits chimiques.

7.3. Métaux lourds

Les métaux lourds, appelés ainsi en raison de leur densité élevée, se retrouvent à l'état naturel dans l'environnement (eau, air, sol) et sont également produits par l'activité humaine, sous différentes formes. Certains métaux, comme le plomb, le cadmium, le mercure et l'arsenic, peuvent s'avérer dangereux pour notre santé, particulièrement lors d'une intoxication aiguë ou chronique, souvent liée à une ingestion par l'alimentation.

Bien que les concentrations en **plomb** dans l'air aient considérablement diminué depuis l'interdiction du plomb dans l'essence, on le retrouve toujours dans l'atmosphère par le biais de sources industrielles et domestiques (anciennes peintures au plomb). On peut aussi le retrouver dans l'alimentation. À l'échelle européenne, les sources alimentaires les plus importantes de plomb sont le pain, les boissons, les pommes de terre et les produits laitiers fermentés (8). Le plomb s'accumule dans le corps et les effets sur la santé sont surtout liés à des atteintes du système nerveux central, en affectant notamment le développement intellectuel des enfants (8). Le CIRC a classé le plomb inorganique comme probablement cancérogène pour l'homme.

Pour le **cadmium**, la principale source d'absorption est l'alimentation (pour la part non-fumeuse de la population). Les pommes de terre, le pain, les produits de boulangerie fine, le chocolat, les légumes (surtout les légumes à feuilles) et les mollusques bivalves sont les aliments les plus particulièrement concernés en Europe (9). Le cadmium est classé comme cancérogène certain pour l'homme par le CIRC, causant l'apparition de cancers des voies respiratoires (notamment du poumon), de l'endomètre, de la vessie et du sein. Il est aussi toxique pour les reins et peut entraîner une déminéralisation osseuse (9).

On retrouve le **mercure** dans l'environnement mais il est surtout présent dans les produits de la pêche (poissons prédateurs et fruits de mer) sous forme de méthyl-mercure où il est bio-accumulé. Il peut également se retrouver dans les céréales et les produits à base de céréales ainsi que dans les légumes, en moindre quantité. Le méthyl-mercure est principalement toxique pour le rein, bien qu'il puisse aussi atteindre le système nerveux, le système immunitaire, le système reproductif et le foie. Le mercure constitue un danger pour le développement neurologique du fœtus et des jeunes enfants exposés (10).

L'**arsenic** est naturellement présent sous forme organique dans l'environnement (eaux souterraines). Sa forme inorganique est très toxique et se retrouve dans l'eau et les sols contaminés. L'intoxication à l'arsenic se fait majoritairement par l'ingestion d'aliments contaminés tels que les produits céréaliers, le riz, les produits laitiers et l'eau de boisson (11). Le CIRC a classé l'arsenic comme cancérogène avéré pour l'homme depuis 1980. L'arsenic est responsable de l'apparition de cancers du poumon, de la peau et de la vessie ainsi que de lésions de la peau et d'effets sur le développement de l'enfant (12).

Les stations de mesure de la qualité de l'air à Bruxelles assurent la surveillance de la concentration en métaux lourds dans l'air de façon régulière¹⁹. Ces contrôles permettent de détecter une valeur anormale et d'agir rapidement. Le benzène ainsi que d'autres produits chimiques font également l'objet de mesures régulières (en temps réel). L'Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (AFSCA²⁰) organise aussi des contrôles par le biais d'analyses d'aliments.

Diverses normes européennes, transposées en Belgique, existent et permettent de fixer, par exemple, des valeurs limites d'exposition professionnelle (13), de concentrations maximales dans l'air (14), dans les aliments (15), dans les matériaux et produits (16).

7.4. Champs électromagnétiques

Les champs électromagnétiques (CEM) sont omniprésents dans notre environnement, bien qu'invisibles et imperceptibles. Ils existent depuis toujours, sous forme naturelle : la lumière (onde) en est l'exemple le plus connu. Les CEM sont également produits par les appareils électriques et les nouvelles technologies. Cette omniprésence et l'augmentation de ces champs générés par l'activité humaine suscitent des préoccupations concernant les effets potentiels sur notre santé.

Tous les secteurs d'activités sont susceptibles d'être concernés par la présence de champs électromagnétiques puisqu'ils sont présents pour de très nombreuses applications. C'est le même constat pour les habitations : le nombre d'appareils ménagers, électriques

et sans fil par foyer a augmenté ces dernières années avec l'arrivée de nouvelles technologies (WiFi, 4G, Bluetooth, etc.) (Figures 7-02).

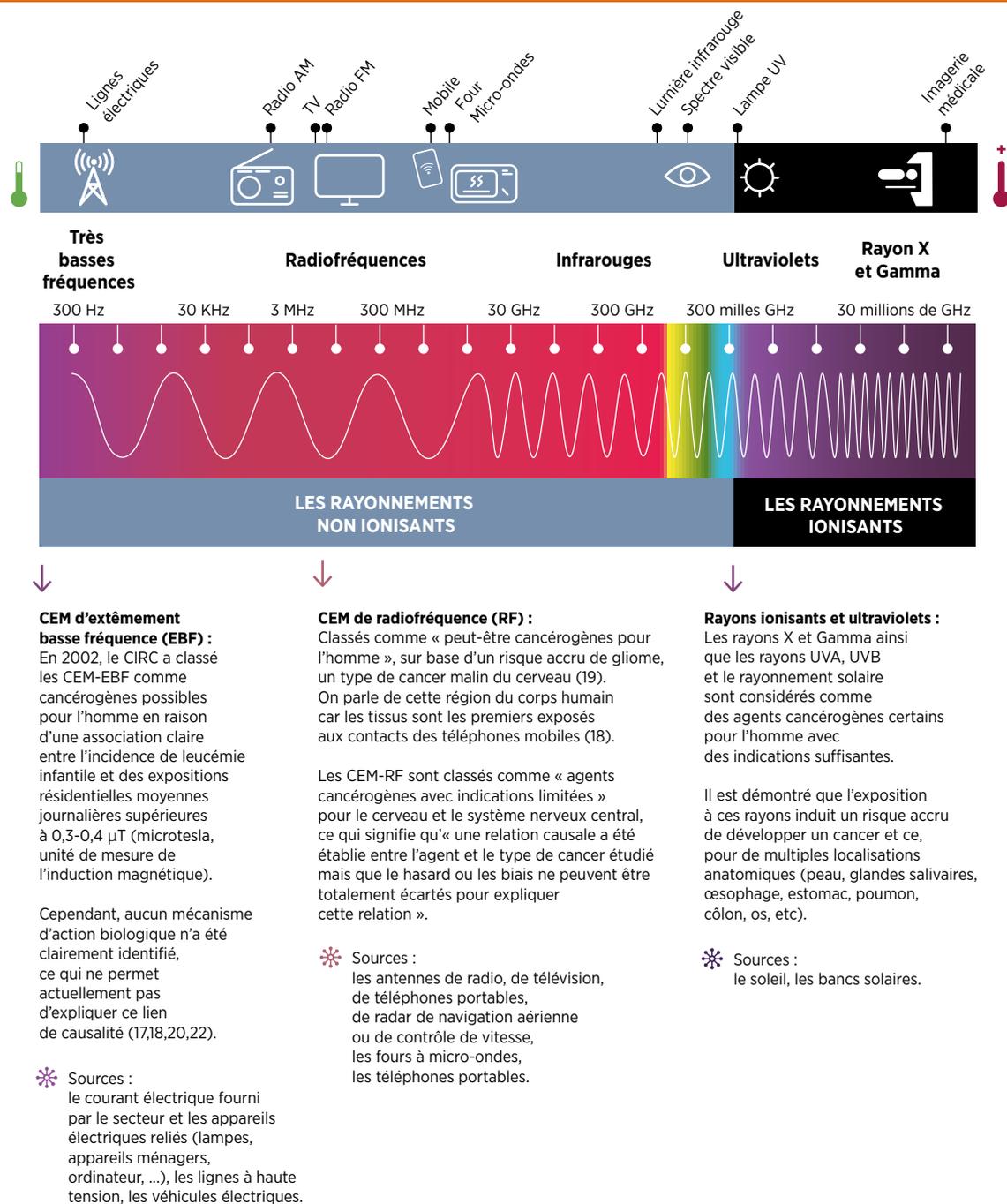
La génération actuelle d'enfants et d'adolescents est exposée plus tôt et plus intensément à de multiples sources de CEM par rapport aux générations précédentes. À l'heure actuelle, il n'existe pas de données sur l'exposition aux champs électromagnétiques des bruxellois qui permettent de couvrir l'ensemble de la Région et d'évaluer leurs effets sur la santé. Les champs électromagnétiques sont composés de plusieurs catégories de champs et de rayonnements, selon leur fréquence. La figure 7-02 présente uniquement les catégories de CEM pour lesquels des effets sur la santé sont avérés ou soupçonnés (par rapport aux connaissances actuelles).

Avec l'arrivée de nouvelles technologies et l'utilisation croissante d'électricité, certaines personnes développent des symptômes non spécifiques (fatigue), des problèmes dermatologiques, surtout au visage (rougeurs, picotements), des problèmes cognitifs (perte de mémoire) et des symptômes neurologiques (vertiges) (23). Ces personnes attribuent les symptômes ressentis à la présence et à l'utilisation d'appareils électriques ainsi qu'aux champs électromagnétiques de manière générale. Elles se déclarent particulièrement sensibles à l'exposition aux CEM, surtout aux CEM d'extrêmement basse fréquence (CEM-EBF) et aux CEM de radiofréquence (CEM-RF). Ces personnes sont appelées électro-hypersensibles. Les symptômes peuvent être plus ou moins invalidants et impacter la qualité de vie, entraînant parfois même l'arrêt du travail et la modification complète du style de vie, afin d'essayer d'échapper aux CEM. Être une femme d'âge moyen représente un facteur de risque de présenter ces symptômes (23). Actuellement, les interactions possibles avec les CEM ne sont pas encore clairement définies et un lien de causalité n'a pas encore été prouvé scientifiquement (18). Des études se poursuivent pour évaluer les effets de l'exposition répétées aux champs électromagnétiques.

19. <https://environnement.brussels/thematiques/air-climat/qualite-de-lair/reseau-de-mesure-de-la-qualite-de-lair>

20. <http://www.afsca.be/>

Figure 7-02. Les différents champs électromagnétiques en fonction de leur fréquence et de leurs effets connus et suspectés sur la santé humaine.



Source : <https://life-maxx.fr/>



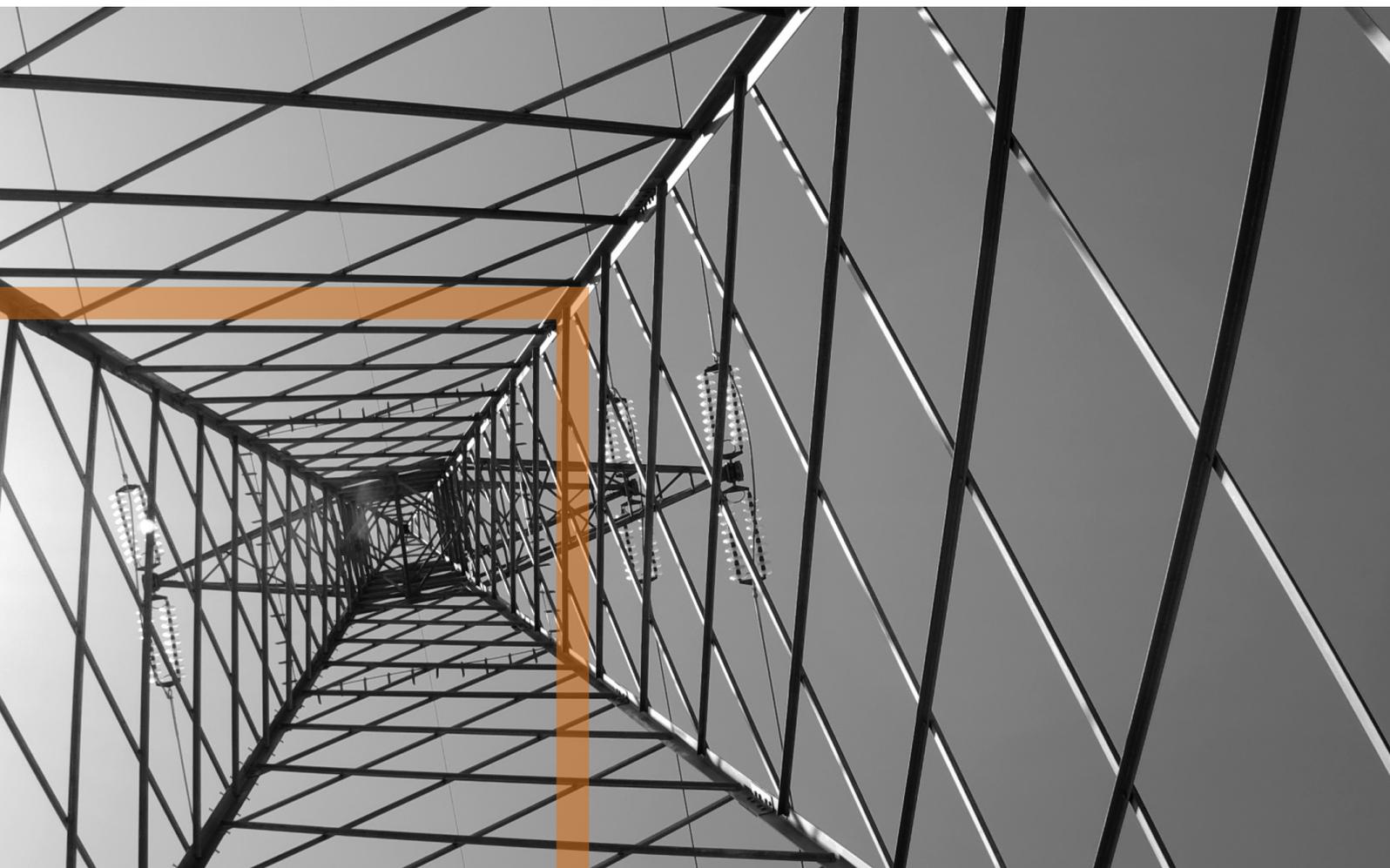
7.5. ESSENTIELS À RETENIR

- Nous passons la majorité de notre temps dans des environnements intérieurs, ce qui nous met en contact avec de nombreuses substances dont certaines ont des effets négatifs sur la santé, à court ou à long terme.
- Les produits chimiques forment une grande famille de substances potentiellement dangereuses pour la santé. Selon la durée de contact et la concentration du produit, l'intoxication peut être plus ou moins grande et avoir des effets importants, voir irréversibles, sur la santé.
- Le plomb, le cadmium, le mercure et l'arsenic sont des métaux lourds parmi les plus importants à surveiller pour notre santé car ils se retrouvent dans l'environnement (eau, air, sols) et dans l'alimentation.
- Les champs électromagnétiques sont devenus omniprésents dans notre environnement. Il existe plusieurs catégories de champs et de rayonnement, selon la fréquence émise. Certains types de champs peuvent produire des effets sur la santé mais les connaissances sont encore relativement limitées dans ce domaine.
- Il existe un manque de données d'exposition de la population bruxelloise aux polluants repris dans ce chapitre. Ce manque de données ne permet pas d'évaluer les effets sur la santé réels subis par les habitants de la RBC après exposition aux pollutions présentées.

7.6. Références

1. WHO. Combined or multiple exposure to health stressors in indoor built environments. An evidence-based review prepared for the WHO training workshop "Multiple environmental exposures and risks" 16-18 October 2013. 2014 [consulté le 6 juin 2019]. Disponible : www.euro.who.int
2. Tham KW. Indoor air quality and its effects on humans—A review of challenges and developments in the last 30 years. *Energy Build.* 15 octobre 2016 ; 130 : 637-50.
3. Crook B, Burton NC. Indoor moulds, Sick Building Syndrome and building related illness. *Fungal Biology Reviews.* Août 2010 ; 24 : 106-13.
4. Cincinelli A, Martellini T. Indoor Air Quality and Health. *Int J Environ Res Public Heal.* 2017 ; 14.
5. WHO. Ten chemicals of major public health concern. 2019 [consulté le 14 juin 2019]. Disponible : https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/fr/
6. INRS. Risques chimiques. 2019. [consulté le 14 juin 2019]. 66p. Disponible : www.inrs.fr/risques/chimiques.html
7. IARC. Benzene: volume 120 . Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France : WHO Press; 2018. [consulté le 14 juin 2019]. 309p. Disponible : <http://publications.iarc.fr/576>
8. EFSA. Lead dietary exposure in the European population. *EFSA J.* 2012 ; 10 (7) : 2831.
9. EFSA. Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA J.* 2012 ; 10 (1) : 2551.
10. EFSA. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA J.* 2012 ; 10 (12) : 2985.
11. EFSA. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA J.* 2014 ; 12 (3) : 3597.
12. EFSA. Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA J.* 2009 ; 7 (10) : 1351.
13. Blaude M.N., Fierens S. Base de données des valeurs limites d'exposition professionnelle en Belgique et dans les pays limitrophes. Bruxelles, Belgique : Sciensano; 2019, 30 p. Numéro de rapport : D/2019/14.440/13. Travail réalisé par Sciensano pour le SPF Emploi, Travail et Concertation Sociale pour répertorier les agents : <https://emploi.belgique.be/fr/projets-de-recherche/2019-base-de-donnees-des-valeurs-limites-dexposition-professionnelle-en>
14. Directive 2004/107/CE du parlement européen et du conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures

- aromatiques polycycliques dans l'air ambiant : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=O-JL:2005:023:0003:0016:FR:PDF> , 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:32008L0050&from=en>
15. Règlement (CE) n°1881/2006 portant sur la fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:02006R1881-20180319&qid=1450687217115&from=EN>, modifications du règlement (CE) n°1881/2006 pour le plomb : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=uriserv:O-JL_2015.161.01.0009.01.FRA ,
- pour le cadmium : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R0488&from=NL> ,
- pour l'arsenic : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?qid=1470824132005&uri=CELEX:32015R1006>
16. Règlement européen REACH s'appliquant à toutes les substances chimiques : <https://echa.europa.eu/fr/regulations/reach/legislation>
17. IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Volume 80. Non-Ionizing Radiation. 2002 [consulté le 31 juillet 2019] ; 80. Disponible : <http://monographs.iarc.fr/>
18. SCENIHR. Opinion on Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). 2015 [consulté le 31 juillet 2019] ; Disponible : http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/members_wg/index_en.htm
19. IARC. Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum . 2013 [consulté le 31 juillet 2019] ; 102 (Pt 2) : 1-460. Disponible : <http://monographs.iarc.fr/>
20. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. Br J Cancer. 28 septembre 2010 ; 103 (7) : 1128-35.
21. El Ghissassi F, Baan R, Straif K, Grosse Y, Secretan B, Bouvard V, et al. A review of human carcinogens—Part D: radiation. Lancet Oncol. Août 2009 ; 10 (8) : 751-2.
22. Gruber MJ, Palmquist E, Nordin S. Characteristics of perceived electromagnetic hypersensitivity in the general population. Scand J Psychol. Août 2018 ; 59 (4) : 422-427.
23. Zhao L, Liu X, Wang C, Yan K, Lin X, Li S, et al. Magnetic fields exposure and childhood leukemia risk: A meta-analysis based on 11,699 cases and 13,194 controls. Leuk Res. Mars 2014 ; 38 (3) : 269-74.



Multi-exposition

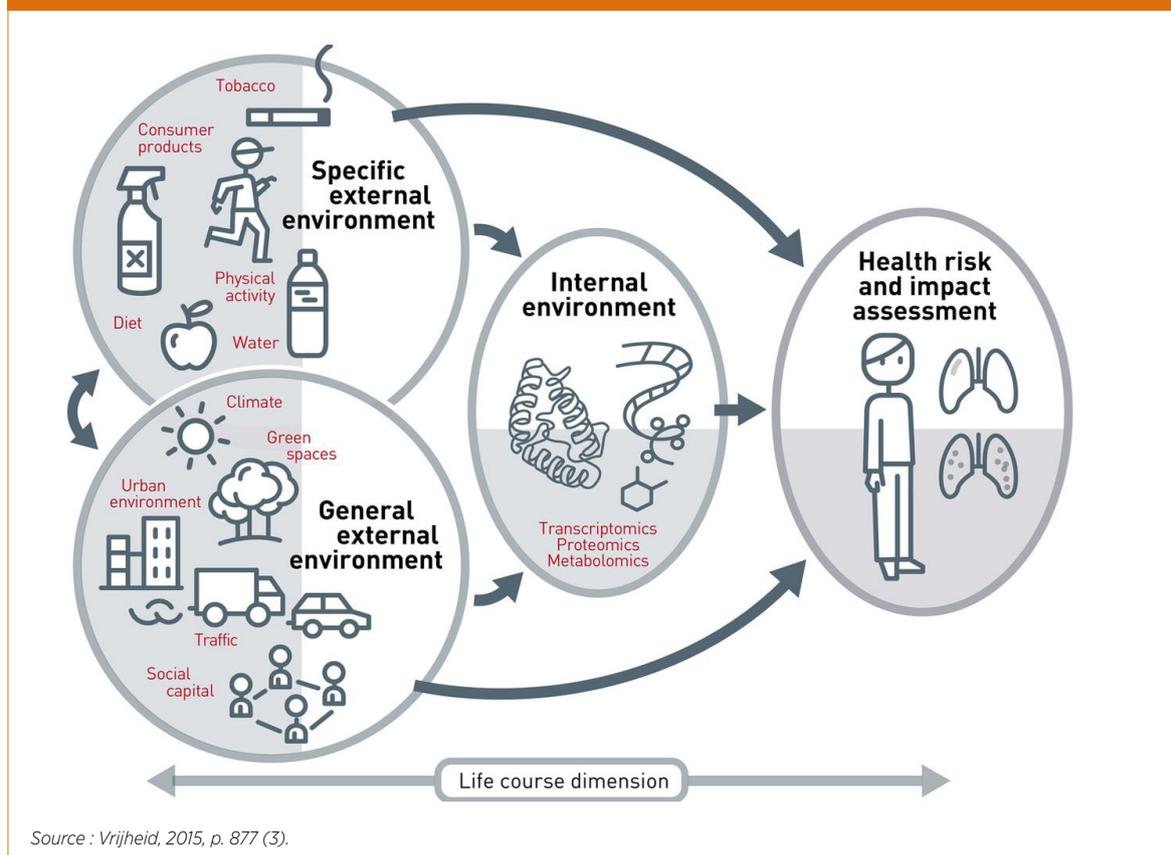
8.1. Définition et concept d'exposome

Nous sommes quotidiennement exposés à une multitude de polluants environnementaux : polluants de l'air, bruit environnemental, métaux lourds, champs électromagnétiques, produits chimiques, polluants intérieurs, etc. La notion de « multi-exposition » utilisée dans ce rapport fait référence à l'exposition de notre organisme à de multiples polluants. Ces polluants, parfois

présents à l'état de traces, se retrouvent dans l'eau, l'air, le sol, les aliments ou encore dans les objets que nous utilisons. Ils influencent inévitablement notre état de santé.

Il y a quelques années, les recherches en santé environnementale étaient presque exclusivement axées sur l'étude des effets d'un seul polluant

Figure 8-01. Le concept d'exposome : influence des différents facteurs environnementaux sur notre état de santé tout au long de notre vie.



sur la santé et il n'existait pas de vision globale de l'étendue des facteurs environnementaux qui peuvent influencer notre état de santé (1). Peu d'études se sont intéressées aux effets conjoints des polluants sur notre santé. Le concept d'exposome, théorisé récemment en épidémiologie environnementale, répond à cette lacune.

L'exposome correspond à l'ensemble des expositions environnementales, au sens large, auxquelles nous sommes confrontés tout au long de notre existence. Cela inclut l'air que nous respirons, les aliments que nous ingérons, les objets avec lesquels nous sommes en contact mais également les stress psychologiques que nous subissons et les activités et comportements que nous adoptons. Ce concept a été développé dans le but d'étudier les causes complexes des maladies chroniques liées à l'environnement (2).

Le concept d'exposome est illustré dans la figure 8-01, qui reprend l'ensemble des facteurs environnementaux influençant notre état de santé, de notre conception à notre mort. Ces facteurs sont regroupés en trois grandes catégories :

1. L'environnement général externe, qui reprend des facteurs tels que l'environnement urbain (pollution de l'air, bruit, espaces verts), le climat et le capital social ;
2. L'environnement externe spécifique, qui inclut des facteurs tels que l'alimentation, le niveau d'activité physique, les habitudes de vie, le logement et les comportements (consommation de tabac et d'alcool, relations sexuelles non protégées) ;
3. L'environnement dit interne qui inclut des facteurs biologiques comme la flore intestinale, le métabolisme ou encore le matériel génétique (3).

L'étude de ce concept est très importante en termes de santé publique car notre exposition à la plupart des facteurs environnementaux est hautement modifiable (contrairement aux facteurs génétiques par exemple). Toute intervention visant à modifier notre exposition à ces facteurs possède donc un potentiel important de réduction des impacts sur la santé au sein de la population.

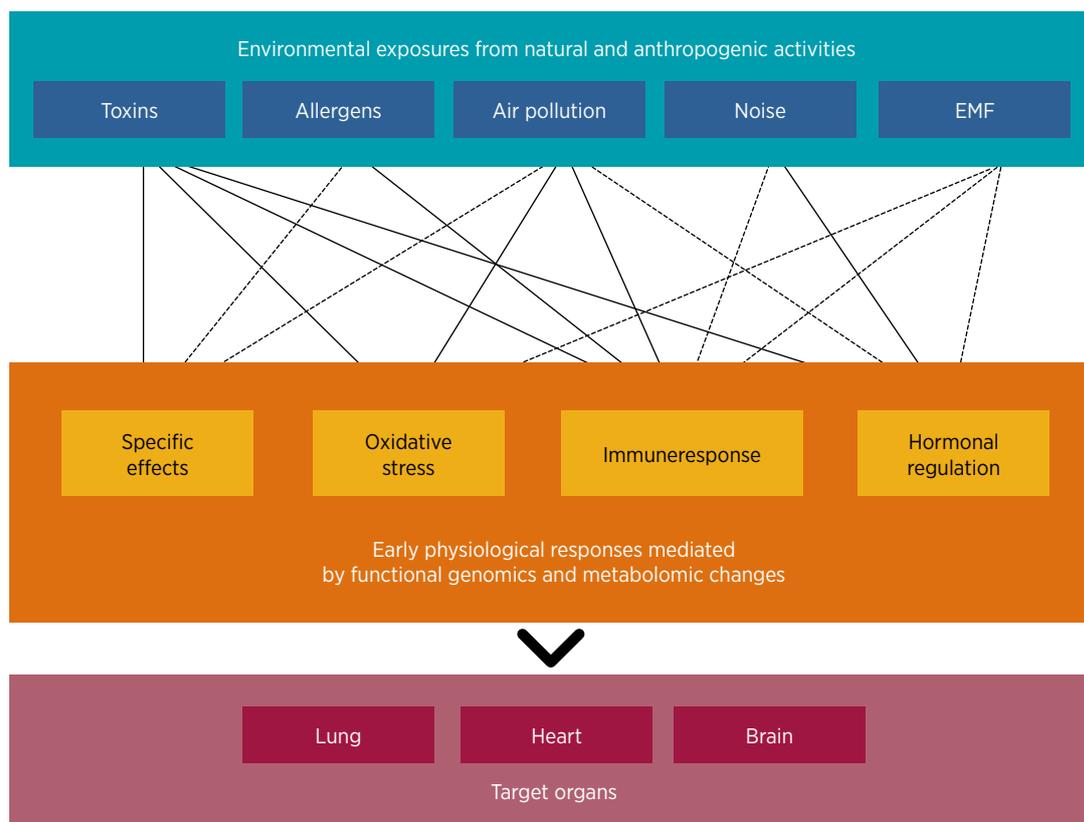
8.2. Principaux effets de la multi-exposition sur la santé et mécanismes physiopathologiques

Il est en réalité assez complexe d'étudier les effets sur notre santé provenant de possibles interactions entre les nombreux polluants auxquels nous sommes exposés. Une des raisons est le manque de données permettant de caractériser notre exposition à ces nombreux facteurs environnementaux. Il n'est également pas toujours possible, d'un point de vue méthodologique, de séparer les effets de ces différentes expositions sur notre santé et ce particulièrement lorsque plusieurs facteurs environnementaux sont fortement corrélés entre eux. Nous savons pourtant qu'il existe des synergies entre polluants. Ce phénomène est connu, pour les substances chimiques, sous le nom d'« effet cocktail ». L'effet cocktail suppose que l'effet combiné sur la santé de deux substances est plus important que la somme des effets individuels de chacune de ces substances. L'effet cocktail se rencontre par exemple lors de mélange de pesticides ou d'antiparasites (4).

L'exposition simultanée tout au long de notre existence à différentes sources de polluants est donc susceptible de produire des effets nocifs plus importants que la somme des effets individuels de chacune de ces expositions sur notre organisme.

De plus en plus d'études visent à rechercher et à comprendre les différents mécanismes et interactions faisant le lien entre expositions environnementales et effets sur la santé. La figure suivante (8-02) offre une vue d'ensemble de la recherche menée actuellement dans le domaine de la santé environnementale (5). Elle illustre les avancées effectuées en épidémiologie environnementale, qui s'intéresse désormais non seulement à l'étude des effets des différents facteurs environnementaux sur notre santé mais également à l'étude de biomarqueurs d'exposition et des modifications génétiques induites par notre environnement.

Figure 8-02. Aperçu du champ de la recherche en épidémiologie environnementale, alliant recherche traditionnelle, étude de biomarqueurs émergents et génomique fonctionnelle (EMF : champs électromagnétiques).



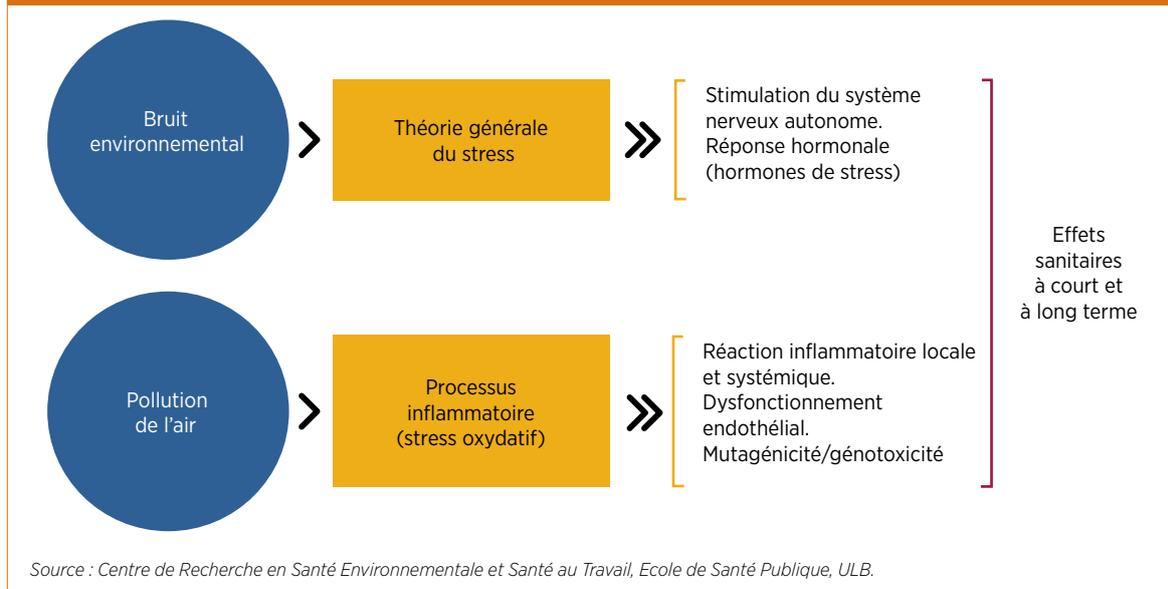
Source : Peters, 2012, p. 104 (5).

Dans la figure 8-02, les associations documentées sont représentées par des lignes continues, tandis que les associations hypothétiques sont indiquées par des lignes pointillées. Les « organes cibles » (poumons, cœur et cerveau) sont les organes étant les plus impactés par la pollution environnementale dans la littérature scientifique. Plusieurs autres organes tels que le foie, la vessie, les reins et le système reproducteur peuvent également être affectés. Pour être efficaces et intégrer un maximum de polluants, les recherches dans ce domaine nécessitent une forte mobilisation multidisciplinaire tant le champ d'étude est vaste. La recherche progresse régulièrement, bien que les connaissances sur le sujet restent limitées.

8.3. Exemple d'effet cocktail potentiel : les effets conjoints de la pollution de l'air et du bruit sur la santé de la population bruxelloise

Comme expliqué précédemment, il n'est pas toujours facile de comprendre les éventuelles synergies entre polluants. Dans cette section, nous prenons l'exemple de la pollution de l'air et du bruit afin de mettre en évidence l'intérêt de l'étude des effets conjoints potentiels de différentes sources de pollution sur notre santé. En RBC, la pollution de l'air et le bruit environnemental partagent une source commune importante : le trafic routier.

Figure 8-03. Principaux mécanismes physiopathologiques causés par le bruit environnemental et la pollution de l'air.



En termes de santé publique, il est donc utile de comprendre la contribution relative de ces deux facteurs de risque sur la santé (6). En effet, la pollution de l'air et le bruit ont été reconnus comme les deux premiers facteurs de risque environnementaux par rapport à la charge globale des maladies (« burden of disease ») en Europe (7). Nous avons également mis en évidence l'impact considérable de ces deux facteurs sur la santé de la population bruxelloise²¹. Toute intervention visant à réduire l'exposition à la pollution de l'air et au bruit au sein de la population possède un fort potentiel d'amélioration de la santé de cette même population en RBC.

Il est néanmoins nécessaire de comprendre, afin de mettre en place des interventions efficaces, comment ces facteurs agissent sur notre santé, d'autant plus que la pollution de l'air et le bruit ont été associés dans la littérature à des issues de santé communes telles que le développement de maladies cardiovasculaires ou encore une santé mentale réduite (8). La pollution de l'air et le bruit environnemental n'agissent pas de la même manière sur notre santé. C'est ce qu'illustre la figure 8-03, qui reprend les différents mécanismes expliquant l'impact de la pollution de l'air et du bruit environnemental sur notre santé.

L'exposition au bruit induit un stress général sur notre organisme, qui répond alors en stimulant notre système nerveux autonome et en provoquant une réponse hormonale (6). La pollution de l'air, quant à elle, provoque une réaction inflammatoire locale et systémique, un dysfonctionnement endothélial et une mutagénicité (6). Bien que les mécanismes soient différents (théorie générale du stress versus stress oxydatif), les conséquences sur notre système cardiovasculaire, par exemple, sont sensiblement les mêmes (augmentation de la fréquence cardiaque et de la tension artérielle).

L'identification de ces mécanismes est importante car elle permet de révéler les synergies ou « effets cocktails » potentiels liés à notre exposition à différents facteurs de risque environnementaux. Cela permet également de mettre en évidence l'influence de différents facteurs de risque environnementaux lorsque ceux-ci proviennent d'une source commune, ce qui est utile pour promouvoir des interventions efficaces en matière de protection de la santé de la population. Appliqué au contexte du trafic routier, il conviendrait, au vu des mécanismes identifiés et des impacts respectifs de la pollution de l'air et du bruit sur la santé de la population en RBC, de prendre systématiquement en compte ces deux facteurs lors de l'évaluation d'interventions en matière de transport routier en RBC.

21. Voir résultats de l'ERS liée à la pollution de l'air et au bruit environnemental en RBC présentés dans les chapitres 3 et 4.



8.4. ESSENTIELS À RETENIR

- Nous sommes quotidiennement exposés à une multitude de polluants provenant de différentes sources. Or, ces polluants sont susceptibles d'interagir entre eux. Ce phénomène est connu en toxicologie sous le nom d'« effet cocktail ».
- Jusqu'à récemment, les recherches menées en épidémiologie environnementale étaient presque exclusivement axées sur l'étude des effets d'un seul polluant sur la santé et il n'existait pas de vision globale quant à l'étendue des facteurs environnementaux influençant notre état de santé.
- Le concept d'exposome vise à combler cette lacune. Il est utilisé pour décrire et étudier la somme des expositions environnementales auxquelles nous faisons face tout au long de notre vie, et qui influencent inévitablement notre état de santé.

8.5. Références

1. Vrijheid M, Slama R, Robinson O, Chatzi L, Coen M, van den Hazel P, et al. The human early-life exposome (HELIX): Project rationale and design. *Environ Health Perspect.* Juin 2014 ; 22 (6) : 535-44.
2. Miller GW. *The Exposome : A primer.* 1st ed. Academic press ; 2013. [consulté le 15 juin 2019]. 118p. Disponible : <https://www.science-direct.com/book/9780124172173/the-exposome>
DOI : <https://doi.org/10.1016/C2013-0-06870-3>
3. Vrijheid M. The exposome: A new paradigm to study the impact of environment on health. *Thorax.* Septembre 2014 ; 69 (9) : 876-8.
4. Cedergreen N. Quantifying synergy: A systematic review of mixture toxicity studies within environmental toxicology. *PLoS ONE.* Mai 2014 ; 9 (5) : e96580.
5. Peters A, Hoek G, Katsouyanni K. Understanding the link between environmental exposures and health: Does the exposome promise too much? *J Epidemiol Community Health.* Février 2012 ; 66 (2) : 103-5.
6. Stansfeld SA. Noise effects on health in the context of air pollution exposure. *Int J Environ Res Public Health.* Octobre 2015 ; 12 (10) : 12735-12760.
7. Hanninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim TA, Conrad A, Rappolder M, et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Env Health Perspect.* Mai 2014 ; 122 (5) : 439-46.
8. European Commission. Science for Environment Policy: In-Depth Report 13: Links between noise and air pollution and socioeconomic status. UWE, Bristol: DG Environment by the Science Communication Unit, European Union ; 2016. [consulté le 15 janvier 2019]. 40p. Disponible : <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>

Recommandations et conclusion

9.1. Principaux enjeux

Tout au long de ce rapport, les principaux facteurs environnementaux qui influencent notre état de santé ont été abordés afin de construire un état des lieux des connaissances en la matière pour la RBC.

De façon globale, la **pollution de l'air** reste une des pollutions les plus importantes et inquiétantes pour notre santé, parmi l'ensemble des pollutions (1). En RBC, la pollution de l'air est responsable de plus de 900 décès prématurés par an. Les niveaux de concentration en $PM_{2,5}$ en RBC sont préoccupants pour la santé, même s'ils sont conformes aux législations en vigueur. De manière générale, les niveaux de concentration des polluants atmosphériques rendent assez bien compte de l'état de santé d'une ville ou d'une région. Toutefois, l'organisation des villes et des centres urbains a plusieurs atouts. Dans des villes bien conçues, la pollution de l'air a tendance à y être moins élevée. Ces villes sont peu dépendantes de l'usage de l'automobile, la mobilité est orientée vers des transports actifs, bénéficiant d'un réseau de transport public performant avec des aménagements cyclables et pédestres de qualité ; elles possèdent un bâti performant au niveau énergétique et disposent de suffisamment d'espaces verts et de couverture végétale afin de filtrer efficacement la pollution résiduelle (2). Ces éléments ne sont pas suffisamment appliqués à la RBC. La couverture végétale, le maillage vert et bleu y est développé, mais les émissions provenant du trafic et du chauffage restent globalement trop importantes que pour être absorbées par la végétation (2). Ainsi, planter des arbres ne constitue pas une solution pour réduire l'exposition.

Le bruit environnemental représente lui aussi une nuisance importante, responsable de la perte de plus 10.000 années de vie en bonne santé perdues en RBC pour la seule année 2016. Par ailleurs, le bruit et la pollution atmosphérique partagent certaines sources communes, dont le transport. Toute réduction du transport par des véhicules utilisant des énergies fossiles sera bénéfique et se traduira par une amélioration de ces deux paramètres environnementaux.

Les espaces verts, malgré une présence en quantité importante en RBC, ne sont pas répartis uniformément dans la ville, ce qui ne garantit pas le même accès à la nature pour tous les bruxellois. Bien qu'il existe une augmentation constante du nombre de cyclistes dans la Région bruxelloise depuis plusieurs années, ce nombre pourrait encore augmenter avec des aménagements routiers adéquats, comme la séparation des vélos de la circulation automobile. De plus, les piétons pourraient aussi augmenter en nombre grâce à divers aménagements urbains, des itinéraires de déplacement facilités et une sécurité plus importante pour ces usagers dits faibles. Les déplacements actifs viendront augmenter le niveau **d'activité physique** des bruxellois, ce qui constitue un effet secondaire positif.

Outre ces pollutions typiquement urbaines, la population bruxelloise est exposée à une **multitude d'autres polluants** et ce, chacun selon ses activités, depuis la conception jusqu'au décès.

Compte tenu des effets sanitaires importants de la pollution en RBC, il est indispensable de prendre

des mesures urgentes et de réaliser les investissements nécessaires afin d'améliorer la qualité de vie et de protéger la santé de nos concitoyens. D'un point de vue de santé publique, une des interventions les plus efficaces consiste à promouvoir les transports actifs (marche et vélo) en ville (2). Ce type d'intervention réduit non seulement considérablement les niveaux de pollution de l'air et de bruit au sein d'un territoire, mais augmente également sensiblement le niveau d'activité physique de la population, ce qui engendre de nombreux effets positifs à long terme sur la santé de cette dernière. Le Conseil Supérieur de la santé (CSS) (3), en vertu du « principe de correction à la source » (4), recommande également d'implémenter des mesures visant à réduire en priorité toutes les formes de pollution à la source. En effet, prendre des mesures effectives pour diminuer les concentrations en polluants de l'air et les niveaux de bruit, en accroissant la séparation du flux automobile par rapport aux autres usagers, ne conduit pas à une amélioration suffisante de la qualité du cadre de vie, mais peut être complétée par la promotion d'interventions visant à réduire les émissions à la source (5).

Comme expliqué dans le chapitre 3 qui traite de la pollution de l'air, ces mesures pourraient actuellement être consenties à hauteur de 250 millions d'euros sur une période de dix ans (avec un objectif de réduction de la pollution de l'air de cinq pourcent par an) et tout en maintenant un rapport coût-efficacité extrêmement favorable (une fois le PIB/hab/DALY). Ce montant représente le coût pour la santé qui pourrait être évité si les niveaux de pollution de l'air sont réduits de cinq pourcent par an pendant dix ans, sur base des connaissances actuelles. D'autre part, il convient d'y lire un double bénéfice sachant que l'amélioration des expositions conduira à prévenir l'apparition de nouveaux effets sur la santé dans le futur.

9.2. Accès aux données et futures études

De futures études doivent être envisagées afin de dégager des tendances de santé spécifiques à la RBC et de prendre en compte l'exposition aux multiples paramètres environnementaux présents dans une ville. Pour mener à bien ces futures études, de nouvelles données ainsi qu'une meilleure définition temporelle comme géographique des données existantes est indispensable.

Premièrement, pour la pollution de l'air mais aussi pour l'ensemble des paramètres environnementaux (dont le bruit), il est important d'améliorer l'accès aux données de santé, qu'elles soient issues des bulletins de naissance, de décès ou de la pratique médicale. Des informations sur les expositions environnementales peuvent être développées en permettant la géolocalisation des personnes et de leurs lieux d'habitation et de travail. Ces données permettraient alors de mesurer les impacts de la pollution de l'air en termes de mortalité à des niveaux de résolution spatiale beaucoup plus fins (quartiers ou secteurs statistiques) et seraient indicatives de la grande variabilité locale des expositions. Deuxièmement, concernant la pollution de l'air en particulier, il est important de noter que la différence entre la concentration en front de rue et en intérieur d'îlot est souvent plus importante que la différence entre deux stations de mesure du réseau bruxellois, au vu l'organisation de la ville (les intérieurs d'îlots sont séparés des voiries par une « barrière » continue de bâtiments). La variation locale de la qualité de l'air est étroitement liée à la proximité de la source de pollution, comme l'ont montrées les études d'impact sur la santé de la qualité de l'air, liées à la distance à la route (6). Ainsi, à terme, la mesure de l'exposition individuelle à la pollution de l'air est probablement une des seules options pour en évaluer l'impact sur la santé.

En ce qui concerne le bruit environnemental, des études additionnelles sont nécessaires afin de mieux juger des effets des multiples sources de bruit sur la population (routier, ferroviaire, aérien, loisirs). Il pourrait également être intéressant de mesurer objectivement l'exposition au bruit dans le cadre de ces études (exposition individuelle) et de mettre en place des indicateurs de bruit spécifiques en lien avec la santé, notamment pour le bruit lié au transport aérien en RBC sachant que les niveaux L_{den} sont insuffisants dans une évaluation des impacts sanitaires. Les niveaux L_{den} intègrent, avec une pondération, la gêne occasionnée par le bruit en soirée et la nuit. Ils sont utilisés en référence à la directive sur le bruit ambiant²². Cette pondération ne vise toutefois pas à être représentative d'un effet sur la santé, elle est indicative de l'ampleur de la gêne aux différents moments d'une journée.

22. Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement - Déclaration de la Commission au sein du comité de conciliation concernant la directive relative à l'évaluation et à la gestion du bruit ambiant

Concernant les espaces verts, la fréquentation de ceux-ci par les bruxellois est une donnée importante qu'il conviendrait d'étudier afin de mieux apprécier les besoins et les attentes de la population en la matière. Dans le même ordre d'idée, de nouveaux indicateurs devront être créés pour mesurer de façon plus précise le niveau d'accessibilité de la ville aux piétons et la part réelle attribuée aux transports actifs. La compréhension des freins et leviers à l'adoption d'un mode de déplacement actif par les bruxellois est la clef pour soutenir cette transition.

Pour les autres types d'expositions environnementales (produits chimiques, ondes électromagnétiques, métaux lourds, ...), de même que la multi-exposition ou le cumul des expositions environnementales, les données bruxelloises sont soit inexistantes, soit indisponibles, et celles qui sont disponibles ne nous permettent pas de d'évaluer le risque sur la santé lié à ces expositions. La pollution intérieure, les champs électromagnétiques et l'étude des interactions liées à de multiples expositions font clairement partie des domaines à développer pour la recherche. Cela ne pourra se faire qu'avec la mise en place d'études qui intègrent plusieurs paramètres et qui visent à suivre une population dans le temps. En effet, la plupart des études publiées en santé environnementale visent à valider les effets sur la santé lié à un type d'exposition défini et se contentent de corriger leurs résultats en prenant en considération l'une ou l'autre exposition environnementale supplémentaire.

De manière générale, la mise à disposition de bases de données intégrées et accessibles à l'ensemble des chercheurs (open data) permettra d'identifier de manière plus précise les pollutions prioritaires (et leurs sources, pour une action efficace) qui concernent les bruxellois et ainsi de proposer et mettre en place des actions pour favoriser une meilleure santé pour tous, de manière plus équitable.

Au-delà de la facilitation et de l'amélioration de l'accès aux données existantes, une des priorités en matière de recherche en santé environnementale, appliquée au contexte de la RBC, consiste à conduire une étude de cohorte ambitieuse visant à identifier et à mesurer de manière précise l'ensemble des facteurs environnementaux contribuant au développement et à l'exacerbation des maladies chroniques non transmissibles au sein de la population bruxelloise. L'analyse des données de santé résultant de cette cohorte permettra

non seulement d'étudier l'influence de nombreux paramètres environnementaux sur la santé de la population en RBC mais contribuera également à alimenter les réflexions et le débat afin de faire de la RBC une région où il fait bon vivre.

Des études de cohorte sont progressivement réalisées en Europe, les premières visent à étudier les effets sur la santé de la pollution atmosphérique (7). Ces études se sont centrées sur des zones urbaines et permettent d'observer les effets à long terme comme cela se fait depuis de nombreuses années aux Etats-Unis. L'étude de cohorte à, en outre, comme avantage de pouvoir suivre dans le temps un groupe de personnes. Elle permet, lorsqu'elle est réalisée localement dans une zone urbaine, de mieux « coller » à la réalité de la ville et de prendre en compte les spécificités de celle-ci, tant en termes de population, que de géographie, de climat, de structure, de densité et d'aménagement urbain (8). Ce type d'étude portant sur l'exposition à plusieurs facteurs environnementaux permettrait non seulement de documenter l'exposition mais aussi les effets sur les bruxellois, ainsi que de mieux comprendre les liens qui unissent ces facteurs entre eux. L'objectif de ce type d'études serait de pouvoir définir les actions à prévoir ayant l'impact positif le plus grand sur la santé de toute la population. Par ailleurs, sachant que les effets sur la santé liés à l'exposition aux paramètres environnementaux sont rarement immédiats, on parle le plus souvent de maladies chroniques dont le développement et l'exacerbation se manifestent avec retard.

9.3. Conclusion : quelle ville pour quelle santé ?

La RBC, comme toute région urbaine, présente des problèmes, des contraintes et des enjeux stratégiques. La santé des bruxellois est mise à mal à cause, entre autres, d'expositions environnementales. La prise en compte de ces problématiques négatives nécessite un tournant radical vers une transition en santé. Si les problèmes se situent dans les villes, les solutions s'y trouvent aussi.

Les mécanismes liant les expositions à des polluants de l'air et au bruit sont bien identifiés (voir chapitres 3 et 4) et il a été démontré que les interventions visant à réduire les émissions à la source sont les plus efficaces (4). Il reste des incertitudes et toutes les données ne sont pas disponibles. Néanmoins, les données existantes ont déjà clairement démontré les effets

de l'environnement sur la santé et l'urgence de prendre en compte cette problématique. Certaines villes, communes et régions en ont compris l'urgence (voir les initiatives Breathe-Life²³ et C40²⁴). Améliorer la pollution atmosphérique et agir pour le climat peuvent avoir des bénéfices communs, certains polluants contribuant à modifier l'effet de serre (9).

La santé de tous devrait être la priorité au cœur de l'ensemble des décisions mais aussi des décisions prises au niveau de la RBC. Placer la santé au cœur de toutes les politiques est ambitieux et reste une approche qui contribue à une planification plus intégrative des actions d'aménagement urbain (« Health in all policies ») (10).

Nous ne sommes pas tous égaux face à la santé et à l'environnement : certaines populations sont plus vulnérables aux effets de la pollution, en particulier les enfants, les femmes enceintes, les personnes âgées et les malades, ainsi que les populations fragilisées socioéconomiquement (1,11). Ces différents groupes devraient être ceux qui bénéficient le plus (et le plus rapidement) des interventions visant à améliorer la qualité de l'environnement.

Afin de tendre au maximum vers une transition durable en santé et diminuer les émissions polluantes néfastes pour la santé des citoyens, la RBC devra réaliser une part du chemin. La contribution locale aux émissions de polluants atmosphériques est limitée. Mais l'objectif ne sera atteint que si toutes les parties prenantes et tous les acteurs y contribuent. Ainsi, pour atteindre une réduction significative des années de vie en bonne santé perdues à cause d'expositions environnementales, la RBC devra intégrer une planification urbaine et des transports accessible à tous. Tout d'abord, en diminuant le trafic et le « tout à la voiture », tout en privilégiant des modes de transport actifs et en garantissant la sécurité de tous les usagers. En parallèle, l'attractivité de la RBC sera augmentée par la poursuite du développement des maillages verts et bleu, la verdurisation des espaces et la pacification des quartiers. Une amélioration du bâti et en particulier de sa consommation énergétique devra compléter les mesures réalisées sur l'espace public. Ces mesures feront de la capitale une ville durable et permettront, entre autres, de réduire les problèmes de santé liés à la pollution de l'air et au bruit, ainsi que de permettre une

meilleure santé des habitants par l'adoption de styles de vie plus sains grâce, entre autres, à un environnement plus sain. Enfin, améliorer l'environnement pour une meilleure santé, c'est aussi et surtout agir pour le climat et ainsi préserver les générations futures.

9.4. Références

1. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adeyi O, Arnold R, Basu N, et al. The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet*. 19 octobre 2017 ; 391 : 462-512.
2. Nieuwenhuijsen M, Khreis H. Integrating Human Health into Urban and Transport Planning: A Framework. Suisse : Springer International Publishing ; 2019. Disponible : <https://www.springer.com/gp/book/9783319749822>
3. Conseil Supérieur de la Santé. En route pour la santé : Les effets environnementaux du trafic sur la santé - Avis n°8603. Bruxelles, Belgique : HGR-CSS ; 2011. [consulté le 9 décembre 2019]. Disponible : <https://www.health.belgium.be/fr/avis-8603-en-route-pour-la-sante>
4. European Parliament. Environment Policy: general principles and basic framework. EU : European Parliament ; 2019. [consulté le 9 décembre 2019]. Disponible : http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/en/FTU_2.5.1.pdf
5. Curran JH, Ward HD, Shum M, Davies HW. Reducing cardiovascular health impacts from traffic-related noise and air pollution: Intervention strategies. *Environ Health Rev*. Août 2013 ; 56 (02) : 31-38.
6. Perez L, Declercq C, Iñiguez C, Aguilera I, Badaloni C, Ballester F, Bouland C, et al. Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities (APHEKOM network). *Eur Respir J*. 21 Mars 2013 ; 42 (3) : 594-605.
7. Brunekreef B. Health effects of air pollution observed in cohort studies in Europe. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. Décembre 2007 ; 17 S61-S65.
8. Slottje P, Yzermans CJ, Korevaar JC, Hooiveld M, Vermeulen RC. The population-based Occupational and Environmental Health Prospective Cohort Study (AMIGO) in The Netherlands. *BMJ Open*. 26 Novembre 2014 ; 4 (11) : e005858.
9. WHO. The 8th Global Conference on Health Promotion, Helsinki, Finland, 10-14 June 2013 - The Helsinki Statement on Health in all policies. 2013 [consulté le 9 décembre 2019]. 2p. Disponible :

23. <https://breathelife2030.org>

24. <https://www.c40.org>

- https://www.who.int/healthpromotion/conferences/8gchp/8gchp_helsinki_statement.pdf
10. WHO. Reducing Global Health Risks: Through mitigation of short-lived climate pollutants - Scoping report for policymakers. Genève, Suisse : World Health Organization ; 2015 [consulté le 9 décembre 2019]. 148p. Disponible : https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/189524/9789241565080_eng.pdf;jsessionid=596019E55A96CD6C4400AB-9B0F4934F3?sequence=1
11. WHO. Environmental Health Inequalities in Europe: Second Assessment Report. Copenhague : WHO Regional Office for Europe; 2019 [consulté le 16 septembre 2019]. 164p. Disponible: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325176/9789289054157-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

10

Glossaire

10.1. Pollution de l'air

Matières particulaires (PM) : Il s'agit d'un mélange de particules, sous forme solide ou liquide, en suspension dans l'air (1). Ces particules sont de forme et de composition chimique extrêmement variées. Elles comprennent le carbone suie ou « black carbon » (BC), qui est un indicateur de la pollution atmosphérique lié aux déchets de combustion et qui tire son nom de son procédé de mesure optique basé sur la transmission de la lumière à travers un filtre à particules (2). Les PM sont classées selon leur diamètre aérodynamique, selon qu'il soit inférieur ou égal à 10 μm (PM_{10}) ; 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) ; ou 0,1 μm ($\text{PM}_{0,1}$). Les $\text{PM}_{2,5}$ font partie de ce que l'on appelle les « particules fines ». Les $\text{PM}_{0,1}$ font partie des particules dites « ultra-fines » ou « nanoparticules » (3). Globalement, les émissions de PM liées à l'activité humaine sont principalement dues à des phénomènes de combustion d'énergies fossiles : transport routier (gazole, essence), chauffage résidentiel ou commercial (charbon, fuel, bois) et production d'électricité (centrales au gaz ou au charbon). Elles sont également dues aux activités industrielles et agricoles (l'ammoniac produit se transforme par la suite dans l'air en PM), à l'incinération des déchets, au secteur de la construction (travaux de démolition, d'excavation) ainsi qu'au transport en lui-même (érosion du revêtement routier, usure des pneus et des plaquettes de freins) (4). Les $\text{PM}_{2,5}$ sont considérées comme cancérigènes depuis 2012 (5).

Dioxyde d'azote (NO_2) : Très peu présent naturellement, le NO_2 se forme lors de processus de combustion. Sous l'effet de la chaleur, l'azote (N_2) présent dans l'air s'oxyde et se transforme en monoxyde d'azote (NO), qui réagit alors rapidement dans l'air pour former du NO_2 (6). Le NO_2 est un gaz irritant pour les voies respiratoires. Sa présence dans l'air participe également à la formation de polluants secondaires²⁵ comme les particules fines et l'ozone. En milieu urbain, les concentrations en NO_2 sont principalement dues au trafic routier.

Ozone (O_3) : L'ozone est une molécule hautement réactive naturellement présente dans les hautes couches de l'atmosphère, on l'appelle l'ozone stratosphérique. Il y joue un rôle protecteur très important en absorbant les rayons ultraviolets (UV) provenant du rayonnement solaire. L'ozone stratosphérique est totalement différent de celui que l'on retrouve dans les basses couches de l'atmosphère (ozone troposphérique) et qui est lui un gaz particulièrement nocif. L'ozone troposphérique se forme sous des conditions météorologiques particulières (ensoleillement important et faible dispersion des polluants). Sa formation implique typiquement deux classes de précurseurs issus de l'activité humaine : les composés organiques volatils (COV) et les oxydes d'azote (NO_x). Les précurseurs de l'ozone troposphérique réagissent en présence de rayonnement solaire pour former de l'ozone (6). L'ozone est un puissant irritant des voies respiratoires.

25. Les polluants « primaires » sont rejetés directement dans l'atmosphère alors que les polluants « secondaires » sont des polluants qui sont le résultat d'une transformation entre des molécules et des gaz polluants dits « précurseurs » (6).

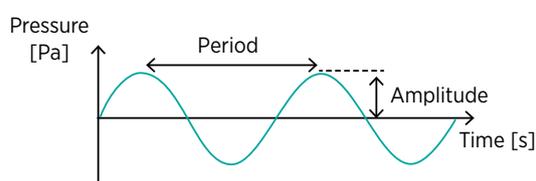
Dioxyde de soufre (SO₂) : Le SO₂ était en RBC considéré comme un polluant d'importance jusque dans les années 1980. Les concentrations en SO₂ ont ensuite fortement diminué dans les années qui suivirent (7). Il se forme lors de la combustion du charbon ainsi que lors de certains procédés industriels (métallurgie, raffinage, papeteries, etc.). Le dioxyde de soufre est également un puissant irritant des voies respiratoires. Il fait l'objet d'une surveillance systématique dans notre Région.

Monoxyde de carbone (CO) : Le CO est un gaz inodore et incolore qui se forme lors de combustions incomplètes (gaz, charbon, fioul ou bois). En cas d'exposition prolongée à des concentrations élevées, le CO peut donner lieu à des intoxications particulièrement sévères pouvant entraîner le décès de la personne intoxiquée. Le CO participe également aux mécanismes de formation de l'ozone et au réchauffement climatique en se transformant dans l'atmosphère en gaz carbonique (CO₂). En milieu urbain, les concentrations en CO proviennent essentiellement des gaz d'échappement des véhicules.

10.2. Bruit environnemental

Son : Un son est une onde créée par la vibration d'un objet. Cette onde se propage dans l'eau, dans l'air ou à travers un élément solide et est ensuite perçue par notre oreille. Un son se caractérise par son amplitude, exprimée en Pascal (Pa) ainsi que par sa fréquence, exprimée en Hertz (Hz). Notre oreille est capable de détecter des sons à partir de 20 µPa (2 x 10⁻⁵Pa). La plage de fréquence audible va quant à elle de 20 Hz (infrasons) à 20 000 Hz (ultrasons) (8).

Figure 10-01. Onde sonore simple.



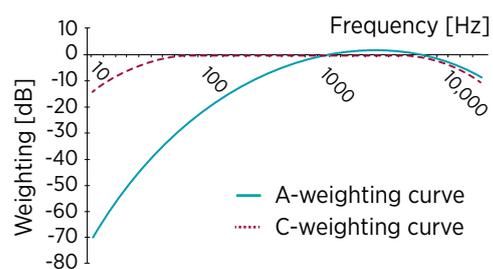
Source : Murphy E., King EA, 2014, p. 10 (8).

Niveau de pression acoustique : Un niveau de pression acoustique correspond à un rapport entre un niveau de pression effectif et une valeur de référence. Typiquement, la valeur de référence utilisée pour mesurer le bruit environnemental est le seuil de détection de l'oreille humaine, qui

correspond à une pression dans l'air de 20µPa à une fréquence de 1000 Hz. Vu l'énorme plage de valeurs détectées par l'oreille humaine, le niveau de pression acoustique est mesuré à l'aide d'une échelle logarithmique, le décibel (dB). Ce niveau de pression est également pondéré afin de tenir compte de la sensibilité de l'oreille humaine, qui ne perçoit pas l'intensité d'un son de la même manière selon sa fréquence. Ainsi, un son de 60dB à une fréquence de 1000Hz ne sera pas perçu de la même manière qu'un son de 60dB à une fréquence de 100Hz.

Il existe différents types de pondération (ex : A, C). Le bruit environnemental est typiquement exprimé en dB(A), ce qui signifie que l'on applique une correction « A » au son mesuré afin de tenir compte de la sensibilité de l'oreille humaine, qui perçoit les sons de fréquence basse comme étant de moindre intensité par rapport aux sons de fréquence haute.

Figure 10-02. Pondération dB(A) et dB(C).



Source : Murphy E., King EA, 2014, p. 26 (8).

Décibel (dB) : L'échelle d'intensité sonore communément utilisée pour mesurer le bruit environnemental est le décibel (dB). Un décibel est un rapport entre deux niveaux de pression exprimé dans une échelle logarithmique, où P₁ correspond à la pression acoustique mesurée (en Pascal) et P₀ à la pression acoustique de référence (20µPa).

$$\text{Niveau de bruit environnemental (dB)} = 10 \times \log_{10} (P_1 / P_0)^2$$

Puisqu'il s'agit d'une échelle logarithmique, l'augmentation de la pression acoustique n'est pas linéaire. Ainsi, une augmentation d'intensité de 3dB correspond en réalité à une pression sonore multipliée par deux. Une augmentation de 10 dB correspond quant à elle à une pression sonore multipliée par dix, ce qui correspond à un son perçu comme deux fois plus fort par l'oreille humaine (8).

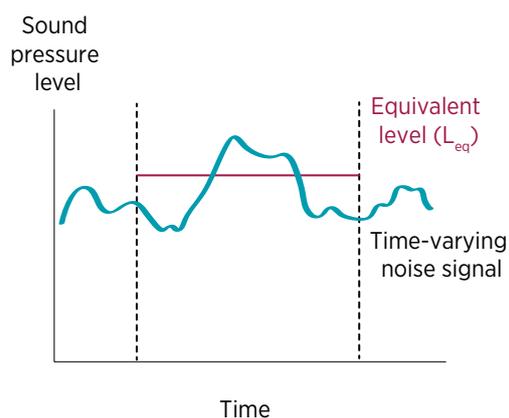
L_{den} (Day-Evening-Night-Level) : Il s'agit d'un indicateur de bruit global utilisé pour la cartographie du bruit au niveau européen ainsi que dans la plupart des études épidémiologiques. Il correspond au niveau de bruit moyen annuel pour une période de 24h00. Il s'agit d'un indicateur pondéré, au sens où une pénalité de 10dB est ajoutée au niveau de bruit pendant la nuit (23h00 à 07h00), ainsi qu'une pénalité de 5dB pour le niveau de bruit moyen en soirée (19h00-23h00).

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}}}{24} \right)$$

Il comprend donc également les indicateurs L_{day} , $L_{evening}$ et L_{night} , qui peuvent également être utilisés séparément pour décrire les niveaux de bruit présents dans notre environnement. Ainsi, l'indicateur L_{day} correspond au niveau sonore équivalent (L_{eq}) pour la période allant de 07h00 à 19h00. L'indicateur $L_{evening}$ correspond au niveau sonore équivalent (L_{eq}) pour la période allant de 19h00 à 23h00 et l'indicateur L_{night} au niveau sonore équivalent (L_{eq}) pour la période allant de 23h00 à 07h00 du matin.

Niveau sonore équivalent (L_{eq}) : Un niveau sonore équivalent (L_{eq}) correspond à une moyenne de l'énergie sonore sur une période de temps donnée, comme illustré sur la figure suivante.

Figure 10-03. Niveau sonore équivalent.



Source : Murphy E., King EA., 2014, p. 29.

10.3. Références

1. United States Environmental Protection Agency. Particulate Matter (PM) Basics. Washington, USA : US EPA ; 2016 [consulté le 2 février 2020]. Disponible : <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
2. WHO regional Office for Europe. Health effects of black carbon (2012). Copenhagen, Danemark : WHO Regional Office for Europe 2012 [consulté le 2 février 2020]. Disponible : <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon-2012>
3. Raftis JB, Miller MR. Nanoparticle translocation and multi-organ toxicity: A particularly small problem. Nano Today. 1^{er} juin 2019 ; 26 : 8-12.
4. Cellule Interrégionale de l'Environnement (CELINE). Quelles sont les principales sources d'émissions des PM ? . Bruxelles, Belgique : CELINE [consulté le 8 janvier 2020]. Disponible : <https://www.irceline.be/fr/documentation/faq/quelles-sont-les-principales-sources-demissions-des-pm>
5. IARC Working group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to humans 2013. Outdoor Air Pollution. Vol. 109, IARC monographs. France : International Agency for Research on Cancer; 2015 [consulté le 30 novembre 2019]. 449p. Disponible : <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Outdoor-Air-Pollution-2015>
6. Vallero D. Fundamentals of Air Pollution: 5th Edition. Oxford, UK : Elsevier Academic press ; 2014. 986p. Disponible : <https://www.sciencedirect.com/book/9780124017337/fundamentals-of-air-pollution>
7. Bruxelles Environnement. Émissions de substances acidifiantes (NO_x, SO_x et NH₃). Bruxelles (BE) : Bruxelles Environnement; 2018 [consulté le 10 janvier 2020]. Disponible : <https://environnement.brussels/synthese-2015-2016/air/emissions-de-substances-acidifiantes-nox-sox-et-nh3>
8. Murphy E, King EA. Environmental Noise Pollution : Noise Mapping, Public Health and Policy. Burlington, USA : Elsevier ; 2014. p.51-80. 282p. Disponible : <https://www.sciencedirect.com/book/9780124115958/environmental-noise-pollution#book-description>

Annexes

11.1. Annexe 1 : Fiche méthodologique - Évaluation du risque pour la santé lié à la pollution de l'air en RBC

11.1.1. Introduction

Une évaluation du risque pour la santé (ERS) est une évaluation scientifique des effets néfastes potentiels résultants de l'exposition de la population à un danger particulier, ici à la pollution de l'air (1). L'objectif principal d'une ERS lié à la pollution de l'air est de répondre à des questions concernant les impacts sur la santé de politiques menées en la matière (1). Appliquée au contexte de la RBC, une ERS permet de répondre, entre autres, aux questions suivantes :

- Quel est le fardeau de la maladie associé à l'exposition aux niveaux actuels de pollution de l'air ?
- Quels sont les bénéfices sanitaires attendus en cas d'amélioration de la qualité de l'air en RBC ?
- Quels sont les impacts sur la santé des émissions de polluants provenant de sources ou secteurs spécifiques et quels sont les impacts sur la santé de politiques qui les concernent ?
- Quels sont les impacts sanitaires actuels de mesures ou politiques menées dans le passé en matière de qualité de l'air ?

Les résultats d'une ERS peuvent également être utilisés afin d'estimer la valeur économique des bénéfices de santé attendus résultant de changements de concentrations en polluants de l'air en RBC. Ces données permettent alors de comparer le rapport coût-bénéfice de différentes mesures d'amélioration de la qualité de l'air en RBC. La monétisation des effets sur la santé a également une utilité pratique en tant qu'outil de communication à destination du monde politique, des médias et du grand public (2). Une ERS comprend habituellement trois grandes étapes distinctes : une évaluation de l'exposition de la population aux polluants considérés, une estimation du risque sur la santé de la population et la communication des incertitudes liées aux estimations réalisées dans le cadre de l'ERS. Ces étapes nécessitent l'utilisation de méthodes et données spécifiques, qui vous sont présentées dans les sections suivantes.

11.1.2. Évaluation de l'exposition de la population à la pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale

L'objectif de cette étape est de déterminer les concentrations de polluants passées, actuelles ou attendues en fonction du scénario envisagé dans le cadre de l'ERS considérée. Nous avons utilisé pour cette étape les concentrations moyennes annuelles en $PM_{2,5}$ et en NO_2 pour l'entièreté du territoire de la RBC en 2015. Ces données sont accessibles librement et proviennent de CELINE (3). En 2015, les concentrations moyennes annuelles en $PM_{2,5}$ et en NO_2 étaient respectivement de $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $29,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nous supposons donc dans notre étude que la totalité de la population Bruxelloise est exposée à ces niveaux de concentrations.

11.1.3. Estimation du risque pour la santé de l'exposition à la pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale

L'objectif de cette étape consiste à estimer les impacts sur la santé de l'exposition de la population aux $PM_{2,5}$ et au NO_2 . De manière générale, les impacts liés à la pollution de l'air peuvent être exprimés en termes de morbidité ou de mortalité. La morbidité a trait au développement de maladies au sein de la population. Les impacts quantifiés en termes de mortalité sont quant à eux le reflet de la diminution de l'espérance de vie lié à la pollution de l'air (4). Pour des raisons de disponibilité des données, nous avons limité notre étude aux impacts sur la mortalité générale et spécifique en RBC.

Les données de mortalité utilisées dans notre étude sont issues des bulletins de décès de personnes résidant en RBC et décédées en 2015. Ces données proviennent de l'OSS. L'estimation des impacts de l'exposition à la pollution de l'air sur la mortalité en RBC nécessite également de pouvoir disposer de données démographiques, notamment quant à la structure de la population par catégorie d'âge. Les données démographiques (structure de la population par catégorie d'âge d'un an) que nous avons utilisées sont issues de STATBEL. Ces données sont en libre accès sur le site web de Statbel (5).

11.1.4. AirQ+, fonctions dose-réponse et niveaux contrefactuels

Différents outils ont été développés ces dernières années afin de faciliter la quantification des impacts sur la santé, liés à la pollution de l'air (1). Nous avons fait le choix pour cette étude d'utiliser le logiciel AirQ+ (6). AirQ+ est un logiciel développé par l'OMS pour quantifier les impacts sur la santé de l'exposition à la pollution de l'air. Il permet d'estimer la part de la mortalité générale (toutes causes confondues) et de la mortalité spécifique, ainsi que les YLL attribuables à la pollution de l'air (6). Il permet également d'évaluer les changements attendus en termes de YLL résultant de différents scénarios de réduction des concentrations de polluants. Son usage est fortement encouragé par l'OMS, et ce afin d'accroître la comparabilité des différentes études de ce type au niveau Européen. La méthodologie utilisée par AirQ+ pour quantifier les YLL ainsi que la part de la mortalité générale et spécifique attribuable à la pollution de l'air est disponible sur la page web de l'OMS qui y est consacrée (6).

De manière générale, AirQ+ base ses calculs sur l'utilisation de courbes ou fonctions dose-réponse spécifiques à un problème de santé (ex : mortalité cardiovasculaire). Ces fonctions dose-réponse quantifient les impacts attendus sur la santé en fonction des niveaux de concentration en polluants déterminés précédemment. Elles sont établies à partir d'études épidémiologiques et sont exprimées en termes de risque relatif (RR) par rapport à une augmentation de concentration en polluant (ex : $RR = 1,062$ pour une augmentation de $10\mu g/m^3$ en $PM_{2,5}$).

Un RR est une mesure d'association utilisée en épidémiologie. Il s'agit du rapport entre la probabilité de survenue d'un événement (ex : la probabilité de décès) dans un groupe exposé (à un facteur de risque, ici les $PM_{2,5}$) par rapport à la probabilité de survenue de cet événement dans le groupe non-exposé. Un RR de 1,062 signifie que le risque de décès est 6,2 % plus élevé dans le groupe exposé que dans le groupe non exposé. Il s'avère cependant, en ce qui concerne la pollution aux $PM_{2,5}$, que nous ne sommes jamais vraiment « non exposés ». En effet, l'air que nous respirons contiendra toujours une faible concentration en $PM_{2,5}$. C'est pourquoi il est préférable de définir un niveau contrefactuel dans le cadre d'une ERS liée à la pollution de l'air.

Un niveau contrefactuel est un niveau de concentration à partir duquel sont calculés les effets sur la santé. Pour notre étude, nous avons utilisé les seuils de $2,5\mu g/m^3$ pour les $PM_{2,5}$ et de $5\mu g/m^3$ pour le NO_2 . Il s'agit des seuils recommandés par le partenariat urbain sur la qualité de l'air (PAQ) initié par la Commission Européenne en 2016 (7). Le niveau de $2,5\mu g/m^3$ en $PM_{2,5}$ correspond au niveau de concentration estimé comme « naturel » au niveau européen, c'est-à-dire non lié à des sources de pollution dues à l'activité humaine (7). Il correspond également aux niveaux minimaux de concentration observés dans les études épidémiologiques (niveaux compris entre 2,4 et $5,9\mu g/m^3$) (8). Bien qu'il n'existe pas de niveau naturel en NO_2 , le seuil de $5\mu g/m^3$ est néanmoins recommandé pour les études d'impact sur la santé (9). Ce seuil correspond au niveau de concentration le plus bas observé dans les études épidémiologiques (7). Il est recommandé d'utiliser ce seuil afin de ne pas accroître le niveau d'incertitude lié aux résultats de l'étude d'impact (10).

Les fonctions dose-réponse utilisées pour déterminer les impacts du NO_2 et des $PM_{2,5}$ sur la mortalité toutes causes (part attribuable et YLL)

Tableau 11-01. Fonctions dose-réponse (RR) utilisées dans le cadre de notre ERS pour le calcul des YLL et de la mortalité toutes causes attribuables aux PM_{2,5} et au NO₂ en RBC en 2015.

Polluant	RR (IC95%)	Sources
PM _{2,5} (par 10µg/m ³)	1,062 (1,040 - 1,083)	OMS, 2013 (12)
NO ₂ (par 10µg/m ³)	1,02 (1,01 - 1,03)	Atkinson et al., 2018 (13)

Source : OMS, 2018 (14).

sont présentées dans le tableau 11-01. En ce qui concerne la mortalité spécifique, AirQ+ utilise les fonctions dose-réponse établies en 2016 à partir des données de la « Global burden of disease study » de 2015 (11). Ces fonctions ont été construites par incrément de 1µg/m³. Elles sont disponibles sous forme de fichier Excel sur la page web de l'OMS consacrée à AirQ+ (6).

11.1.5. Communication des résultats et des incertitudes liées aux estimations des impacts sur la santé

Les impacts liés à la pollution aux PM_{2,5} et au NO₂ sont exprimés dans notre étude en termes de part attribuable, nombre de décès attribuables, nombre de décès attribuables par 100 000 habitants, années de vie perdues et gains ou pertes monétaires (euros).

La part attribuable correspond au pourcentage de l'ensemble des décès qui peut être imputée à la

pollution de l'air en RBC en 2015. Cette part peut également être exprimée en un nombre de décès ou encore en un nombre de décès attribuables / 100 000 habitants. Cette dernière mesure permet de comparer les impacts liés à la pollution de l'air entre différentes villes ou régions.

L'approche utilisée par AirQ+ pour modéliser ces impacts se base sur la méthodologie utilisée par l'OMS pour quantifier le fardeau de la maladie associé à l'exposition à la pollution de l'air en 2016 (14). Celle-ci est principalement basée sur le calcul de la fraction attribuable dans la population (FAP) (FAP= (RR-1)/RR).

La FAP est estimée à partir du RR qui est défini sur base 1) de la fonction dose-réponse considérée (en fonction du problème de santé étudié) et 2) du niveau d'exposition de la population. La FAP est alors multipliée par l'incidence du problème de santé considéré dans la population afin d'obtenir le fardeau de la maladie qui y est associé (14).

Figure 11-01. Approche utilisée pour modéliser les impacts liés à la pollution de l'air en RBC.

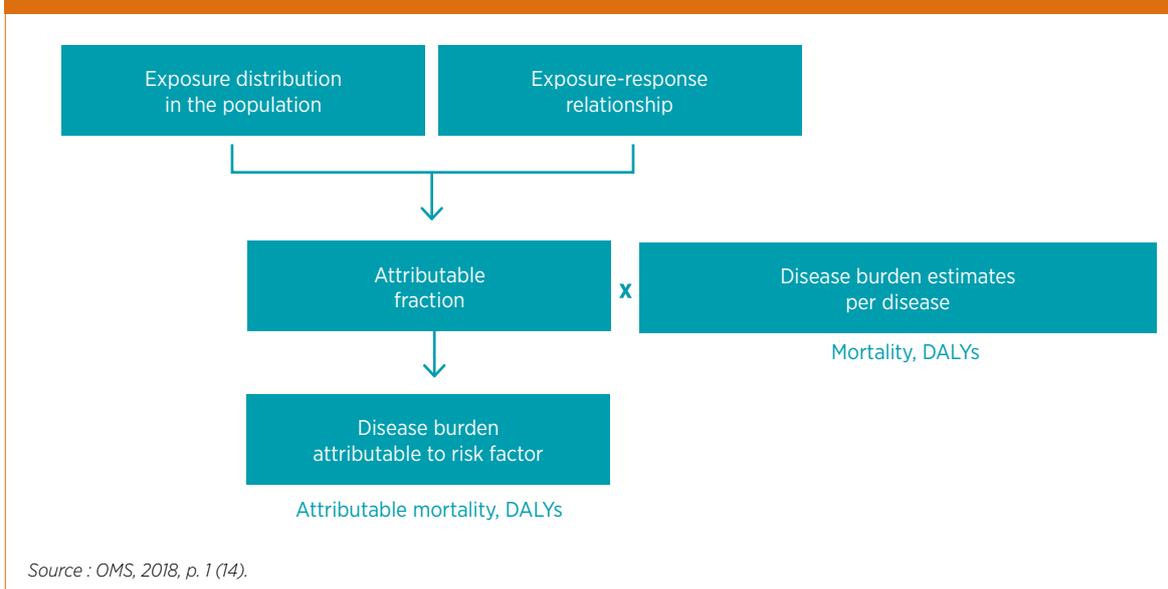
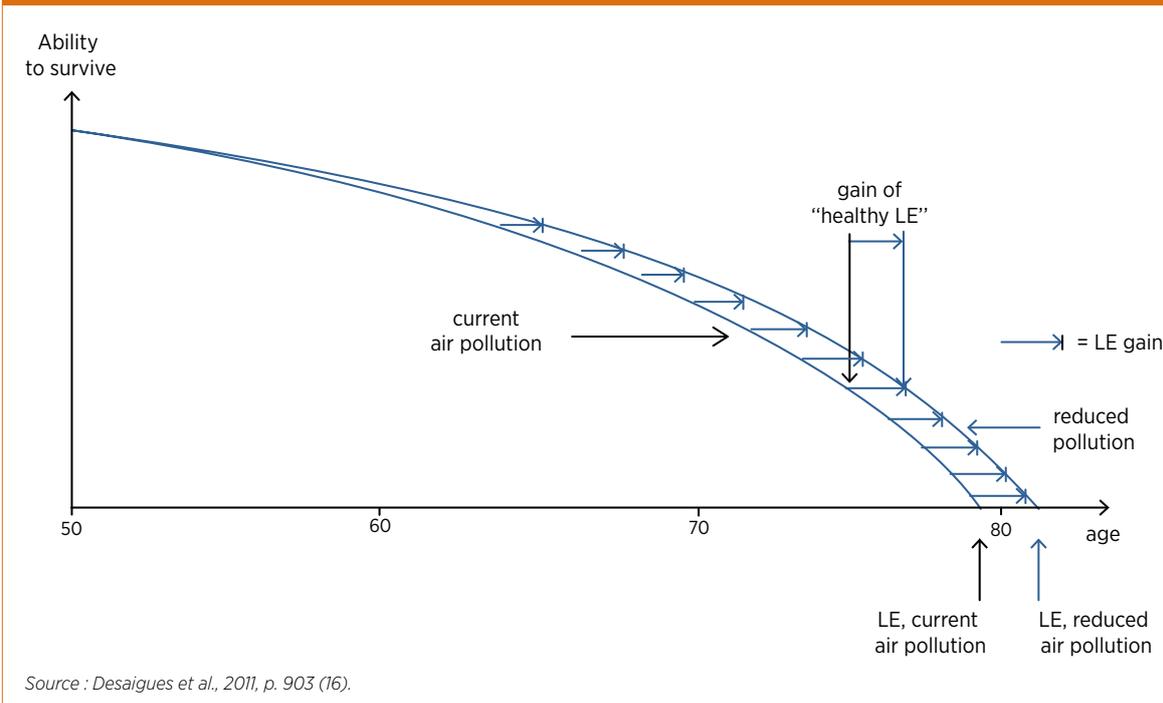


Figure 11-02. Gain en espérance de vie associé à une amélioration de la qualité de l'air chez une personne de 50 ans.



Une des principales limites à l'utilisation de la part attribuable ou du nombre de décès attribuable à la pollution de l'air est qu'ils ne permettent pas de comparer les impacts à des moments différents si les caractéristiques de la population ne sont pas statiques. En effet, si la population vieillit, le nombre de décès imputables pourrait potentiellement augmenter et ce, même si la qualité de l'air s'est améliorée entre temps (7).

Ces indicateurs, comme expliqué précédemment, mènent également souvent à l'interprétation erronée qu'il suffirait de diminuer les concentrations en polluants pour « éviter » ces décès. En réalité, ces décès sont uniquement « postposables » au sens où une amélioration de la qualité de l'air permettrait à ces personnes de vivre plus longtemps (15). Ce phénomène est illustré dans la figure 11-02, qui rend compte de l'amélioration de l'espérance de vie liée à l'amélioration de la qualité de l'air chez une personne de 50 ans.

Les décès ou la part de décès attribuables ne nous renseignent pas sur l'éventuelle perte d'espérance de vie liée à la pollution de l'air. C'est pourquoi il est préférable, d'un point de vue scientifique, de quantifier ces impacts liés à la pollution de l'air en calculant les « years of life lost » (YLL) dues à la pollution de l'air.

Les YLL sont calculées en multipliant le nombre de décès attribuables à la pollution de l'air par

l'espérance de vie standard restante à l'âge du décès. Elles sont le reflet de la mortalité prématurée liée à la pollution de l'air en RBC.

$$YLL = \sum E_i \times L_i$$

E_i = nombre de décès attribuables à la pollution de l'air dans chaque classe d'âge i

L_i = espérance de vie standard restante à l'âge du décès (en années)

Les YLL sont également, avec les « years lost due to disability » (YLD), les deux composantes de l'espérance de vie corrigée de l'incapacité ou « disability adjusted life years » (DALY). L'utilisation des DALY permet de comparer facilement les impacts de différents facteurs de risque environnementaux au sein d'une même population. La perte d'une « year of life lost » (YLL) est équivalente à la perte d'un DALY. Enfin, un autre grand avantage de l'utilisation des YLL réside dans la possibilité de les monétiser, ce qui permet de comparer le rapport coût-efficacité de différentes mesures de réduction des émissions de polluants.

Afin d'évaluer la valeur d'une « year of life lost » (YLL) ou DALY, nous nous sommes basés sur le rapport coût-efficacité seuil recommandé par l'OMS (entre 1-3x le PIB/habitant) (17).

En 2015, en Belgique, le PIB par habitant était de 36 000 euros. Il s'agit de la somme que nous avons reprise pour évaluer le coût d'un DALY. Ce montant est considéré par l'OMS comme un rapport coût-efficacité très élevé (17).

11.1.6. Limites et incertitudes

La principale limite ou incertitude liée à notre évaluation du risque pour la santé lié à la pollution de l'air, concerne les relations dose-réponse utilisées dans le cadre de cette évaluation. En effet, ces relations sont élaborées à partir d'études épidémiologiques qui basent leurs analyses sur une série d'hypothèses et de postulats et qui ne peuvent pas toujours prendre en compte l'ensemble des facteurs qui influencent la mortalité au sein d'une population comme le tabagisme, l'alimentation ou encore l'exposition à d'autres facteurs, environnementaux ou non. Ces incertitudes sont toutefois inhérentes à tout projet de recherche. C'est la raison pour laquelle les relations dose-réponse possèdent toujours un intervalle de confiance (IC95%). Un intervalle de confiance s'interprète comme la probabilité à 95 % que la valeur estimée (ici par exemple la relation dose réponse de la pollution de l'air sur la mortalité prématurée) se situe réellement dans la plage définie par l'intervalle.

Une autre limite importante concerne l'estimation de l'exposition de la population aux $PM_{2.5}$ et au NO_2 . En effet, nous supposons dans notre étude que l'ensemble de la population bruxelloise est exposé aux mêmes niveaux de concentrations en $PM_{2.5}$ et en NO_2 . Or, l'exposition individuelle à la pollution de l'air en RBC varie fortement d'un individu à l'autre et est fonction de multiples facteurs tels que les modes de déplacement, les activités menées ou encore la qualité du milieu de travail et/ou de vie. Enfin, précisons également que la pollution de l'air est un mélange complexe, et qu'il n'est pas toujours possible de différencier les effets sur la santé provenant de polluants ou de sources différentes

Il est toutefois utile de préciser que s'il est important de communiquer adéquatement les limites ou incertitudes inhérentes à tout projet de recherche, cela ne doit cependant pas se faire au détriment de la validité ou de l'utilité des résultats obtenus (1). En effet, les modélisations et choix effectués sont inévitablement des simplifications de la réalité. Une étude d'impact sur la santé est donc toujours réalisée en choisissant un

ensemble d'indicateurs de la santé et n'est jamais réellement représentative de l'ensemble des effets sanitaires ou économiques dus à l'exposition à un facteur de risque particulier.

Nos résultats ne tiennent compte que des impacts de la pollution aux $PM_{2.5}$ et au NO_2 sur la mortalité en RBC et ne tiennent donc pas compte de l'impact de ces polluants sur la morbidité (ex : asthme, maladies cardiovasculaires) ainsi que les coûts directs (ex : hospitalisations) et indirects (perte de productivité) qui y sont associés. Ils doivent donc de manière générale être considérés comme une probable sous-estimation de l'impact réel de la pollution de l'air en RBC.

11.1.7. Références

1. WHO Regional Office for Europe. Health Risk Assessment of Air pollution: general principles. Danemark : WHO regional Office for Europe, 2016 [consulté le 28 octobre 2019]. 40p. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf?ua=1
2. European Commission. What are the health costs of environmental pollution?. Science for environment Policy. Luxembourg : Publications Office of the European Union, décembre 2018. Rapport no 21 [Consulté le 15 octobre 2019]. 60p. Disponible : https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/health_costs_environmental_pollution_FB21_en.pdf
3. Cellule Interrégionale de l'Environnement (irCELine). Rapport annuel 2015 de la qualité de l'air en Belgique. Belgique : Cellule Interrégionale de l'Environnement ; 2015 [consulté le 2 juin 2019]. Disponible : <http://www.irceline.be/fr/documentation/publications/annual-reports/rapport-annuel-2015/view>
4. De Leeuw F, Horálek J. Quantifying the health impacts of ambient air pollution: methodology and input data. ETC/ACM Technical Paper. Pays-Bas : European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation, Décembre 2016. Rapport no 2016/5. [consulté le 20 octobre 2019]. 19p. Disponible : https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacm_tp_2016_5_aq_hia_methodology
5. Office belge de statistique (STATBEL). Open Data. Belgique (BE); 2017 [consulté le 4 avril 2019]. Disponible : <https://statbel.fgov.be/fr/open-data>

6. WHO Regional Office for Europe. AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution. Danemark : World Health Organization ; 2019 [consulté le 2 Janvier 2019]. Disponible : <http://www.euro.who.int/fr/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>
7. van den Brenk I. The use of Health Impact Assessment tools in European Cities: A guide to support policy towards cleaner air and improvement of citizens' health. Pas-Bas : University of Utrecht, Octobre 2018. [consulté le 10 octobre 2019]. 39p. Disponible : https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/the_use_of_health_impact_assessment_tools_in_european_cities.pdf
8. GBD 2015 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. Lancet. 8 octobre 2016 ; 388 (10053) : 1659-724.
9. Committee On the Medical Effets of Air Pollutants (COMEAP). Interim statement on quantifying the association of long term average concentrations of nitrogen dioxide and mortality. Royaume-Uni : Committee On the Medical Effets of Air Pollutants ; 2015. [consulté le 10 octobre 2019]. Disponible : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/485373/COMEAP_NO2_Mortality_Interim_Statement.pdf
10. European Environment Agency. Assessing the risks to health from air pollution . Danemark : European Environment Agency ; 2018. [consulté le 5 juin 2019]. Disponible : <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-the-risks-to-health>
11. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Lancet. 13 mai 2017 ; 389 (10082) : 1907-18.
12. WHO Regional Office for Europe. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project: recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Danemark : WHO regional Office for Europe, 2013. [consulté le 14 novembre 2019]. 60p. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf
13. Atkinson RW, Butland BK, Anderson HR, Maynard RL. Long-term Concentrations of Nitrogen Dioxide and Mortality. Epidemiology. Juillet 2018 ; 29 (4) : 460-72.
14. World Health Organization. Burden of disease from ambient air pollution for 2016: Description of method. Suisse : World Health Organization ; 2018. [Consulté le 8 septembre 2019]. Disponible : https://www.who.int/airpollution/data/AAP_BoD_methods_Apr2018_final.pdf
15. Brunekreef B, Miller BG, Hurley JF. The brave new world of lives sacrificed and saved, deaths attributed and avoided. Epidemiology. Novembre 2007 ; 18 (6) : 785-8.
16. Desaiques B, Ami D, Bartczak A, Braun-Kohlová M, Chilton S, Czajkowski M, et al. Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). Ecol Indic. 1 mai 2011 ; 11 (3) : 902-10.
17. World Health Organisation. Cost effectiveness and strategic planning (WHO-CHOICE). Suisse : World Health Organization; 2005. [consulté le 5 mars 2019]. Disponible : <https://www.who.int/bulletin/volumes/94/12/15-164418/en/>

11.2. Annexe 2 : Fiche Méthodologique - Évaluation du risque pour la santé lié au bruit environnemental en Région de Bruxelles-Capitale

11.2.1. Introduction

Une évaluation du risque pour la santé (ERS) est une évaluation scientifique des effets néfastes potentiels résultants de l'exposition de la population à un danger particulier. Une ERS comprend habituellement trois étapes distinctes : 1) une évaluation de l'exposition de la population au polluant considéré, 2) une estimation du risque ou de l'impact sur la santé de la population, 3) la communication des incertitudes liées aux estimations réalisées dans le cadre de l'ERS. Ces étapes, ainsi que la méthodologie et sources de données utilisées vous sont présentées dans les sections suivantes.

L'ERS liée au bruit que nous avons réalisée porte sur l'impact de la gêne liée au bruit et des perturbations du sommeil au sein de la population résidant en RBC en 2015. Comme mentionné précédemment (voir chapitre 4), nous n'avons pas été en mesure d'évaluer l'impact du bruit sur d'autres problèmes de santé (maladies cardiovasculaires, troubles cognitifs chez l'enfant, ...). Nous avons également limité notre étude aux impacts dus au bruit du seul trafic routier. Nos résultats ne tiennent donc pas compte des impacts potentiels du bruit aérien et ferroviaire sur les troubles du sommeil et la gêne liée au bruit en RBC en 2015.

11.2.2. Évaluation de l'exposition de la population au bruit dû au transport routier en 2015

Nous nous sommes basés pour cette évaluation sur les données de modélisation du bruit fournies par Bruxelles Environnement ainsi que sur les données de population disponibles auprès de STATBEL (1,2). Tous nos calculs ont été réalisés à l'aide d'un système d'information géographique (QGIS²⁶). Afin d'évaluer l'exposition de la population au bruit dû au transport routier, nous avons :

- Calculé des moyennes de bruit (indicateurs L_{den} et L_{night}) dû au transport routier par secteur statistique. Ces calculs ont été réalisés sur base des fichiers rasters de modélisation du bruit dû au transport routier pour l'année 2016 fournis par Bruxelles Environnement ;
- Utilisé les données de population par secteur statistique pour l'année 2015 afin d'établir le nombre de personnes exposées au bruit dû au transport routier par secteur statistique.

11.2.3. Estimation du risque pour la santé de l'exposition au bruit dû au transport routier en Région de Bruxelles-Capitale

Nous nous sommes basés sur les dernières relations dose-réponses disponibles issues des nouvelles guidelines de l'OMS quant à la gêne liée au bruit et aux perturbations du sommeil dues au trafic routier (3,4). Les formules sont les suivantes :

- % personnes hautement gênées = $78.9270 - 3.1162 \times L_{den} + 0.0342 \times (L_{den})^2$ (3)
- % sommeil hautement perturbé = $8.8986 - 0.4209 \times L_{night} + 0.0065 \times (L_{night})^2$ (4)

Ces formules ont été utilisées afin d'estimer le nombre de personnes hautement gênées par le bruit dû au trafic routier et ayant un sommeil hautement perturbé sur base des données d'exposition et de population calculées précédemment pour l'année 2015. Nous avons ensuite converti ces nombres de personnes en DALY's en utilisant les facteurs de pondération ou « disability weights » (DW) recommandés par l'OMS (5) pour la gêne liée au bruit et les perturbations du sommeil à savoir :

- DW pour la gêne liée au bruit : 0.02 (5)
- DW pour les perturbations du sommeil : 0.07 (5)

26. Pour plus d'informations quant au logiciel libre utilisé, voir <https://www.qgis.org/fr/site/>

Pour évaluer la valeur économique d'un DALY, nous nous sommes basés sur les seuils de coût-efficacité recommandés par l'OMS pour l'évaluation économique d'un QALY (entre 1 et 3 x le PIB/habitant en 2015) (6). En 2015, le PIB/habitant était évalué en Belgique à 36 000 € (7).

Exemple de calcul : le secteur statistique x est exposé à un niveau de bruit moyen annuel dû au transport routier de 64dB (L_{der}). Sa population est de 854 habitants. Le % de personnes hautement gênées pour un niveau de bruit de 64dB dû au transport routier est estimé, sur base des dernières relations dose-réponse disponibles, à 19,5734 % ($78.9270 - 3.1162 \times 64 + 0.0342 \times (64)^2$) Appliqué au secteur statistique x, ce % de personnes hautement gênées par le bruit représente un nombre de 167 habitants ($19,5734 \times 854$). Ces 167 habitants hautement gênés par le bruit en 2015, représentent quant à eux 3,34 ($167 \times DW$ de 0,02) années de vie perdues en bonne santé ou DALY's. Ces 3,34 DALY's ont une valeur économique de 120 240 euros ($3,34 \times 36000$).

11.2.4. Limites et incertitudes

Les principales limites ou incertitudes pour notre ERS liée au transport routier en RBC pour l'année 2015 concernent les relations doses-réponse utilisés ainsi que l'estimation de l'exposition de la population au bruit du transport routier pour l'année 2015. Nous supposons en effet dans notre étude que l'exposition de la population au bruit du transport routier est uniforme au sein d'un même secteur statistique, ce qui n'est en réalité jamais le cas.

Bruxelles Environnement a réalisé le même exercice et obtenu des résultats divergents. Une comparaison des résultats n'est pas possible, en raison de l'utilisation de méthodologies différentes.

Comme mentionné précédemment, il est important de préciser que toute modélisation des impacts attendus sur la santé suite à l'exposition de la population à un facteur de risque particulier est inévitablement une simplification de la réalité. Précisons également que s'il est important de communiquer adéquatement les limites ou incertitudes inhérentes à tout projet de recherche, cela ne doit cependant pas se faire au détriment de la validité ou de l'utilité des résultats obtenus (8).

11.2.5. Références

1. Bruxelles Environnement. Exposition de la population au bruit des transports. Bruxelles, Belgique : Bruxelles Environnement ; 2018 [consulté le 2 février 2020]. Disponible : <https://environnement.brussels/synthese-2015-2016/bruit/exposition-de-la-population-au-bruit-des-transports>
2. Office belge de statistique (STATBEL). Population | Statbel. Bruxelles (BE) : Office belge de statistique [consulté le 10 janvier 2020]. Disponible : <http://statbel.fgov.be/fr/themes/population>
3. Guski R, Schreckenberg D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. Int J Environ Res Public Health. Décembre 2017 ; 14 (12) : 1539.
4. Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. Int J Environ Res Public Health. Mars 2018 ; 15 (3) : 519.
5. WHO Regional Office for Europe. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Danemark : WHO Regional Office for Europe ; 2018 [consulté le 12 novembre 2019]. 181p. Disponible : http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1
6. Robinson LA, Hammitt JK, Chang AY, Resch S. Understanding and improving the one and three times GDP per capita cost-effectiveness thresholds. Health Policy Plan. Février 2017 ; 32 (1) : 141-5.
7. Eurostat. 2015 GDP per capita in 276 EU regions. Bruxelles, Belgique : Eurostat ; 2017 [consulté le 1 février 2020]. Disponible : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-press-releases/-/1-30032017-AP>



La ville génère de nombreuses innovations et richesses mais est également source de pollutions, d'expositions environnementales, de maladies et d'habitudes de vie peu saines. L'influence des pollutions environnementales sur la santé commence à être bien documentée à l'échelle internationale mais nous manquons d'une vision globale pour la RBC, tant au niveau des impacts sur la santé et des liens entre ces pollutions, que des enjeux futurs pour la Région.

Le rapport se concentre sur les principaux effets liés aux expositions à la pollution de l'air, au bruit environnemental, à l'accès et l'utilisation des espaces verts et à la pratique de l'activité physique en ville. Les autres pollutions que l'on peut retrouver en ville sont également abordées, ainsi que les effets sur la santé de l'exposition combinée à plusieurs polluants. Concernant la pollution de l'air et le bruit environnemental, le coût que l'exposition à ces polluants représente pour la société est également calculé.

Ce travail s'adresse à tous les acteurs impliqués, de près ou de loin, dans le domaine de la santé, dont les acteurs concernés par la prise de décision politique à quelque échelle que ce soit. Il se présente comme un outil mettant en lumière la situation actuelle pour la Région bruxelloise.

Ce document est également disponible en néerlandais.
Dit document is ook in het Nederlands beschikbaar onder de titel:
'Stand van zaken van de verbanden tussen milieu en gezondheid
in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.'