



URBANISME FAVORABLE A LA SANTE

*Lutter contre la pollution
atmosphérique et sonore pour vivre
dans un territoire sain*

Mémoire rédigé par Théo DELAYE dans le cadre d'un Diplôme de Préparation à la Recherche en Sciences Humaines

Sous la direction de Corinne MANSON, professeure de droit public à l'Université de Tours

Année Universitaire 2022-2023

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	2
LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE : PREMIERE MENACE ENVIRONNEMENTALE POUR LA SANTE DE LA POPULATION.....	7
I. Qu'est-ce que la pollution atmosphérique ?.....	7
II. Des polluants aux multiples conséquences néfastes sur la santé.....	9
A. Des particules fines PM2.5 particulièrement pénétrantes dans l'organisme et dangereuses à faible concentration	10
B. Les PM10, des particules de dangerosité moindre que les PM2.5 mais aux conséquences similaires sur la santé	11
C. Le NO2, le SO2 et l'O3 sont des gaz particulièrement dangereux pour les personnes souffrant de pathologies respiratoires chroniques	12
D. Le monoxyde de carbone (CO), première cause de décès par intoxication en France	12
III. Un renforcement des normes de l'OMS pour diminuer l'impact des polluants atmosphériques sur la santé	13
IV. La pollution atmosphérique, facteur responsable de nombreux décès chaque année, associée à une diminution de l'espérance de vie	14
LA POLLUTION SONORE : UNE NUISANCE QUOTIDIENNE SOUS-ESTIMEE ENTRAINANT DE LOURDES CONSEQUENCES SUR LA SANTE.....	17
I. Les bruits environnementaux, deuxième cause de morbidité en Europe d'après l'OMS	17
II. L'exposition professionnelle et individuelle, principal facteur de risque de déficience auditive	20
III. Le bruit, générateur d'effets auditifs et extra-auditifs responsable de différentes pathologies	21
A. Les effets auditifs du son : perte d'audition et acouphènes	21
B. Les effets extra-auditifs du son, véritable danger responsable de nombreuses pathologies.....	22
L'URBANISME : LEVIER D'ACTION FAVORABLE A LA SANTE ET OUTIL FONDAMENTAL POUR FAVORISER LE BIEN-ETRE DES POPULATIONS.....	29
I. Quelles prescriptions les documents d'urbanisme peuvent-ils mettre en place pour diminuer l'exposition des populations aux nuisances ?.....	30
II. Exemples de projets d'aménagements du territoire mis en place pour contrer les effets de la pollution atmosphérique et des nuisances sonores	32
A. Mise en place de zones à faibles émissions (ZFE) dans plusieurs métropoles de France	32
B. Construction de l'écoquartier de la Cartoucherie à Toulouse.....	33
C. Le Plan de Déplacements Urbains (PDU) 2019-2030 de Rennes Métropole.....	34
CONCLUSION	35
SOURCES.....	37
ANNEXES.....	40

Abréviations

ARS	Agence Régionale de Santé
AVC	Accident vasculaire cérébral
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive
CIRC	Centre International de Recherche contre le Cancer
CO	Monoxyde de carbone
COV	Composés organiques volatils
DALYs	Disability Adjusted Life Years
dB	Décibels
DMLA	Dégénérescence maculaire liée à l'âge
DOO	Document Orientation et d'Objectifs
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRESS	Direction de la Recherche, des Etudes, de l'évaluation et des Statistiques
EBF	Champs électromagnétiques extrêmement basses fréquences
EEA	Agence Européenne de l'Environnement
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
GBD	Global Burden of Disease
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycyclique
NSF	National Sleep Foundation
NO2	Dioxyde d'azote
O3	Ozone
OAP	Orientation d'Aménagement et de Programmation
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PDU	Plan Développement Urbain
PEB	Plan Exposition au Bruit
PLU	Plan local d'urbanisme
PLUi	Plan locaux d'urbanisme intercommunaux
PM	Particule matter (particule en suspension)
PPA	Plan Protection de l'Atmosphère
SCoT	Schéma de Cohérence et d'organisation Territoriale
SMAT	Syndicat Mixte de l'Agglomération Tourangelle
SO2	Dioxyde de soufre
UFS	Urbanisme favorable à la santé
ZFE	Zone Faible Émission

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais dans un premier temps remercier, ma directrice de mémoire Mme Corinne MANSON, professeure de droit public à l'université de Tours sans qui je n'aurais pas eu la possibilité de réaliser ce stage.

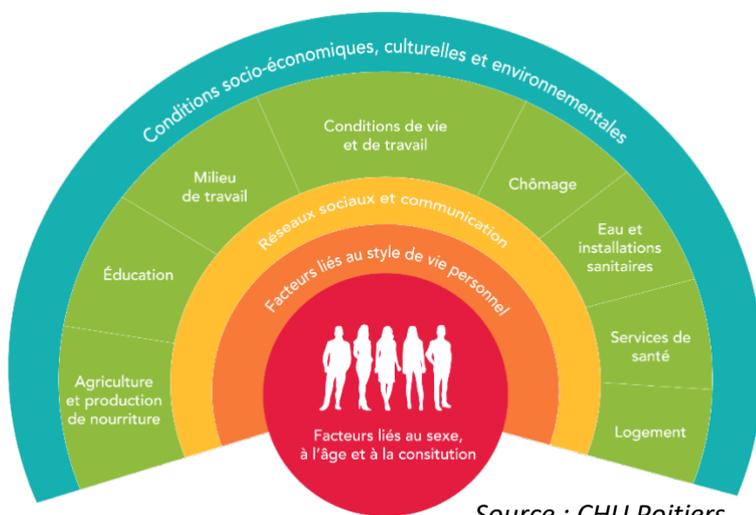
Je remercie également toute l'équipe du Syndicat Mixte de l'Agglomération Tourangelle : Mme Caroline MARTENOT (Cheffe de projet SCoT), M. Raphaël SICOT (Chargé de planification SCoT) ainsi que Mme Louise MICHENAUD (étudiante en Master 2 Management des Territoires et Urbanisme) de m'avoir accueilli au sein de leur structure durant 6 semaines.

Les connaissances qu'ils m'ont apportées m'ont permis de comprendre les enjeux d'un urbanisme favorable à la santé, la rédaction de ce mémoire n'aurait pas été possible sans leur aide.

INTRODUCTION

La définition au sens large de l'environnement englobe tout ce qui est associé aux pathologies à l'exception des facteurs génétiques. Cette définition inclut l'environnement social, les comportements, les styles de vie (alimentation, tabac, alcool, activité physique) et l'environnement naturel.¹ 

Cet ensemble est regroupé sous le concept d'exposome, c'est-à-dire l'idée qu'un individu est soumis à de nombreuses expositions différentes tout au long de sa vie et ce dès sa naissance. Il peut s'agir de causes externes telles que l'alimentation, l'absence d'activité physique, la pollution atmosphérique, les médicaments et de causes internes telles que les facteurs de prédisposition génétiques, le métabolisme ou les régulation hormonales.¹



Source : CHU Poitiers

« LA SANTE COMMENCE DANS LES CONDITIONS DANS LESQUELLES NOUS SOMMES NES ET AVONS GRANDIS... »

(DR. T. ADHANOM GHEBREYESUS, DIRECTEUR GENERAL DE L'OMS)

D'après l'OMS, la santé est « un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ».

La santé des individus est donc impactée par l'exposition à différents déterminants de santé, regroupant des facteurs de risques et des facteurs de protection. Les facteurs de risques se multiplient les uns aux autres selon une relation exponentielle, entraînant un cumul d'expositions responsable de lourdes conséquences sur notre santé.

Parmi les facteurs de risques on retrouve notamment la pollution atmosphérique, les nuisances sonores, les champs électromagnétiques, la pollution lumineuse et la qualité des sols. Les facteurs de protection incluent les liens sociaux, la présence d'espace verts, l'éducation ou encore l'accès à l'emploi.

La santé publique accorde une attention croissante à la question de l'environnement qui entraîne chaque année de nombreux décès en France et dans le monde. La pollution atmosphérique est désormais reconnue comme étant le 1^{er} facteur de risque environnemental impactant la santé humaine, suivi de près par les nuisances sonores qui arrivent en 2^{ème} position.²⁻³

De nombreuses études ont montré que la pollution atmosphérique participe au développement et à l'aggravation de nombreuses pathologies telles que les cardiopathies ischémiques, les accidents vasculaires cérébraux, les cancers du poumon, les bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO) et l'asthme. ³

La pollution sonore favorise le développement de maladies cardiovasculaires, affecte le sommeil, entraîne des effets sur le métabolisme et représente une gêne quotidienne très importante. ⁴

En effet, chaque année 7 millions de décès sont imputables à la pollution atmosphérique dans le monde dont 48 000 en France. ⁵ Les nuisances sonores entraîneraient 12 000 décès prématurés ainsi que 48 000 nouveaux cas de maladies cardiaques chaque année. ⁴

Les populations sensibles et vulnérables incluant les personnes souffrant de pathologies chroniques, les enfants et les femmes enceintes sont d'autant plus exposés aux dangers de la pollution.

Cela démontre donc la nécessité d'agir afin de limiter les impacts de ces deux facteurs sur les populations. La santé est la conséquence d'un équilibre entre choix individuels et collectifs, les pouvoirs publics ont donc de nombreux rôles à jouer afin de proposer un environnement sain à leurs concitoyens via l'aménagement des territoires.

De plus en plus, les documents d'urbanisme ou les opérations d'aménagement considèrent la santé comme un prérequis pour les nouveaux projets et visent ainsi à améliorer le bien-être et la qualité du cadre de vie des habitants.

Dans cet objectif, l'OMS a initié en 1987 le concept d'Urbanisme favorable à la santé (UFS) par l'intermédiaire de son programme villes-santé ayant pour but d'inciter les autorités locales à « prendre des engagements fermes à l'égard des moyens pour la santé des habitants ». ⁶

L'urbanisme favorable à la santé est une approche novatrice qui vise à créer des environnements urbains ayant pour objectifs d'améliorer la qualité de vie et le bien-être des habitants.

En considérant les aspects physiques, sociaux et environnementaux de la vie urbaine, cette approche cherche à favoriser la santé et le bonheur des individus, tout en renforçant la cohésion sociale.

En intégrant des parcs, des jardins communautaires et des espaces de loisirs dans la planification urbaine, les villes créent des environnements propices à l'activité physique, à la détente et à la réduction du stress.

Ces espaces offrent également des opportunités de rencontres sociales, renforçant ainsi les liens communautaires.

Les villes favorables à la santé encouragent l'utilisation de modes de transport actifs tels que la marche et le vélo en concevant des infrastructures sécurisées pour les piétons et les cyclistes.

Le développement des réseaux de transports en commun favorise également la réduction de la pollution atmosphérique et la diminution de la dépendance aux véhicules individuels.

La mixité fonctionnelle instaurée dans certains quartiers permet d'avoir des services de proximité accessibles à pied ou à vélo. En regroupant les logements, les commerces, les bureaux, les écoles, les services de santé et les espaces de loisirs dans un même quartier, les résidents peuvent réduire leurs déplacements quotidiens en voiture, favorisant ainsi un mode de vie sain et durable.

En intégrant tous ces principes dans la planification urbaine, les villes créent des environnements sains pour les générations futures et contribuent à diminuer l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé.

La mise en place de ce concept d'Urbanisme favorable à la santé nécessite l'intervention et l'enchaînement de plusieurs acteurs à différentes échelles.

Les schémas de cohérence territoriaux (SCoT) constituent par exemple des leviers pour mettre en place l'urbanisme favorable à la santé (UFS).

« Le SCoT est un document de planification stratégique d'urbanisme et d'aménagement durable du territoire, qui permet d'organiser le développement d'un territoire en articulant l'ensemble des politiques publiques. »⁷ (Articles L141-1 à L145-1 du Code de l'urbanisme).

Le SCoT intègre les documents de planification supérieurs à lui et permet aux PLU/PLUi et cartes communales de ne se référer juridiquement qu'à lui.⁸

« À l'échelle intercommunale locale, il assure ainsi la cohérence des documents sectoriels intercommunaux (PLH, PDU), des plans locaux d'urbanisme intercommunaux (PLUi) ou communaux (PLU) et des cartes communales qui doivent tous être compatibles avec ses orientations »⁸

Les regroupements de communes de plus de 20 000 habitants (EPCI : établissements publics de coopération intercommunale) ont l'obligation de mettre en place un plan climat-air-énergie territorial (PCAET) depuis 2015. Afin de moderniser les SCoT et faciliter l'aménagement du territoire, l'article 46 de la loi ELAN, ordonnance du 17 juin 2020 considère qu'ils valent désormais PCAET.

En se projetant sur 15-30 ans, le SCoT doit répondre à des questions fondamentales telles que :
Quelle ambition d'accueil et de développement pour le territoire ? Où localiser la population et les activités dans une démarche de solidarité territoriale et respectueuse de l'environnement ? Comment optimiser les déplacements ? Comment préserver et pérenniser les espaces agricoles et naturels ?
Quelle contribution à la lutte contre le réchauffement climatique ? »

De nombreux autres documents et outils existent afin de donner des directives et des recommandations en matière d'aménagement du territoire.

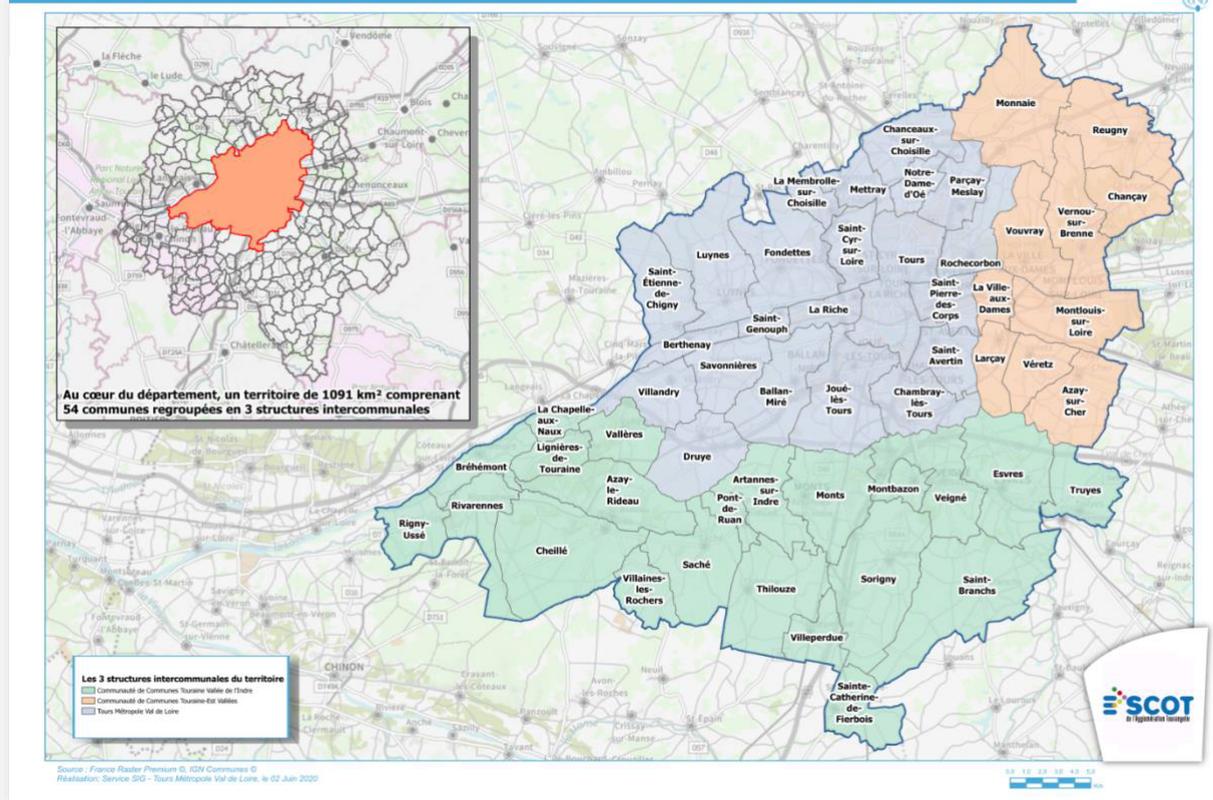
Le Plan de Protection de l'atmosphère (PPA) par exemple, est un programme d'action obligatoire depuis 2008 visant à dresser un bilan de la pollution atmosphérique au sein d'un territoire.

Il émet également des recommandations et actions concernant les seuils de particules fines et de dioxyde d'azote à ne pas dépasser pour protéger la population et ainsi améliorer l'état de santé des habitants (Articles L. 222-4 à L. 222-7 et R. 222-13 à R. 222-36 du code de l'environnement).

L'enjeu est donc de rapprocher urbanisme et santé pour construire des documents d'urbanisme qui donneront une place centrale à la promotion de la santé et à la réduction des inégalités sociales et environnementales.

Afin d'étudier les conséquences de la pollution atmosphérique et des nuisances sonores sur la santé en Indre-et-Loire, j'ai effectué un stage d'une durée de 6 semaines au sein du Syndicat Mixte de l'agglomération tourangelle (SMAT).

L'objectif était également de voir comment l'équipe du SMAT gère la révision du SCoT pour anticiper le futur du territoire, et ainsi limiter les impacts de ces facteurs sur les populations.



Le Syndicat Mixte de l'Agglomération Tourangelle est en charge du SCoT sur le secteur de Tours en Indre-et-Loire, il correspond au périmètre de 3 établissements publics de coopération intercommunales (EPCI) : Tours Métropole Vallée de l'Indre, la Communauté de Communes Touraine-Est Vallée et la Communauté de Communes Touraine Vallée de l'Indre (carte ci-dessus).

En 2022, la DREAL (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement) et l'ARS (Agence régionale de santé) Centre-Val de Loire ont lancé conjointement un appel à projets intitulé « Santé-Environnement » dans le but de promouvoir des actions à mettre en place en matière de santé environnementale.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du 3^{ème} Plan Régional Santé-Environnement (2017-2021) qui constitue la référence d'action en santé environnementale et promeut l'urbanisme favorable à la santé.

Le SMAT a été lauréat de cet appel en candidatant autour de la question suivante : « Le SCoT de l'agglomération tourangelle, outil pour un urbanisme favorable à la santé ? ».

L'objectif est de sensibiliser élus et acteurs du territoire, dans le cadre de la révision du SCoT, aux enjeux de l'UFS et d'imaginer les potentielles intégrations dans le document via un cycle de 4 ateliers dédiés aux thématiques suivantes : enjeux de l'urbanisme favorable à la santé ; un territoire vert ; un territoire sain et un territoire accueillant.

Les données présentées dans ce document sont en lien avec le 3^{ème} atelier intitulé « un territoire sain, pollutions et nuisances et leurs conséquences sur la santé », axées principalement sur la pollution atmosphérique et sonore.

Le but de ce mémoire est de montrer comment la pollution atmosphérique et les nuisances sonores peuvent impacter concrètement la santé, et comment l'urbanisme peut jouer un rôle dans le bien-être et la qualité de vie des populations.

Pour répondre à cette question, il est important de montrer quelles sont les pathologies qui peuvent être induites par les polluants atmosphériques et leurs impacts en termes de mortalité et d'espérance de vie à différentes échelles du territoire.

Ensuite, il faudra étudier les effets que produisent les expositions aux bruits sur le corps humain pour comprendre comment ces nuisances peuvent autant impacter la santé.

Pour terminer, différents projets d'aménagement du territoire permettront d'illustrer ce qu'est un urbanisme favorable à la santé et l'importance des documents d'urbanisme pour créer un environnement sain voué à la protection des populations.

LA POLLUTION

ATMOSPHERIQUE : PREMIERE

MENACE ENVIRONNEMENTALE

POUR LA SANTE DE LA

POPULATION

I. Qu'est-ce que la pollution atmosphérique ?

La pollution de l'air est définie comme « la contamination de l'environnement intérieur ou extérieur par tout agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère. »²

D'après l'OMS, la pollution atmosphérique est actuellement reconnue comme étant la menace environnementale la plus importante pour la santé humaine.

Les particules atmosphériques présentes dans notre environnement peuvent provenir de différentes sources, telles que les émissions industrielles, le trafic routier, les activités agricoles et les processus naturels tels que les éruptions volcaniques et les tempêtes de poussière.

Les particules en suspension (PM2.5 et PM10), ainsi que le monoxyde de carbone (CO), l'ozone (O3), le dioxyde d'azote (NO2) et le dioxyde de soufre (SO2) sont les polluants les plus nocifs pour la santé humaine. Les métaux lourds (plomb, arsenic, cadmium et nickel), les composés organiques volatils (COV) et les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP dont le benzo(a)pyrène) sont également des polluants présents dans l'atmosphère.

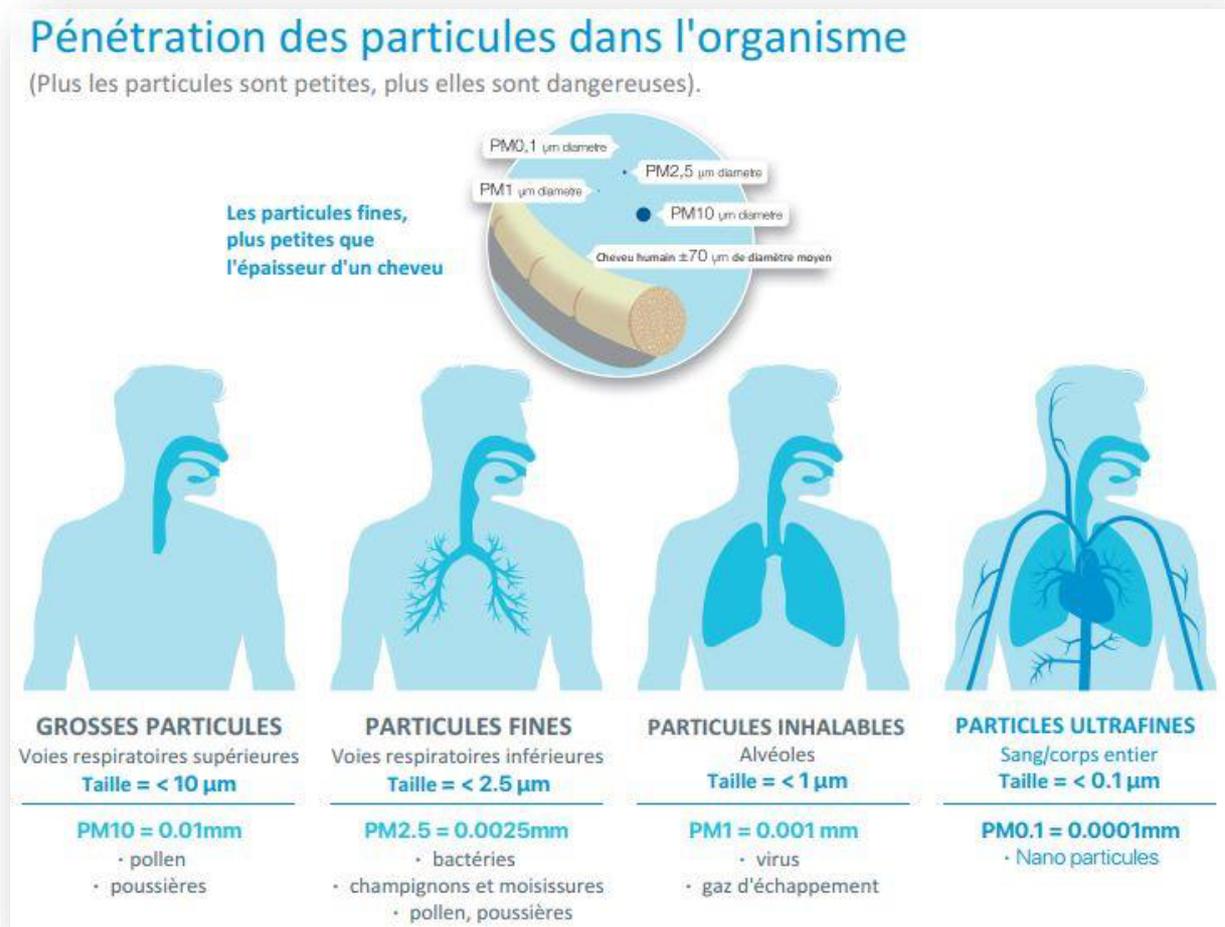
Les particules en suspension ou matières particulaires (PM = particulate matter) sont des particules de poussière, de saleté et de liquide (aérosol) qui se retrouvent en suspension dans l'air. Certaines sont visibles telles que la fumée ou la suie et d'autres invisibles à l'œil nu les rendant encore plus dangereuse pour la santé.

- **PM10 : particules en suspension d'un diamètre inférieur à 10 micromètres.**

Le trafic routier génère 17% des émissions de PM10 et le chauffage urbain est responsable de 48% de ces émissions.²

Ayant un diamètre plus important, elles pénètrent essentiellement jusqu'aux voies aériennes supérieures (bouche, le nez, la gorge, le larynx et la trachée).³

- PM2.5 : particules fines en suspension d'un diamètre inférieur à 2.5 micromètres.**
 Elles sont principalement émises par le chauffage urbain (63% des émissions) et par le trafic routier (16% des émissions).²
 Les PM2.5 sont bien plus fines, elles peuvent donc pénétrer jusqu'aux voies aériennes inférieures (trachée, bronches, bronchioles et alvéoles, ce qui constitue les poumons), elles sont donc plus nocives pour notre santé.³



Source : ATMO

Les polluants primaires (NO₂, CO, SO₂) sont principalement issus de l'activité humaine et d'une source identifiable.

- NO₂ : le dioxyde d'azote** est un gaz provenant de la combustion à haute température de combustibles dans des processus tels que ceux utilisés pour le chauffage, le transport, l'industrie et la production d'électricité.
 Le trafic routier est responsable à lui seul de plus de 70% des émissions de dioxyde d'azote.²
- CO : le monoxyde de carbone** est un gaz produit par la combustion incomplète du bois, de l'essence, du charbon, de gaz naturel et du kérosène dans les poêles simples, les feux ouverts, les lampes à mèche, les fours, les cheminées.

La principale source de monoxyde de carbone (CO) dans l'air ambiant provient des véhicules à moteur.

- **SO₂ : le dioxyde de soufre (SO₂)** est un gaz qui provient principalement de la combustion de combustibles fossiles pour le chauffage domestique, les industries et la production d'électricité.

L'ozone (O₃) est un polluant secondaire, il est issu de la transformation du dioxyde d'azote (NO₂) et de composés organiques volatils (COV) émis par les véhicules et l'industrie.

Ces polluants étant tous préoccupants pour la santé des populations, il convient de détailler leurs effets respectifs et notamment leur rôle dans les maladies cardiovasculaires et pulmonaires qui ont été largement démontrés.

II. Des polluants aux multiples conséquences néfastes sur la santé

Ces polluants ont des conséquences directes sur notre santé, qui seront d'autant plus importantes après une longue durée d'exposition. Les effets à court terme et long terme ne sont pas exactement les mêmes en fonction des différents polluants.

De nombreuses études épidémiologiques ont établi un lien entre la pollution atmosphérique et la mortalité, telle que l'importante étude de cohorte intitulée « An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities » publiée dans The New England Journal of Medicine en 1993.

Depuis, des études plus récentes ont confirmé le rôle de ces polluants sur le développement ou l'aggravation de certaines maladies.

Les principales pathologies liées à la pollution de l'air sont les cardiopathies ischémiques, les accidents vasculaires cérébraux, les cancers du poumon, les bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO) et l'asthme.³

La bronchopneumopathie chronique obstructive ou BPCO est une maladie inflammatoire chronique des voies aériennes. L'inflammation entraîne un épaississement des parois et une augmentation de la sécrétion de mucus conduisant in fine à une destruction des alvéoles pulmonaires.³

De nouvelles preuves émergent au fil des années concernant d'autres impacts de la pollution sur la santé.

En effet, la pollution atmosphérique serait également responsable de diabètes de type 2 et de mortalité prématurée causée par un faible poids à la naissance et une période de gestation plus courte.⁹

La pollution pourrait augmenter l'incidence de la mortalité d'un large panel de maladie en plus de celles considérées jusqu'à présent, telle que la maladie d'Alzheimer et d'autres maladies neurologiques.¹⁰

Le rôle individuel de chaque polluant atmosphérique sur la santé est résumé dans le tableau ci-dessous.

Incidence des polluants atmosphérique sur la santé (OMS 2021)³

	Effets sur la santé à court terme (de quelques heures à plusieurs jours d'exposition)	Effets sur la santé à long terme (de quelques mois à plusieurs années d'exposition)
PM2.5 et PM10	Les particules pénètrent plus ou moins en profondeur dans les voies respiratoires, provoquant une inflammation, une détérioration des fonctions pulmonaires et des irritations. Aggravation des pathologies existantes et mortalité précoce.	Mortalité cardiovasculaire : AVC, cardiopathies ischémiques Mortalité respiratoire : BPCO, infections respiratoires aigu grave Cancers pulmonaires Augmente le risque général de mortalité toutes maladies confondues
O3	Admissions à l'hôpital et visites aux urgences liées à l'asthme	Mortalité respiratoire : diminution des fonctions respiratoires
NO2	Admissions à l'hôpital et visites aux urgences liées à l'asthme	Mortalité respiratoire : diminution des fonctions respiratoires
CO	Admissions à l'hôpital et visites aux urgences liées aux cardiopathies ischémiques et aux intoxications	Mortalité cardiovasculaire / neurologique
SO2	Admissions à l'hôpital et visites aux urgences liées à l'asthme Mortalité respiratoire : exacerbations des symptômes respiratoires aigües (toux, gêne respiratoire)	Mortalité respiratoire : insuffisance pulmonaire permanente due à des crises répétées de bronchoconstriction

D'après ces résultats issus de diverses études épidémiologiques, on peut voir que tous les polluants atmosphériques n'entraînent pas les mêmes pathologies.

A. Des particules fines PM2.5 particulièrement pénétrantes dans l'organisme et dangereuses à faible concentration

Les particules fines (PM2.5) peuvent être inhalées et pénétrer jusqu'aux alvéoles respiratoires. Leur fine épaisseur les rend particulièrement dangereuse même à faible concentration. Elles peuvent franchir la barrière alvéolo-capillaire et se retrouver dans la circulation sanguine, provoquant une inflammation systémique et des dommages vasculaires.

Ces réactions contribuent au développement de maladies cardiovasculaires telles que les maladies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux, l'hypertension artérielle et les arythmies cardiaques.¹¹

Les données à l'heure actuelle sont suffisantes pour affirmer le lien entre les particules fines PM2.5 et la mortalité toute maladies confondues et plus particulièrement avec les infections respiratoires, les bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO), les maladies cardiaques ischémiques (infarctus du myocarde), les cancers pulmonaires et les accidents vasculaires cérébraux.¹¹

Les particules fines contenant des substances toxiques, telles que les métaux lourds et les composés organiques cancérigènes, peuvent augmenter le risque de développer un cancer du poumon chez les personnes exposées à long terme.¹²

Les particules fines (PM2.5) augmenteraient la mortalité circuloire (maladies cardiovasculaires) de 11%, la mortalité des maladies respiratoires non malignes (infections) de 10% et la mortalité des cancers du poumon de 12%.¹³

Ainsi, les particules fines jouent plusieurs rôles, elles participent au développement des maladies cardiovasculaires (nouveaux cas) et accentuent la mortalité des pathologies existantes (personnes vivant avec une BPCO etc.).¹³

Les PM2.5 de par leur fin diamètre et via leur infiltration dans la circulation sanguine sont très nocives à faible concentration et seraient responsables d'une mortalité plus importante que les PM10. Pour cette raison, leur taux est bien plus surveillé que celui des PM10.

B. Les PM10, des particules de dangerosité moindre que les PM2.5 mais aux conséquences similaires sur la santé

Les particules (PM10) du fait de leur diamètre plus important sont inhalées principalement jusqu'aux voies aériennes supérieures et sont donc moins dangereuses pour la santé. Leur taux dans l'air doit être plus important que celui des particules fines pour qu'elles puissent impacter la santé.

Cependant, malgré leur dangerosité moindre, il a été prouvé que les PM10 augmentent le risque de mortalité des maladies cardiovasculaires incluant les maladies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux, l'hypertension artérielle et les troubles du rythme cardiaque.¹³

Les particules PM10 peuvent entraîner une inflammation systémique, un stress oxydatif et des altérations vasculaires, contribuant ainsi au développement de ces affections.

Une étude parue en 2020 a montré qu'une augmentation de 10 µg/m³ de PM10 dans l'air augmenterait le risque de mortalité respiratoire de 6% et le risque de mortalité des cancers du poumon de 8%.¹³

D'autres études plus récentes ont même démontré que ces taux de mortalité seraient en réalité encore plus élevés. Les risques concernant les autres causes de mortalité n'ont pas montré de résultats significatifs.¹³

Les résultats d'une étude menée par Santé publique France a montré qu'une augmentation de 10 µg/m³ des niveaux de PM10 du jour et des cinq jours précédents conduit à une augmentation de 0,5% de la mortalité. Le risque est plus élevé chez les personnes de 75 ans et plus (+1,04%) et les effets sur la mortalité sont plus visibles en été.⁵

D'autres études ont confirmé ces résultats en montrant une augmentation de la mortalité et des hospitalisations liées aux maladies cardiovasculaires attribuables aux PM10 et PM2.5.³

Les particules fines (PM 2.5) et les particules (PM10) ont été définies comme oncogènes par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) de l'OMS en 2013.

Les particules fines et les particules standard entraînent à la fois le développement de nouvelles pathologies sur le long terme et aggrave les pathologies existantes à court terme.

Leurs effets sont assez similaires mais à des concentrations différentes et leur incidence concernant le développement ou l'aggravation de différentes pathologies n'est pas la même.

C. Le NO₂, le SO₂ et l'O₃ sont des gaz particulièrement dangereux pour les personnes souffrant de pathologies respiratoires chroniques

L'exposition au dioxyde d'azote (NO₂) peut entraîner une irritation des voies respiratoires et aggraver les maladies respiratoires.

Une étude de Santé publique France a démontré l'impact à court terme du dioxyde d'azote sur la mortalité. Une augmentation de 10 µg.m³ de NO₂ du jour et de la veille conduit à une augmentation de 0,75 % de la mortalité le jour suivant. Les personnes âgées sont fortement impactées, en effet la mortalité chez les plus de 75 ans était de 3.07%.⁵

L'exposition à un excès d'ozone (O₃) peut causer des problèmes respiratoires, déclencher des crises d'asthme, impacter la fonction pulmonaire et entraîner des maladies pulmonaires. Le dioxyde de soufre (SO₂) est associée aux visites aux urgences et aux hospitalisations pour asthme.³

Ces trois polluants entraînent des symptômes respiratoires (toux, sifflement, difficultés à respirer) pouvant conduire à une hospitalisation ou un passage aux urgences.

D. Le monoxyde de carbone (CO), première cause de décès par intoxication en France



Le monoxyde de carbone (CO) après inhalation circule au travers des tissus pulmonaires et dans la circulation sanguine, entraînant un manque d'oxygène qui endommage les tissus et les cellules. L'exposition au monoxyde de carbone peut être responsable de difficultés respiratoires, d'épuisement, d'étourdissements et d'autres symptômes pseudo-grippaux.

L'exposition à des niveaux élevés de monoxyde de carbone peut être mortelle, c'est d'ailleurs la 1^{ère} cause de décès par intoxication en France.

Le monoxyde de carbone (CO) est également impliqué dans les cardiopathies ischémiques du fait de l'hypoxie qu'il entraîne.

Pour limiter l'impact sur la santé des polluants précédemment cités, l'OMS a défini en 2021 de nouvelles recommandations concernant leurs émissions.

III. Un renforcement des normes de l'OMS pour diminuer l'impact des polluants atmosphériques sur la santé

L'OMS a défini en 2021 de nouvelles normes concernant les polluants atmosphériques afin de protéger les populations.³ Elles ont été revues à la hausse par rapport aux normes de 2005, du fait de nouvelles études sur l'impact de ces polluants.

NOUVELLES NORMES OMS 2021						
Polluant	Durée retenue	Cible intermédiaire				Niveau recommandé
		1	2	3	4	
PM _{2,5} , µg/m ³	Annuel	35	25	15	10	5
	24 heures ^a	75	50	37,5	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	Annuel	70	50	30	20	15
	24 heures ^a	150	100	75	50	45
O ₃ , µg/m ³	Saison de pointe ^b	100	70	–	–	60
	8 heures ^a	160	120	–	–	100
NO ₂ , µg/m ³	Annuel	40	30	20	–	10
	24 heures ^a	120	50	–	–	25
SO ₂ , µg/m ³	24 heures ^a	125	50	–	–	40
CO, mg/m ³	24 heures ^a	7	–	–	–	4

^a 99^e percentile (c.-à-d. 3 à 4 jours d'excédent par an)

^b Moyenne de la concentration moyenne en O₃ maximale sur 8 heures et six mois consécutifs, avec la plus forte concentration en O₃ des moyennes glissantes sur six mois.

Anciennes normes OMS de 2005		
PM2.5	Annuel	10
	24 heures	25
PM10	Annuel	20
	24 heures	50
NO2	Annuel	40
	24 heures	/

Ainsi, en 2005 le seuil de référence annuel des particules fines (PM2.5) était de 10 µg/m³, il est passé dorénavant à 5µg/m³. Le taux d'exposition sur 24h a également diminué en passant de 25 µg/m³ en 2005 à 15µg/m³ en 2021.

Le seuil des particules de plus grand diamètre (PM10) est passé de 20 µg/m³ sur un an à 15µg/m³. Sur 24h, son taux était de 50 µg/m³, il est désormais de 45 µg/m³.

Concernant le dioxyde d'azote (NO₂), son seuil était de 40 µg/m³ sur une année, il est passé à 10 µg/m³ en 2021.

Il n'y avait pas de recommandation concernant son taux sur 24h en 2005, cependant en 2021 il a été fixé à 25µg/m³ sur 24h.

On remarque que les taux ont beaucoup diminué en 15 ans, notamment celui du dioxyde d'azote montrant l'éveil des consciences sur l'importance de prendre en compte ces polluants sur notre santé. Ces valeurs seraient les taux optimaux à atteindre avant d'éviter de nombreux décès dus à la pollution atmosphérique.

Cependant, l'OMS, consciente de la difficulté des pays à atteindre de tels taux a défini des objectifs intermédiaires afin d'inciter les pouvoirs publics à se pencher sur la question et mettre en œuvre des solutions pour lutter progressivement contre cette problématique.

Ces taux intermédiaires sont notamment repris par l'Union Européenne sur lesquels se base également le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) de l'agglomération tourangelle (2019-2030) afin de fixer un objectif concernant les émissions des polluants au sein du territoire.

Par exemple, le PPA vise à définir un seuil maximal d'émission de NO₂ à 20 ug/m³ au sein de l'agglomération tourangelle.

La directive du 21 mai 2008 du Parlement européen et du Conseil oblige les États membres à surveiller la qualité de l'air ambiant sur leur territoire.¹⁴

Les seuils imposés par l'Union Européenne à ne pas dépasser sont les suivants :

EU Air Quality Directives ¹⁴		
PM2.5	Annuel	20-25 ug/m ³ (cible intermédiaire 2 de l'OMS)
	24 heures	/
PM10	Annuel	40 ug/m ³ (cible intermédiaire 2 de l'OMS)
	24 heures	50 ug/m ³ (cible intermédiaire 4 de l'OMS)
NO ₂	Annuel	40 ug/m ³ (cible intermédiaire 1 de l'OMS)
	24 heures	/

On remarque que les normes choisies par l'UE respectent les cibles intermédiaires de l'OMS.

A l'heure actuelle, les données présentes dans la littérature ne sont pas suffisamment nombreuses pour formuler des niveaux de recommandation concernant le carbone noir, les particules ultrafines et celles amenées par les tempêtes de sable et de poussière.³

Après avoir montré les effets particuliers des polluants sur la santé et défini les normes visant à protéger les populations, il est pertinent d'étudier concrètement les effets en termes de mortalité et d'espérance de vie de la pollution atmosphérique.

IV. La pollution atmosphérique, facteur responsable de nombreux décès chaque année, associée à une diminution de l'espérance de vie

D'après les données de l'OMS, la pollution atmosphérique serait responsable de 13 décès chaque minute dans le monde. 9 personnes sur 10 respireraient de l'air pollué, entraînant environ 7 millions de décès par an.²

La pollution de l'air extérieur seule est responsable de 4.2 millions de décès par an à l'échelle mondiale. En Europe, 500 000 décès chaque année peuvent être imputés à la pollution atmosphérique.²

La région la plus touchée est l'Asie du Sud Est avec plus de 2 millions de décès enregistrés par an.



En **France**, les données de santé publique révèlent qu'environ 9% de la mortalité peut être attribué à la pollution atmosphérique, soit **48 000 décès par an**, dont **40 000** attribués aux particules fines (**PM2.5**) et **7 000** au **NO2** (dioxyde d'azote) et la part restante aux autres polluants.¹⁵

D'après le Consortium Global Burden of Disease, la pollution atmosphérique en France serait responsable d'environ 6% des décès dus aux cardiopathies ischémiques, 6% des décès dus aux accidents vasculaires cérébraux, 8% des décès dus aux cancers du poumon et environ 13% des décès dus aux bronchopneumopathies chroniques obstructives.⁹

Dans le reste du Monde, ces chiffres sont bien plus conséquents, allant jusqu'à 40% des décès causés par les BPCO attribuables à la pollution, 16% pour les cardiopathies, 26% pour les AVC et 19% pour les cancers du poumon.⁹

	Nombre de décès imputables à la pollution atmosphérique pour différentes pathologies (en 2019)				Nombre de décès dus aux différentes pathologies (en 2019)
	Monde		France		
Cardiopathies ischémiques (ex : infarctus du myocarde)	1 843 217	16%	3 841	5.6%	68 324
Accidents vasculaires cérébraux	1 701 942	26%	2 593	5.8%	44 812
Cancers du poumon	387 444	19%	3 094	7.7%	40 194
Bronchopneumopathies chroniques obstructives	1 310 235	40%	2 279	13%	17 570

Source: Consortium Global Burden of Disease⁹

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a estimé que 9,1% des cancers (toutes causes confondues) en France seraient liés aux facteurs environnementaux (comprenant 3,6 % pour les expositions professionnelles, 3,1 % pour les rayonnements ultraviolets, 1,9 % pour les radiations ionisantes, 0,4 % pour la pollution de l'air extérieur et 0,1 % pour l'arsenic et le benzène).¹²

A l'échelle de la **région Centre-Val de Loire**, on estime que si les niveaux de PM2.5 étaient abaissés à 5ug/m3 (valeur référence OMS), on **éviterait environ 1553 décès par an**. Concernant le NO2, si abaissé à 10 ug/m3 (valeur référence OMS), on **éviterait 66 décès par an** (Annexe 1 et 2).¹⁵

En conservant les mêmes niveaux de recommandation, Santé publique France déclare que nous pourrions **gagner 6.7 mois d'espérance** de vie à l'échelle de la région, environ **6.3 mois** pour les **PM2.5** et **0.4 mois** (15 jours) pour le **NO2** (Annexe 1 et 2).¹⁵

Concernant les chiffres en **Indre-et-Loire**, on estime que l'on pourrait gagner 7.2 mois d'espérance de vie si les niveaux de PM2.5 étaient abaissés, et 0.4 mois si les niveaux de NO2 étaient abaissés, soit 7.6 mois de gain au total (Annexe 3 et 4).¹⁵

Toutes ces données témoignent du danger que représente la pollution atmosphérique en termes de santé humaine.

Bien que la pollution de l'air soit désormais reconnue comme étant la principale menace environnementale concernant le bien-être des populations, un autre facteur tout aussi important entre en jeu : les nuisances sonores.

LA POLLUTION SONORE : UNE NUISANCE QUOTIDIENNE SOUS-ESTIMÉE ENTRAINANT DE LOURDES CONSÉQUENCES SUR LA SANTÉ

I. Les bruits environnementaux, deuxième cause de morbidité en Europe d'après l'OMS

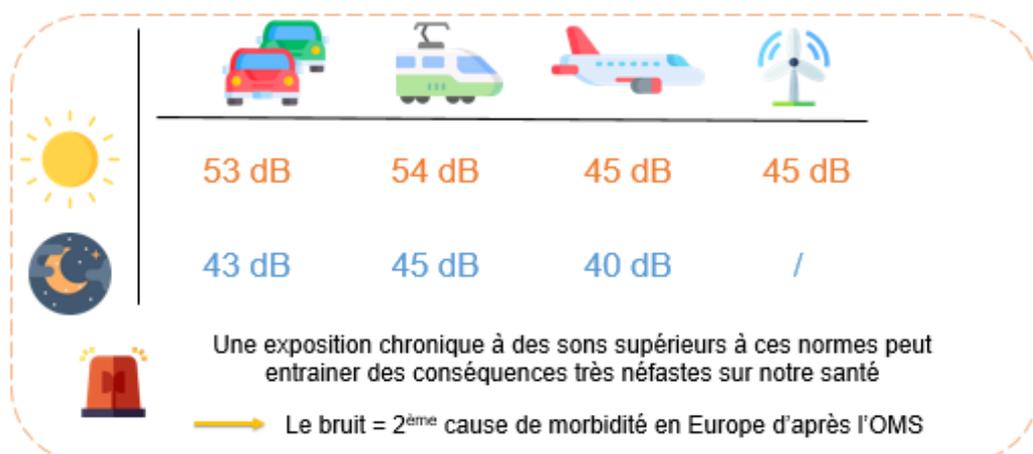
Le son peut provenir de diverses sources, l'OMS a identifié 4 secteurs environnementaux sur lesquels il serait possible d'agir afin de limiter l'impact du bruit sur les populations. Il s'agit du trafic routier, ferroviaire, aérien et des bruits éoliens.

Pour protéger notre santé et notre sommeil, il faudrait que le niveau d'émission sonore du trafic automobile ne dépasse pas les 53 décibels en journée, et 45 décibels la nuit.

Concernant le son émis par les lignes de chemin de fer, il ne faudrait pas dépasser 54 décibels le jour, et 45 décibels la nuit.¹⁶

Pour les avions, cette limite descend à 45 décibels en journée et 40 décibels la nuit.

L'exposition aux bruits éoliens ne doit pas dépasser 45 dB en journée, il n'y a pas de recommandation concernant le bruit nocturne.¹⁶



Ces chiffres varient en fonction de différents secteurs car les ondes qu'ils émettent ne sont pas toutes sur les mêmes fréquences (sons basses et hautes fréquences).

Au-delà de ces normes, le son peut avoir des conséquences néfastes sur notre santé et impacter fortement notre sommeil.

Les seuils de décibel en journée sont principalement présents pour limiter les effets du bruit sur notre santé et les seuils de nuit ont pour objectif de limiter la perturbation du sommeil.

L'OMS a publié un rapport en 2011 sur la charge de morbidité et la quantité d'année de vie en bonne santé perdue dans les pays d'Europe occidentale à cause du bruit environnemental.

Ils se sont basés sur la mesure « DALYs ou Disability-Adjusted Life Years » qui combine deux aspects principaux : la mortalité (années de vie perdues prématurément) et la morbidité (années vécues avec une incapacité).¹⁷

D'après les données (limitées), les DALYs perdues chaque année à cause du bruit environnemental dans les pays d'Europe occidentale sont équivalentes à 61 000 ans pour les cardiopathies ischémiques (CI), 45 000 ans pour les troubles cognitifs chez les enfants, 903 000 ans pour la perturbation du sommeil, 22 000 ans pour les acouphènes et 654 000 ans pour la gêne.¹⁷

D'après cette même étude, environ un million d'années de vie en bonne santé seraient donc perdues chaque année à cause du bruit induit par le trafic routier.

Ainsi, la charge de morbidité due au bruit ambiant arrive au deuxième rang après la pollution atmosphérique.¹⁷

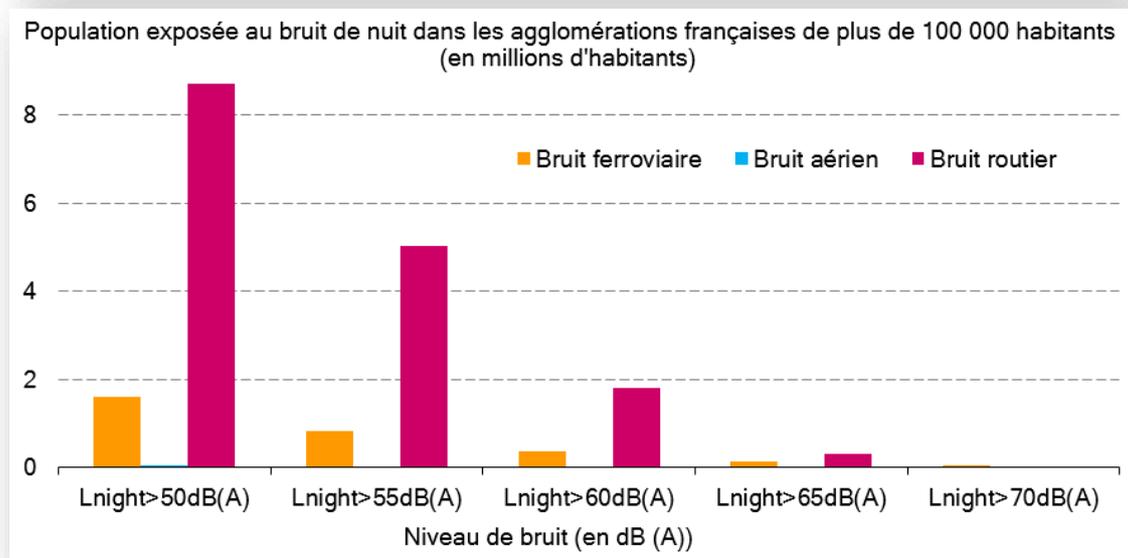
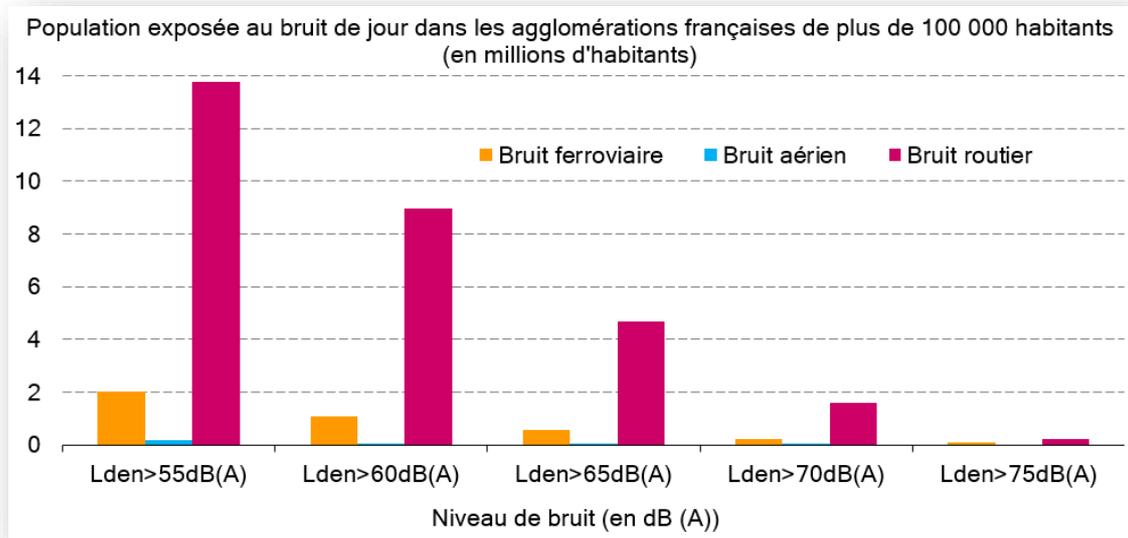
En Europe, l'agence européenne de l'environnement (EEA) estime que chaque année la pollution sonore serait responsable de 48 000 nouveaux cas de maladies cardiaques et provoquerait 12 000 décès prématurés.¹⁹

Une étude de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) parue en 2013 a estimé qu'en France environ 40 % des habitants des agglomérations de plus de 250 000 habitants sont exposés à un niveau sonore de jour supérieur à 60 décibels (dB) dont les trois quarts sont dus à la circulation.¹⁸

La directive européenne du 25 juin 2002 impose à certaines agglomérations de plus de 100 000 habitants de se doter de plans de prévention au bruit dans l'environnement (PPBE) destinés à encadrer l'urbanisation dans les zones de bruit au voisinage d'infrastructures de transport (aérien, routier, ferroviaire).

Ainsi au sein des 25 agglomérations françaises (regroupant un total de 33 millions d'habitants) ayant réalisées des cartes de bruit, plus de 22 millions d'habitants sont exposés au bruit du trafic routier, dont 14 millions le jour (42% population totale) et environ 8 millions la nuit (27 % population totale).¹⁸

Le bruit du trafic ferroviaire touche environ 2 millions d'habitants et le bruit du trafic aérien environ 236 000 personnes soit 0.8% de la population totale.



Les bruits environnementaux représentent la première source d'émission de bruits et affectent de manière considérable la santé via différents mécanismes.

L'exposition professionnelle et individuelle aux bruits est un facteur de risque en termes de déficience auditive pouvant entraîner un handicap important au quotidien.

II. L'exposition professionnelle et individuelle, principal facteur de risque de déficience auditive

Les bruits ambiants de forte intensité, supérieurs à 80 décibels peuvent engendrer une déficience auditive si la durée d'exposition journalière et annuel est suffisamment longue. Il peut s'agir des expositions professionnelles (chantiers, enseignement...) ou des expositions individuelles notamment via les sons émis par les écouteurs, notamment chez les adolescents.²⁰

D'après l'OMS, 1,5 milliard de personnes seraient atteintes d'une déficience auditive plus ou moins sévère dans le monde. Parmi elles, 466 millions de personnes (plus de 5 % de la population mondiale) auraient une déficience auditive incapacitante (432 millions d'adultes et 34 millions d'enfants). D'après les estimations, d'ici 2050, ce nombre passerait à plus de 700 millions de personnes (soit 1 personne /10).²⁰

On parle de déficience auditive lorsqu'une personne ne perçoit plus aussi bien les sons qu'une personne ayant une audition normale.

Une « déficience auditive incapacitante » est une perte d'audition supérieure à 35 décibels (dB) dans la meilleure oreille.

Les pays ayant un revenu faible ou intermédiaire sont les plus fortement impactés, environ 80 % des personnes atteintes de déficience auditive incapacitante résident dans ces pays.

La prévalence de cette pathologie augmente avec l'âge : plus de 25 % des sujets âgés de plus de 60 ans en sont atteints.

En 2010, une étude de la DRESS a révélé qu'environ 11 % des personnes âgées de 18 ans et plus rencontrent des difficultés à entendre et suivre correctement les conversations. Ce sentiment de gêne augmente avec l'âge, pour concerner une personne sur deux parmi les plus de 85 ans.²¹

Les hommes seraient plus gênés par ces difficultés que les femmes (13 % des hommes de plus de 18 ans rencontrent des difficultés à entendre contre 9 % des femmes).

D'après une autre étude menée par la DRESS et parue en 2014, 10 millions de personnes souffriraient d'un handicap auditif en France, soit 16% de la population française.²²

Pour 5.4 millions d'entre eux cela entraînerait des conséquences néfastes sur leur vie quotidienne.

L'OMS a réalisé un travail de recherche très important sur les conséquences du bruit sur la santé en Europe intitulé « Environmental noise guidelines for the European Region » paru en 2018.¹⁶

La pollution sonore est désormais reconnue comme étant l'un des principaux facteurs de risque environnemental concernant la santé physique et mentale des populations.

L'exposition au bruit entraîne à la fois des effets auditifs et extra-auditifs qui seront détaillés dans les parties suivantes.

III. Le bruit, générateur d'effets auditifs et extra-auditifs responsable de différentes pathologies

Les effets auditifs et extra-auditifs du bruit sur la santé peuvent être classés en deux catégories distinctes selon l'OMS en fonction de leur impact critique ou important sur la santé.

Impact critique sur la santé
Maladies cardiovasculaires
Gêne (sentiment de déplaisir, de nuisance, de dérangement)
Effets sur le sommeil
Déficiência cognitive
Déficiência auditive et acouphènes

Impact important sur la santé
Retards d'apprentissage / naissance prématurée
Qualité de vie, bien-être et santé mentale
Effets sur le métabolisme

A. Les effets auditifs du son : perte d'audition et acouphènes

Les effets auditifs sont les répercussions qu'entraînent le son en termes de déficiencia auditive.

Il existe une corrélation entre l'exposition au bruit et le risque de déficiencia auditive.

Lorsqu'une personne est régulièrement exposée à des niveaux élevés de bruit, cela entraîne graduellement des dommages au niveau de son oreille interne.

Ces altérations sont responsables d'une surdité qui peut être uni ou bilatéral (atteinte des 2 oreilles). Elle peut également s'accompagner d'acouphènes, plutôt de timbre aigu, à type de sifflements. Cette perte auditive devient problématique lorsqu'une personne éprouve des difficultés à communiquer dans des situations courantes (obligation d'élever la voix), ainsi qu'à comprendre les conversations en présence de bruit ambiant.

Au fil du temps, ces dommages peuvent conduire à une surdité permanente (cophose).

Il a été prouvé qu'une exposition à plus de 80 décibels durant de nombreuses années peut entraîner une déficiencia auditive complète.²³

Seulement, aucune étude n'a pu prouver que les bruits environnementaux (hors exposition professionnelle) qui sont pour la plupart du temps inférieur à 80 décibels peuvent provoquer une telle déficiencia.²³

L'exposition à ces bruits ne seraient pas suffisamment longue et les bruits environnementaux ne seraient pas suffisamment fort pour avoir un tel impact.

De telles études sont difficiles à réaliser car la perte auditive nécessite de très longues périodes d'exposition, il faudrait mesurer l'exposition individuelle de chaque participant pour éviter les biais, ce qui est très compliqué à mettre place.

Les effets auditifs incluent donc majoritairement la déficiencia auditive et les acouphènes.

Le trafic routier, automobile et aérien ne génèrent pas d'effets auditifs. Ces bruits sont responsables d'effets extra-auditifs bien plus dangereux pour la santé.

B. Les effets extra-auditifs du son, véritable danger responsable de nombreuses pathologies

Le bruit est considéré comme un facteur de stress pouvant engendrer une détresse psychologique ainsi qu'une perturbation de l'homéostasie de l'organisme et une augmentation de la charge allostatique.

L'homéostasie est un processus biologique qui permet à un organisme de maintenir un état d'équilibre interne stable malgré les variations de son environnement. Cela implique la régulation de divers paramètres physiologiques tels que la température corporelle, le pH, la pression artérielle et le taux de glucose sanguin.

La charge allostatique est un concept théorique qui se réfère à l'accumulation de réponses physiologiques adaptatives d'un organisme face au stress chronique ou répété. Cette charge résulte de l'activation répétée du système nerveux sympathique et de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien, qui régulent les réponses de l'organisme au stress.

La charge allostatique peut se mesurer via différents paramètres comme la fréquence cardiaque, la pression artérielle, les taux de cortisol, d'insuline et d'autres marqueurs inflammatoires.

Le stress active le système nerveux sympathique pour libérer des hormones dans notre corps comme l'adrénaline afin d'accélérer la fréquence cardiaque et la pression artérielle.

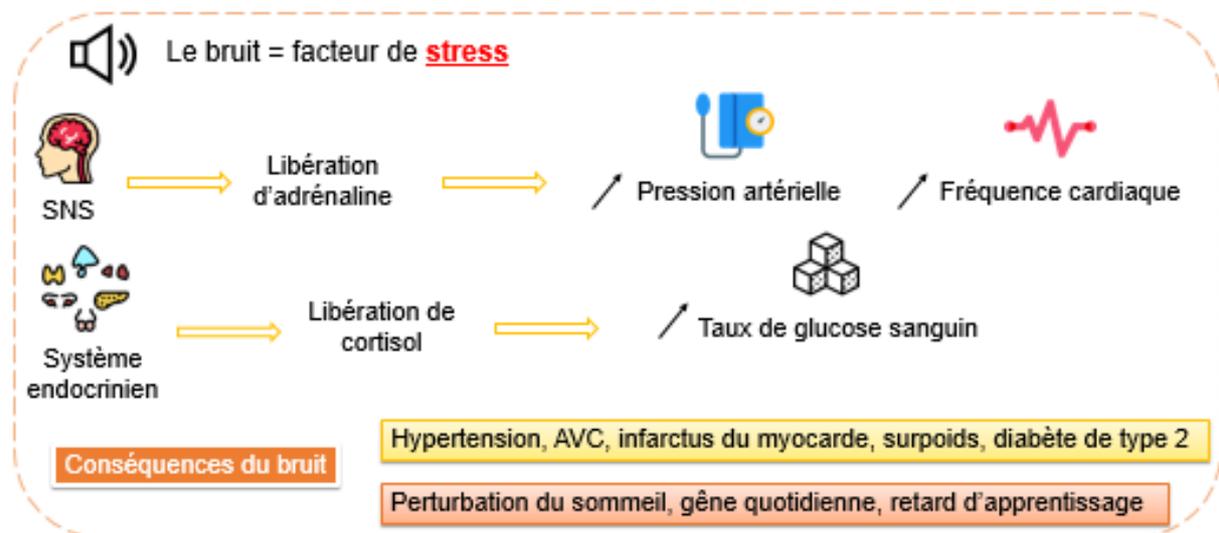
Le stress active également en partie le système endocrinien (hypothalamus, hypophyse, glandes surrénales = axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien) qui via plusieurs réactions en chaîne va conduire à la libération d'une autre hormone : le cortisol.

Le cortisol va permettre notamment d'augmenter le taux de glucose (sucre) dans le sang. Ces réactions se produisent également la nuit lorsqu'un bruit survient autour de nous.

Une exposition chronique au bruit entraîne donc un stress chronique qui via tous ces mécanismes peut être responsable de différentes pathologies : hypertension, maladies cardiovasculaires (AVC, infarctus du myocarde), surpoids, diabète de type 2. ²³

Après de longues années d'exposition au bruit, ces perturbations peuvent contribuer au développement de ces maladies chroniques mais également éprouver la santé mentale des populations.

Le bruit est également une source importante de gêne quotidienne, il perturbe fortement le sommeil et entraîne des retards d'apprentissage chez les enfants.



i. Les bruits environnementaux, responsables de naissances prématurées

Il existe des preuves d'associations entre le bruit des avions et les naissances prématurées, le faible poids à la naissance et les anomalies congénitales.²⁴

Il existe également un lien entre le bruit de la circulation routière et le faible poids à la naissance, la naissance prématurée et la petite taille pour l'âge gestationnel.

Cependant de nombreux facteurs de confusion subsistent, tels que le statut socio-économique, la pollution de l'air et la sensibilité individuelle au bruit.

Lors du dernier trimestre de la grossesse, l'oreille interne du fœtus est particulièrement fragile et vulnérable aux bruits. Les sons aigus (haute fréquence) sont atténués par l'utérus et la paroi abdominale alors que les bruits impulsionnels et les sons graves (basse fréquence) les traversent plus facilement, ils sont donc plus nocifs.

Les bruits présents aux alentours des aéroports sont des sons de basse fréquence, ils peuvent donc être potentiellement dangereux pour l'audition des enfants à naître.

ii. Le bruit augmente le risque d'hypertension artérielle, d'obésité et de diabète et accroît le risque de survenue d'incidents ischémiques (infarctus du myocarde, AVC)

Les effets cardiovasculaires et métaboliques des bruits environnementaux sont nombreux. Comme cité précédemment, le stress chronique provoqué par le bruit favorise la libération excessive d'hormones comme le cortisol ou les catécholamines (adrénaline, noradrénaline) ainsi qu'une augmentation des acides gras.

Actuellement, les preuves scientifiques sont suffisantes pour établir que le bruit augmente le risque d'hypertension artérielle, en particulier chez les travailleurs exposés au bruit et qu'il accroît le risque d'infarctus du myocarde via ces perturbations métaboliques.²⁵

Il existe une association significative entre le bruit et les paramètres cardiovasculaires, notamment les effets du trafic routier sur les maladies cardiaques ischémiques.²⁵

Lorsque le niveau d'exposition aux différents bruits environnementaux dépasse les seuils de recommandation, les risques sur la santé augmentent significativement.

De nombreuses études ont été menées afin d'identifier l'impact réel du son sur la fonction cardiaque. Le jugement global de la qualité des preuves de ces études a été noté de très faible à élevé, il faut donc les interpréter avec prudence car les résultats présentent d'importantes variations.²⁵

- **Hypertension**

Une hausse de 10 dB du trafic aérien (plage de bruit : 35-75dB) conduit à une augmentation cumulée du risque d'hypertension de 22% à 75 dB (5% tous les 10 dB).²⁵

Une hausse de 10 dB du trafic routier (plage de bruit : 20-85 dB) conduit à une augmentation cumulée du risque d'hypertension de 34% à 85 dB (5% tous les 10 dB).²⁵

Une hausse de 10 dB du trafic ferroviaire (plage de bruit : 30-80 dB) conduit à une augmentation cumulée du risque d'hypertension de 28% à 80 dB (5% tous les 10 dB).²⁵

Les bruits éoliens n'ont montré aucune incidence sur l'hypertension.

- **Cardiopathies ischémiques**

Lorsque que l'on regarde spécifiquement l'effet du bruit généré par le trafic routier, on remarque que si celui-ci augmente de 10db (plage de bruit : 40-80 dB), on augmente le risque de cardiopathies ischémiques de 36% à 80 dB (8% tous les 10 dB). Cette étude présente un haut niveau de preuve.²⁵

Une hausse du bruit généré par les avions de 10 dB (plage de bruit : 45-65 dB) augmenterait le risque des cardiopathies ischémiques de 19% à 65 dB (9% tous les 10 dB). Cette étude présente un faible niveau de preuve.²⁵

- **Accident vasculaires cérébraux**

Une élévation de 10 dB du trafic routier (plage de bruit : 50-70 dB) conduit à une augmentation cumulée du risque d'AVC de 30% à 70 dB (14% tous les 10 dB). Cette étude présente un niveau de preuve intermédiaire.²⁵

Les études les plus fiables concernant le trafic aérien et le risque d'AVC n'ont pas montré d'association significative entre les deux. Seules certaines études ont pu montrer une augmentation du risque d'AVC lorsque les décibels augmentent mais le niveau de preuve est très faible.²⁵

- **Diabète de type 2**

Une élévation de 10 dB du trafic routier (plage de bruit : 50-70 dB) conduit à une augmentation cumulée du risque de diabète de 17% à 70 dB (8% tous les 10 dB). Cette étude a un niveau de preuve intermédiaire.²⁵

Les autres sources de bruits n'ont pas montré de résultats significatifs.

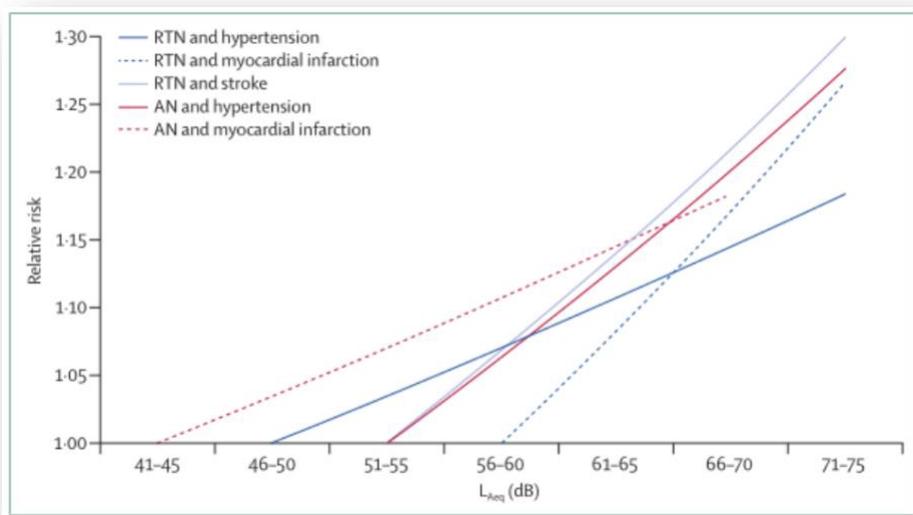
- **Obésité**

Une augmentation de 10 dB du trafic aérien (plage de bruit : 48-65dB) provoquerait une augmentation du tour de taille de 5.88 cm à 65 dB (3.46cm tous les 10 dB).²⁵

Les autres bruits n'ont pas montré de résultats significatifs.

Pour appuyer ces résultats, le graphique suivant regroupant des données issues de plusieurs études épidémiologiques montre l'augmentation croissante des maladies cardiovasculaires lorsque l'intensité sonore augmente.²⁶

RELATIONS DOSE-REPONSE ENTRE L'EXPOSITION AU BRUIT ROUTIER (RTN) ET AU BRUIT AERIEN (AN) ET LES MALADIES CARDIOVASCULAIRES (SOURCE : BASNER ET AL. 2014)²⁶



D'après toutes ces données, cela montre bien les effets métaboliques et cardiovasculaires du son sur l'organisme.

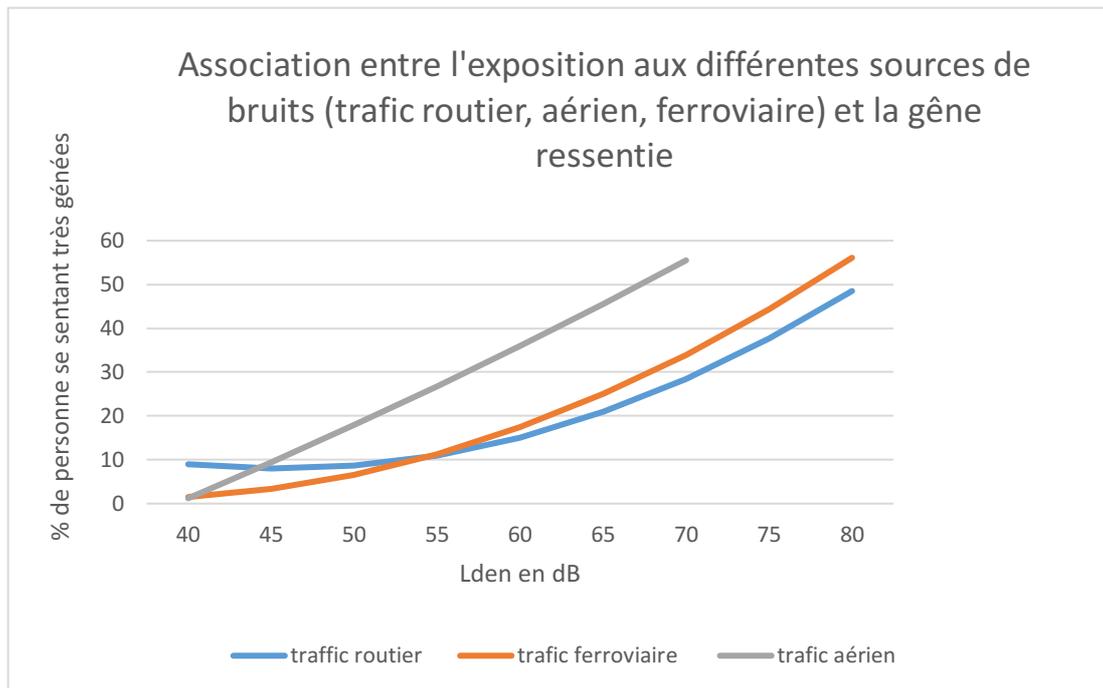
Une exposition à de hauts niveaux de décibels augmentent le risque de développer de l'hypertension, une cardiopathie ischémique, un diabète de type 2 ou de l'obésité.

- iii. **Le bruit : source quotidienne majeure de gêne impactant la santé mentale**

Le bruit est une source majeure de gêne au quotidien, pouvant engendrer une irritabilité, de l'énerverment ainsi qu'une fatigue psychologique.

De nombreuses études ont permis d'évaluer la gêne ressentie lorsque l'intensité sonore environnante augmente. Cette gêne peut entraîner à long terme une dégradation de la santé physique et mentale.

Le graphique ci-dessous montre que plus les décibels sont élevés plus le nombre de personnes se sentant gênées par le bruit augmente. ¹⁶



Lorsque l'intensité sonore est maximale (80 dB), 48% des personnes se sentent très gênées par le trafic routier, 56% par le trafic ferroviaire et 55% par le trafic aérien. On remarque qu'à partir de 55 dB la gêne devient beaucoup plus importante. ¹⁶

La perception des bruits est propre à chaque individu, tout le monde ne ressent pas la gêne de la même manière. Cependant, à partir d'un certain seuil de décibels une majorité de personnes se retrouvent impactées par le bruit.

iv. Le bruit perturbe fortement les différentes phases du sommeil

Des études épidémiologiques récentes ont montré des relations plus fortes entre l'exposition nocturne au bruit et les conséquences négatives sur la santé par rapport à l'exposition diurne au bruit.

D'après la National sleep foundation (NSF), un adulte (26-64 ans) doit dormir entre 7 et 9h par nuit.

Pour bénéficier d'un sommeil réparateur, il faut pouvoir dormir suffisamment longtemps et ne pas être dérangé au cours de la nuit.

Le bruit environnemental contribue à augmenter le nombre d'éveils ainsi que le nombre de changements de phases au cours de la nuit (sommeil léger, profond et paradoxal).

Il affecte la durée d'endormissement, allonge la durée des éveils nocturnes et favorise les éveils précoces. Le sommeil est donc plus court et plus fragmenté.

Lorsqu'un bruit survient autour d'une personne endormie (ex : passage d'une voiture), le corps réagit de différentes façons. Ce bruit induit l'activation du système nerveux autonome responsable notamment d'une accélération de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle.

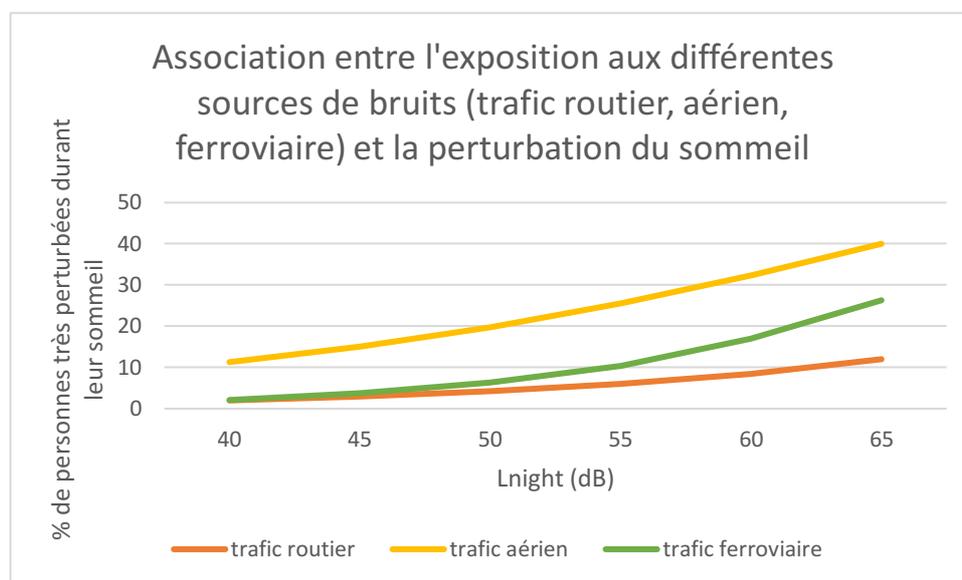
Cela entrainera également d'autres perturbations métaboliques et endocriniennes telle qu'une dérégulation du taux de glucose et une augmentation de la libération de cortisol (cf supra effets métaboliques).

Ces effets immédiats se répètent chaque nuit, sans que l'organisme ne puisse s'y habituer et conduisent à des conséquences néfastes sur la santé entrainant les maladies chroniques citées précédemment.

Les conséquences dans la journée d'un sommeil peu réparateur sont multiples : somnolence excessive, asthénie (fatigue), troubles mnésiques et de la concentration, troubles de la libido, céphalées matinales qui peuvent augmenter le risque d'erreurs et d'accidents.

Différentes études ont évalué l'impact des bruits sur la perturbation du sommeil.

Pour des bruits émis avec une intensité de 65 décibels, on remarque que 12% des personnes sont fortement perturbées dans leur sommeil à cause du trafic routier, 40% à cause trafic aérien et 26% à cause du trafic ferroviaire. ²⁷



v. [Le bruit impacte les émotions et entraine un retard de lecture et de compréhension orale chez les enfants](#)

Le bruit affecte la santé mentale, il peut entrainer des troubles psychiques tels qu'une irritabilité, de l'anxiété, une agressivité, voire une dépression.

Il a été démontré que le bruit de la circulation routière pouvait avoir un impact sur les émotions, les troubles du comportement et l'hyperactivité chez les enfants. ²⁸

Les bruits contribuent également à ralentir les apprentissages, notamment pour la compréhension orale et la lecture. Les bruits d'avions seraient les plus susceptible de causer de tels retards.

Une augmentation de l'intensité sonore du trafic aérien (plage de bruit débutant à 55dB) conduit à un retard de lecture et de compréhension orale d'environ 1 à 2 mois chez les enfants tous les 5 dB d'augmentation. ²⁸

Les nuisances sonores représentent donc un véritable danger pour les populations au même titre que la pollution atmosphérique.

Il est possible de limiter l'impact de ces nuisances et ainsi protéger les populations en construisant des aménagements favorables à la santé.

L'URBANISME : LEVIER D'ACTION FAVORABLE A LA SANTE ET OUTIL FONDAMENTAL POUR FAVORISER LE BIEN-ETRE DES POPULATIONS

Afin de réduire les impacts de la pollution atmosphérique et des nuisances sonores sur la santé, les collectivités locales par le biais des démarches qu'elles portent ont une responsabilité en matière de santé publique. Les projets d'aménagements, comme les documents de planification tels que les SCoT (Schéma de cohérence territoriale) et les PLU (plan local d'urbanisme) peuvent concourir à améliorer la santé des habitants d'un territoire.

Concernant la qualité de l'air, il s'agira par exemple d'éloigner les sources émettrices de polluants atmosphériques des secteurs d'habitation et veiller à ce qu'elles ne soient pas toutes regroupées sur un même secteur. Les lieux accueillants un public sensible ne devront plus être construits dans des zones susceptibles d'avoir une qualité de l'air dépassant les seuils de recommandation.

Les espaces verts permettent la circulation de l'air et la dispersion des polluants, ils servent également d'ilots de fraîcheur en été, il faut donc les préserver ou en créer de nouveaux notamment dans des lieux stratégiques comme les cours d'écoles. Les bâtiments pourraient contenir une surface minimum végétalisée et posséder de meilleures performances énergétiques.

Pour les nuisances sonores, les objectifs seraient d'éloigner les zones résidentielles des sources d'émissions sonores, en tenant compte de la nécessité de créer des zones de mixité fonctionnelle, regroupant habitations et commerces de proximité. Il faudrait éloigner les équipements accueillant un public sensible des activités bruyantes et délimiter des zones de protection contre le bruit.

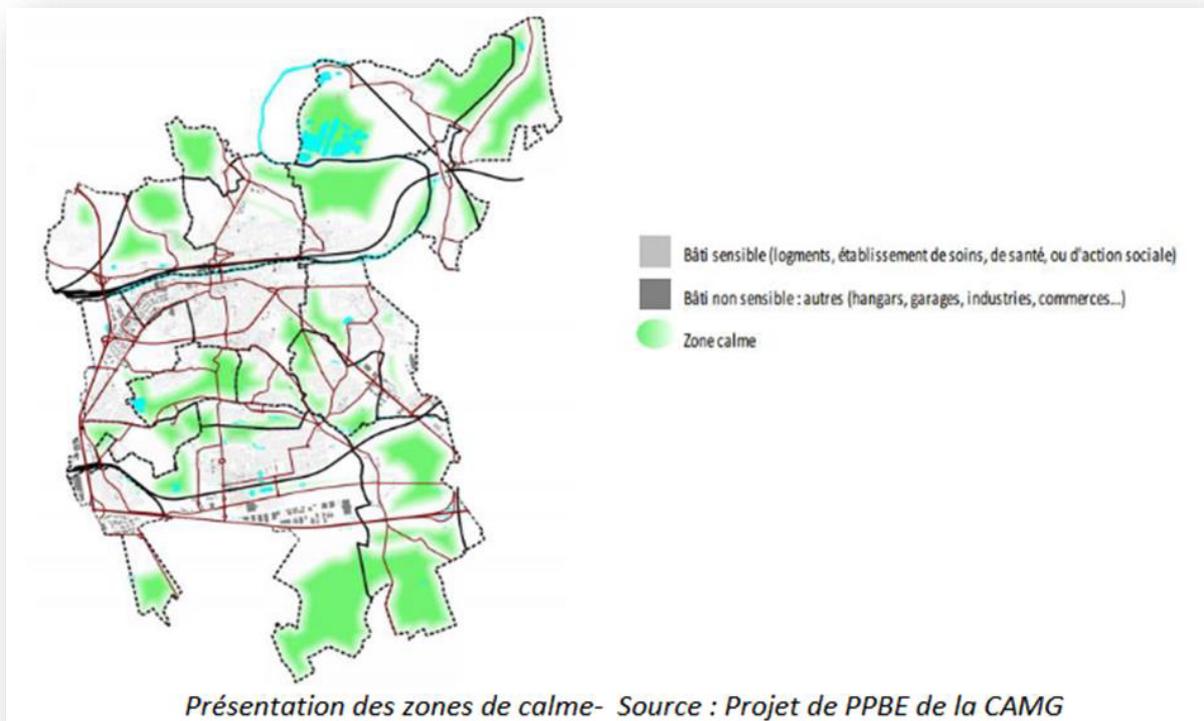
La diminution de l'utilisation de moyens de transport bruyants et polluants comme la voiture en favorisant les mobilités douces et l'activité physique est un levier important concernant la santé des populations.

Afin de diminuer l'exposition des populations aux nuisances sonores et à la pollution atmosphérique, de nombreuses collectivités ont inclus dans leurs stratégies ou dans leurs documents d'urbanisme différentes actions ou prescriptions, certains exemples seront détaillés dans le chapitre suivant.

I. Quelles prescriptions les documents d'urbanisme peuvent-ils mettre en place pour diminuer l'exposition des populations aux nuisances ?

Les différentes prescriptions des SCoT présentées ci-dessous ont notamment été soumises aux participants de l'atelier numéro 3 « un territoire sain », via un sondage interactif et réalisé par le Syndicat Mixte de l'Agglomération Tourangelle, ayant eu lieu le 1^{er} juin 2023 auquel j'ai pu participer. L'objectif était de présenter des orientations possibles et de s'en inspirer pour potentiellement en intégrer certaines au futur SCoT de Tours, actuellement en révision.

- Le **SCoT de Marne et Gondoire** approuvé en 2020 a réalisé une carte des zones de calme, afin d'identifier les espaces propices à la tranquillité. L'objectif est de protéger ces zones de calme sonore en définissant une bande inconstructible entourant ces espaces pour éviter l'installation d'activités pouvant générer du bruit. ²⁹



- Le **SCoT de la Région Grenobloise** approuvé en 2012, dans son Document d'Orientations et d'Objectifs (DOO) souhaite « interdire toute nouvelle implantation d'activité économique ou d'équipement susceptible d'aggraver notablement la situation vis-à-vis des polluants atmosphériques et nuisances sonores connus et déjà visés par des documents administratifs ». ³⁰
- Le **DOO du SCoT de Lille**, adopté en 2017 prévoit « qu'aucun équipement dit « sensible » (établissement de garde d'enfant, d'enseignement ou de santé) ne pourra être installé sur une zone exposée à des valeurs dépassant la valeur limite (bruit, pollution atmosphérique...) telle que fixée par la réglementation européenne ». ³¹

En complément des prescriptions des SCoT, les PLU / PLUi ont également un rôle à jouer dans l'aménagement d'un territoire favorable à la santé.

Dans le **PLUi de Grenoble**, approuvé en 2019, on retrouve la mention suivante : « Protéger les établissements recevant un public sensible (établissements scolaires ou d'accueil de la petite enfance, établissements de soin, médico-sociaux, maisons de retraite) existants en installant des protections contre les nuisances sonores et/ou des systèmes de traitement de l'air intérieur (VMC, filtration... ou tout équipement ayant une action équivalente).³²

Il est également envisagé de rendre possible la délocalisation de ces établissements vers des sites moins exposés et plus adaptés en cas de difficultés pour protéger les sites déjà existants ».

Les PLUi pourraient également intégrer des schémas d'implantation de bâtiments qui permettraient une dispersion efficace des polluants et des nuisances sonores. Les principes de construction et d'aménagement doivent être orientés vers la création d'espaces propices à la tranquillité et à la préservation du calme.

L'Orientation d'Aménagement et de Programmation (**OAP**) « **Air-Climat-Energie** » de **Strasbourg Eurométropole*** illustre parfaitement ces dispositions.³³

Cette OAP souhaite faire passer le taux de pollution atmosphérique sous les seuils règlementaires de l'Union Européenne en tout point de son territoire et atteindre ceux fixés par l'OMS d'ici 2030. Elle propose également différents projets d'aménagements visant à réduire les nuisances sonores.

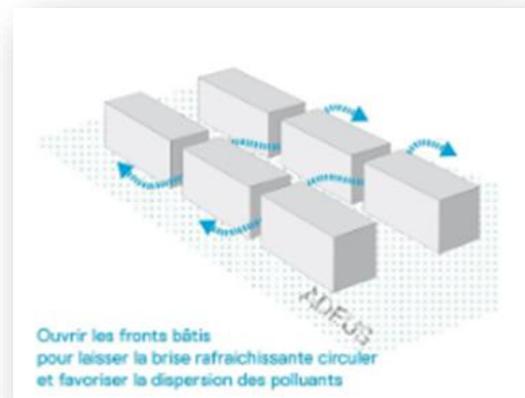
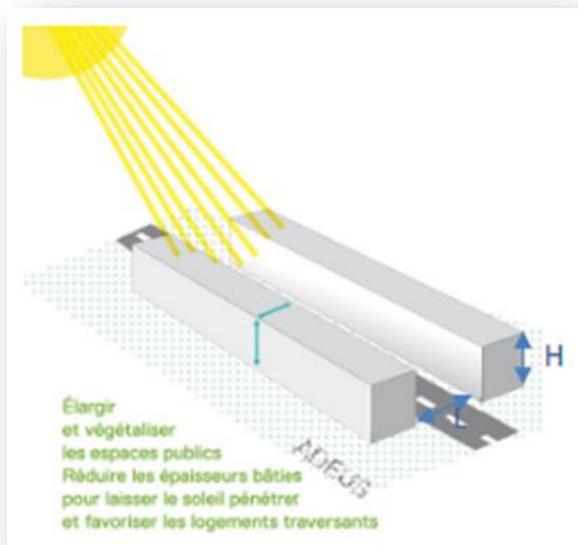
Ils proposent par exemple de « créer un effet barrière au bruit et à la pollution par l'implantation d'un bâtiment haut en première ligne. Il est admis qu'un bâtiment implanté en première ligne et présentant une hauteur minimale de R+3 participes à créer un effet barrière, dès lors que cette hauteur est par ailleurs autorisée par le règlement »³³



Ils envisagent également « d'adapter la morphologie urbaine pour influencer la dispersion des polluants et la ventilation, et limiter ainsi la création de rues canyons (propices à l'accumulation de polluants et à la formation d'îlots de chaleur), en prévoyant la mise en œuvre d'au moins un des principes d'aménagement suivants :

- Pour les nouvelles voiries, rechercher un rapport L/H > 1,5 (L = Largeur de rue et H = Hauteur de bâtiments)
- Végétaliser les espaces entre les bâtiments et la voirie pour favoriser la ventilation
- Créer des discontinuités dans le front bâti pour permettre la circulation du vent

- Modeler les hauteurs de bâti pour favoriser les circulations de l'air. Ce dernier principe permet également d'optimiser l'ensoleillement et de réduire les îlots de chaleur urbain »



Pour terminer, les documents d'urbanisme pourraient fixer un objectif de qualité de l'air sur le territoire, identique à celui de l'OMS ou à celui de l'Union Européenne, en imposant par exemple une concentration moyenne annuelle de dioxyde d'azote à $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ tel que préconisé par le Plan de Protection de l'Atmosphère de Tours actuellement en révision par exemple.

Les prescriptions ainsi formulées dans les documents d'urbanisme permettent la réalisation de différents projets favorables à la santé dont voici quelques exemples.

II. Exemples de projets d'aménagements du territoire mis en place pour contrer les effets de la pollution atmosphérique et des nuisances sonores

A. Mise en place de zones à faibles émissions (ZFE) dans plusieurs métropoles de France

Les zones à faibles émissions (ZFE) sont des périmètres au sein desquels la circulation de certains véhicules catégorisés comme polluants est limitée ou interdite. Il s'agit d'un dispositif national obligatoire régi par la loi d'Orientation des Mobilités (LOM) de 2019.

Ces zones concerneront 35 agglomérations en France d'ici 2025, pour le moment seulement 10 villes les ont déjà mises en place : Paris, Rouen, Strasbourg, Lyon, Grenoble, Nice, Toulon, Aix-Marseille, Montpellier et Toulouse.³⁴

L'objectif est d'interdire progressivement la circulation des véhicules thermiques fortement émetteur de dioxyde d'azote via les vignettes Crit'Air, en commençant par les véhicules les plus polluants et in fine n'autoriser plus que la circulation des véhicules hybrides ou électriques dans les villes.

B. Construction de l'écoquartier de la Cartoucherie à Toulouse

L'écoquartier de la Cartoucherie est un projet de développement urbain situé à Toulouse. Il tire son nom du site historique de la Cartoucherie, une ancienne usine de fabrication de munitions qui a été réaménagée pour accueillir ce nouveau quartier.³⁵

Son objectif principal est de promouvoir la durabilité environnementale, sociale et économique tout en offrant un cadre de vie de qualité aux résidents.

Il a été conçu dans une optique de développement durable, en mettant l'accent sur plusieurs aspects clés. Des mesures ont été prises pour réduire la consommation énergétique des bâtiments, favoriser l'utilisation des énergies renouvelables et encourager les pratiques de sobriété énergétique.

La production d'énergie pour l'eau chaude et le chauffage des logements est assurée par un réseau de chaleur alimenté par une usine d'incinération d'ordures ménagères. La climatisation des bureaux provient également de ce réseau via l'utilisation de machine à absorption.

Le quartier fonctionne grâce à des énergies 100% renouvelables, limitant ainsi la pollution de l'air intérieur et extérieur.

En ce qui concerne les transports, l'écoquartier de la Cartoucherie propose des solutions pour favoriser les mobilités douces. Des infrastructures adaptées aux piétons et aux cyclistes ont été aménagées et des transports en commun efficaces développés pour réduire la dépendance à la voiture individuelle.

L'objectif est de favoriser des modes de déplacement sains en favorisant l'activité physique et ainsi réduire les émissions de gaz à effet de serre liées aux déplacements.

De nombreux aménagements d'espaces verts et de jardins ont été réalisés offrant des espaces de détente et de loisirs, contribuant au bien-être et à la qualité de vie des populations tout en permettant de lutter contre la pollution.

Des systèmes de récupération et de gestion des eaux pluviales ainsi que des dispositifs de limitation de la consommation d'eau dans les bâtiments ont été mis en place afin de réduire l'empreinte hydrique de l'écoquartier et de préserver les ressources en eau.

Au sein de ce quartier, de nombreux commerces et services de proximité ont été implantés afin de créer un écosystème économique dynamique et durable.

Le projet de l'écoquartier de la Cartoucherie s'inscrit dans une vision globale de développement durable et de transition écologique. Il vise à concilier les enjeux environnementaux, sociaux et économiques pour offrir un cadre de vie durable et agréable aux résidents.

C. Le Plan de Déplacements Urbains (PDU) 2019-2030 de Rennes Métropole

Le Plan de Déplacements Urbains (PDU) de Rennes Métropole est un document stratégique de planification des déplacements urbains visant à améliorer l'efficacité, la durabilité et la qualité des déplacements dans la ville d'ici l'horizon 2030. ³⁶

L'objectif principal du PDU est de promouvoir des modes de transport durables et trouver des alternatives à la voiture individuelle. Cela implique la mise en œuvre de mesures spécifiques pour développer les transports en commun, encourager les modes actifs tels que la marche à pied et le vélo, optimiser la circulation routière et gérer efficacement le stationnement.

Le PDU prévoit l'expansion du réseau de transport en commun existant, l'augmentation de la fréquence et de la capacité des services de bus et de tramway et la mise en place d'infrastructures pour faciliter les transferts entre les différents modes de transport.

Pour encourager les modes actifs, le PDU prévoit des aménagements spécifiques tels que des voies cyclables sécurisées, des sentiers piétonniers bien entretenus et des équipements de stationnement adaptés (parcs à vélos par exemple).

Enfin, le PDU intègre des considérations environnementales en évaluant les impacts des déplacements sur la qualité de l'air, les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie.

Des études concernant l'impact environnemental des mesures proposées sont menées pour s'assurer que les nouvelles solutions de transport sont plus respectueuses de l'environnement.

L'objectif final est d'anticiper les déplacements des 500 000 résidents de Rennes Métropole et de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40% d'ici 2030. Cela contribuera à diminuer la pollution atmosphérique et limiter tous les problèmes de santé qu'elle entraîne.

Ces différents projets montrent qu'il est possible d'allier urbanisme et santé et qu'il est même nécessaire de le faire pour que les générations futures puissent bénéficier d'un environnement sain et favorable à leur santé dans les années à venir.

CONCLUSION

La santé publique accorde une attention croissante aux dangers de l'environnement, et pour cause comme nous avons pu le constater, la pollution atmosphérique et les nuisances sonores sont responsables de nombreux décès chaque année, dans le Monde, en France et au sein même de l'Agglomération Tourangelle.

Afin de limiter ces expositions, les pouvoirs publics ont entre leurs mains un outil fondamental pour agir sur ces nuisances : l'urbanisme.

Par l'intermédiaire des documents d'urbanisme tel que le SCoT, il est possible de créer des projets d'aménagement favorables à la santé.

La réunion de différents acteurs tels que les professionnels de santé, les collectivités, les élus, les Agence Régionale de Santé et les organismes de protection de l'environnement (ex : Lig'Air en Centre-Val de Loire) est essentielle pour la réalisation de ces projets.

De nombreux autres facteurs de risques environnementaux existent et n'ont pas été détaillés dans ce document. Il s'agit par exemple de la pollution des sols, des champs électromagnétiques ou encore de la pollution lumineuse. Voici quelques mots en ouverture sur ces nuisances qui, bien que moins nocives pour notre santé doivent être prise en compte pour protéger les populations.

- « Un **site pollué** est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltrations de substances polluantes, présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pour les personnes ou l'environnement. » ¹

La contamination des sols peut provenir de sources naturelles telle que la nature géologique des roches et leur évolution au fil des années mais également de l'activité humaine via les exploitations industrielles actuelles ou anciennes.

Les polluants retrouvés sont de nature métallique : plomb, zinc, arsenic, chrome, cadmium provenant de l'évolution des roches mais également de nature organique : hydrocarbures aromatiques polycyclique (HAP), solvants halogénés comme le trichloréthylène et les composés organiques volatiles (COV). ¹

Les hydrocarbures sont les polluants les plus retrouvés dans les sols, par exemple à l'échelle nationale ils sont détectés dans 40% des sites pollués identifiés par la base de données (Basol).³⁷

D'après Santé publique France, plus de 6 500 sites et sols pollués dus aux activités industrielles passées sont recensés dans cette base et interrogent quant à leur impact sur la santé. ³⁸

- Un **champ électromagnétique** est défini par sa longueur d'onde en mètre et sa fréquence en hertz.
Il regroupe les champs extrêmement basses fréquences (EBF) qui varient de 3 à 300 Hz, et les radiofréquences qui elles varient de 9 kHz à 300 Ghz.
Les EBF sont émis par différentes sources : électricité, lignes de trains, métro, tram, appareils électroménagers.

Les radiofréquences sont émises notamment par le téléphone portable, les antennes télévisions et radio, le Wifi, la technologie Bluetooth, les satellites, etc.

Les EBF et les radiofréquences ont été classé par le CIRC (centre international de recherche contre le cancer) comme « peut-être cancérigènes pour l'homme » (groupe 2B).

Quelques études ont montré des cas de leucémie chez des enfants vivant proche de lignes à haute tension et de gliome (cancer malin du cerveau) en lien avec l'utilisation du téléphone portable.³⁹

Cependant, aucun lien de causalité n'a pu être démontré, les recherches sur le sujet étant très insuffisantes.

- La **pollution lumineuse** inclut notamment la lumière bleue qui est émise majoritairement par les LED (éclairage publicitaire, écrans). Elle est proche du rayonnement ultraviolet ce qui la rend photo-toxique pour la rétine et en particulier pour la rétine maculaire.

Avec l'âge et l'hérédité, la lumière est un facteur environnemental important concernant la prévalence de la DMLA = dégénérescence maculaire lié à l'âge (maladie dégénérative chronique de la rétine).

La lumière impacte également le système circadien (rétine, horloge interne et mélatonine) en le désynchronisant, pouvant être responsable d'un risque augmenté de cancer du sein chez les travailleuses et travailleurs de nuit.⁴⁰

Chez les enfants, ce dérèglement peut entraîner une forte perturbation du sommeil (retard d'endormissement lié à l'inhibition de la synthèse de mélatonine) et une fatigue chronique diurne.⁴⁰

Il est possible que d'ici quelques années, les documents d'urbanisme tels que les SCoT intégreront également des prescriptions concernant ces nuisances qui représentent un risque non négligeable pour la santé. La pollution lumineuse est souvent abordée par le prisme de la protection de la biodiversité ou des paysages nocturnes, mais rarement par son impact sur la santé.

SOURCES

1. M. Dramé, J. Epstein, H. Noelle et le Collège universitaire des enseignants de santé publique. (2022). Santé publique, 5e édition.
2. World Health Organization (2022). Pollution de l'air ambiant (extérieur). [https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health#cms](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health#cms)
3. Geneva: World Health Organization. 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.
4. World Health Organization. Regional Office for Europe. 2018. Environmental noise guidelines for the European Region.
5. Medina S, Adélaïde L, Wagner V, de Crouy Chanel P, Real E, Colette A, Couvidat F, et al. Saint-Maurice : Santé publique France, 2021. Impact de pollution de l'air ambiant sur la mortalité en France métropolitaine. Réduction en lien avec le confinement du printemps 2020 et nouvelles données sur le poids total pour la période 2016-2019.
6. Réseau français Villes-Santé. (2023, août 25). Le mouvement européen des Villes-Santé de l'OMS. <https://villes-sante.com/a-propos/mouvement-europeen-villes-sante-oms/>
7. SCOT de l'agglomération Tourangelle. (2022, 21 juillet). Qu'est-ce qu'un SCOT ? <https://www.scot-agglotours.fr/le-scot/quest-ce-quun-scot/>
8. Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. (2022, 30 mai). Le SCOT : un projet stratégique partagé pour l'aménagement d'un territoire. <https://www.ecologie.gouv.fr/scot-projet-strategique-partage-lamenagement-dun-territoire>
9. Murray, C. J., Aravkin, A. Y., Zheng, P., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abbasi-Kangevari, M., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., Abdollahi, M., Abdollahpour, I., Abegaz, K. H., Abolhassani, H., Aboyans, V., Abreu, L. G., Abrigo, M. R. M., Abualhasan, A., Abu-Raddad, L. J., Abushouk, A. I., Adabi, Badawi (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. The Lancet, 396(10258), 1223-1249. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30752-2)
10. Peters, R., Ee, N., Peters, J., Booth, A., Mudway, I., & Anstey, K. J. (2019). Air Pollution and Dementia: A Systematic Review. Journal of Alzheimer's Disease, 70(s1), S145-S163. <https://doi.org/10.3233/jad-180631>
11. Aryal, A., Harmon, A. C., & Dugas, T. R. (2021). Particulate matter air pollutants and cardiovascular disease : Strategies for intervention. Pharmacology & Therapeutics, 223, 107890. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2021.107890>
12. Zuckerman, A. J. (1995). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Journal Of Clinical Pathology, 48(7), 691. <https://doi.org/10.1136/jcp.48.7.691-a>
13. Orellano, P. W., Reynoso, J. I., Quaranta, N. E., Bardach, A., & Ciapponi, A. (2020). Short-term exposure to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO2), and ozone (O3) and all-cause and cause-specific mortality : Systematic review and meta-analysis. Environment International, 142, 105876. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105876>
14. 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.
15. Géodes - Santé publique France. (s. d.). Géodes - Santé publique France. <https://geodes.santepubliquefrance.fr/#view=map2&c=indicator>

16. World Health Organization (2019). Environmental noise guidelines for the European Region. [www.who.int. https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563](https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563)
17. Fritschi, L., Brown, L., Kim, R., Schwela, D., & Kephapopolous, S. (2011). Burden of Disease from Environmental Noise : Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe. Dans WHO Regional Office for Europe eBooks. <http://research-repository.griffith.edu.au/handle/10072/45723>
18. République Française. Notre-environnement. (2024, 8 janvier). Les bruits et les nuisances sonores. <https://www.notreenvironnement.gouv.fr/themes/sante/article/les-bruits-et-les-nuisances-sonores>
19. Agence Européenne de l'Environnement. 2021. La pollution sonore est encore très répandue en Europe, mais il existe des moyens d'en réduire le volume. Disponible sur : <https://www.eea.europa.eu/fr/signaux/signaux-de-lae-2020/articles/la-pollution-sonore-est-encore>
20. World Health Organization : WHO. (2024, 2 février). Surdité et déficience auditive. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
21. DRESS. 2010. Sandrine Danet (dir.), Brigitte Haury, Gérard Badeyan et al. L' tat de santé de la population en France - Rapport 2009-2010
22. DRESS. 2014. Laurence HAEUSLER, Thibaud DE LAVAL, Charlotte MILLOT.  tude quantitative sur le handicap auditif à partir de l'enqu te « Handicap-Santé ».
23. World Health Organization. Mariola Śliwińska-Kowalska, Kamil Zaborowski. 2017. Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Permanent Hearing Loss and Tinnitus
24. World Health Organization. Nieuwenhuijsen et al. 2017. Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Adverse Birth outcomes
25. World Health Organization. Van Kempen et al., 2018. Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects
26. WHO. Basner et al. 2014. Auditory and non-auditory effects of noise on health
27. WHO. Basner et McGuire. 2018. Environmental Noise Guidelines for the European Region : A systematic review on environmental noise and effects on sleep
28. WHO. Clark & Paunovic. 2018. Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health
29. Agglomération de Marne et Gondoire. 2020. Bruit et urbanisme. Guide de d clinaison du Plan de Pr vention du bruit dans l'environnement dans les PLU.
30. Document d'orientation et d'objectifs. Schéma de Cohérence territoriale de la région urbaine de Grenoble. 2012. Accessible : https://scot-region-grenoble.org/wp-content/uploads/2015/05/DOO_SCoT.pdf
31. Syndicat Mixte du SCoT de Lille Métropole. 2017. Document d'orientation et d'objectifs. Accessible : https://www.scot-lille-metropole.org/wp-content/uploads/sites/2/2021/05/3_DOO-10fev2017.pdf
32. L'Agence d'Urbanisme de la Région Grenobloise. 2019. Plan local d'urbanisme intercommunal Grenoble Alpes Métropole. Accessible : https://sitdl.lametro.fr/urba_posplu/PLUI_GAM/0_Procedure/Sommaire_General.pdf
33. Direction Urbanisme et Territoire Strasbourg Eurométropole. 2019. Plan Local D'Urbanisme.
34. Hélène, N. (2024, 18 mars). Zones à faibles émissions (ZFE). Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires. <https://www.ecologie.gouv.fr/zones-faibles-emissions-zfe>

35. Oppidea Europolia. Ecoquartier La Cartoucherie, Toulouse. <https://www.oppidea-europolia.fr/nos-operations/la-cartoucherie>
36. Dossier de Presse. Service de Presse Rennes, Ville et Métropole. 2020. Transports et mobilités : Nouveau Plan de déplacements urbains 2019-2030. https://www.presse.metropole.rennes.fr/upload/espace/1/pj/10559_7922_Dossier_de_presse_PDU_janvier_2020.pdf
37. Géorisques. Base de données Basol. <https://www.georisques.gouv.fr/donnees/bases-de-donnees/sites-et-sols-pollues-ou-potentiellement-pollues>
38. Santé Publique France. 2019. Sols : enjeu de santé. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/sols>
39. INRS. Champs électromagnétiques. Effets sur la santé – Risques. [https://www.inrs.fr/risques/champs-electromagnetiques/effets-sante.html#:~:text=Sur%20la%20base%20de%20plusieurs,homme%20%C2%BB%20\(groupe%20202B\).](https://www.inrs.fr/risques/champs-electromagnetiques/effets-sante.html#:~:text=Sur%20la%20base%20de%20plusieurs,homme%20%C2%BB%20(groupe%20202B).)
40. Académie nationale de médecine | Une institution dans son temps. Rapport 21-10. Pollution lumineuse et santé publique – <https://www.academie-medecine.fr/pollution-lumineuse-et-sante-publique/>

ANNEXES

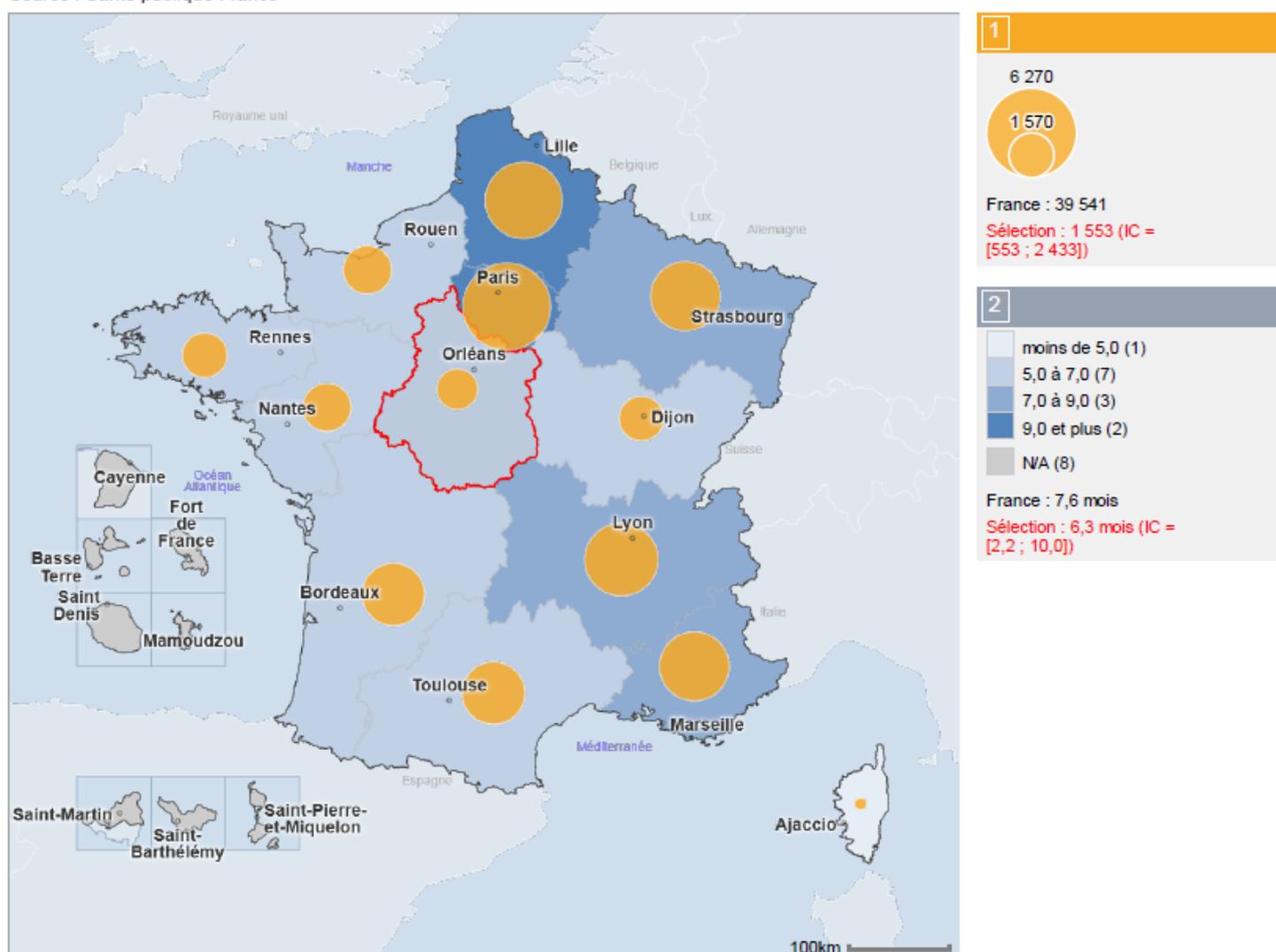
Annexe 1 : Cartographie de la France représentant les émissions de PM2,5 et le gain d'espérance de vie possible en région Centre-Val de Loire

1 Nombre annuel de décès évitables si les niveaux de PM2,5 étaient réduits jusqu'à la valeur guide de l'OMS (5 µg/m³), 2016-2019

Source : Santé publique France

2 Gain en espérance de vie si les niveaux de PM2,5 étaient réduits jusqu'à la valeur guide de l'OMS (5 µg/m³), (mois) 2016-2019

Source : Santé publique France



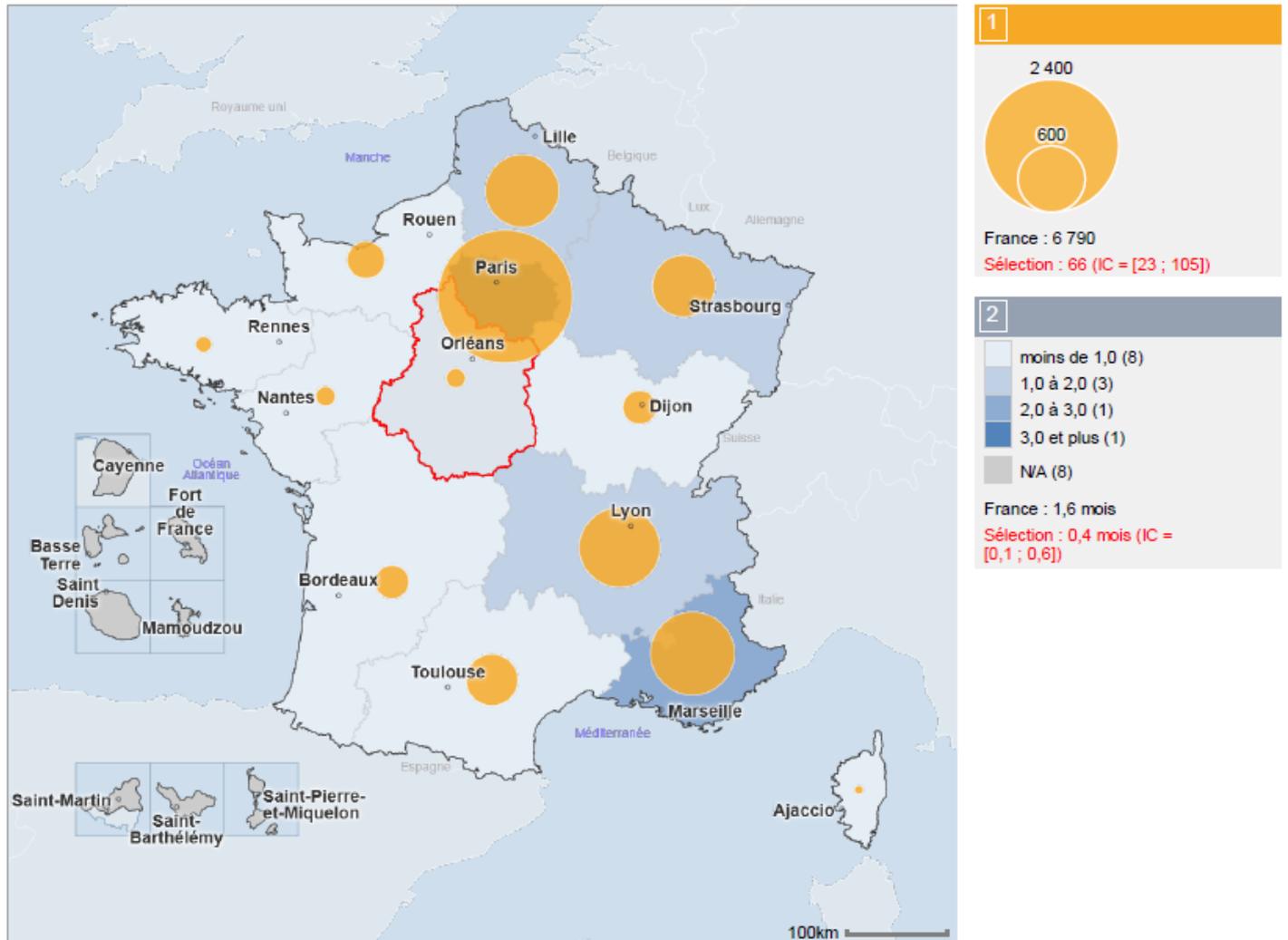
Annexe 2 : Cartographie de la France représentant les émissions de NO₂ et le gain d'espérance de vie possible en région Centre-Val de Loire

1 Nombre annuel de décès évitables si les niveaux de NO₂ étaient réduits jusqu'à la valeur guide de l'OMS (10 µg/m³), 2016-2019

Source : Santé publique France

2 Gain en espérance de vie si les niveaux de NO₂ étaient réduits jusqu'à la valeur guide de l'OMS (10 µg/m³), (mois) 2016-2019

Source : Santé publique France

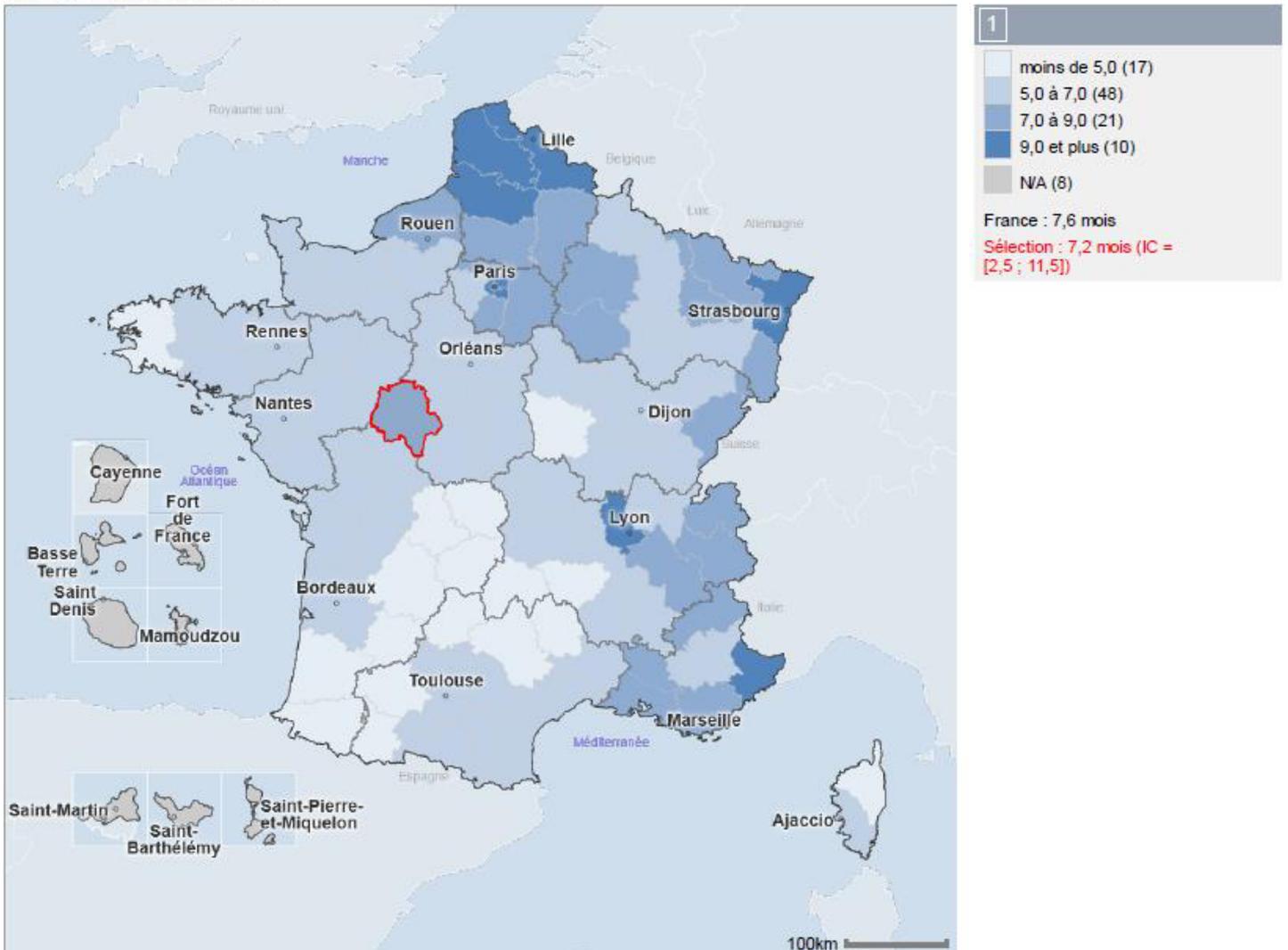


Santé publique France GÉODES / © 2020 – IGN-Admin Express – IGN-Insee

Annexe 3 : Cartographie de la France représentant le gain d'espérance de vie possible dans le département d'Indre-et-Loire en fonction de la baisse des émissions de PM2.5

1 Gain en espérance de vie si les niveaux de PM2,5 étaient réduits jusqu'à la valeur guide de l'OMS (5 µg/m3), (mois) 2016-2019

Source : Santé publique France

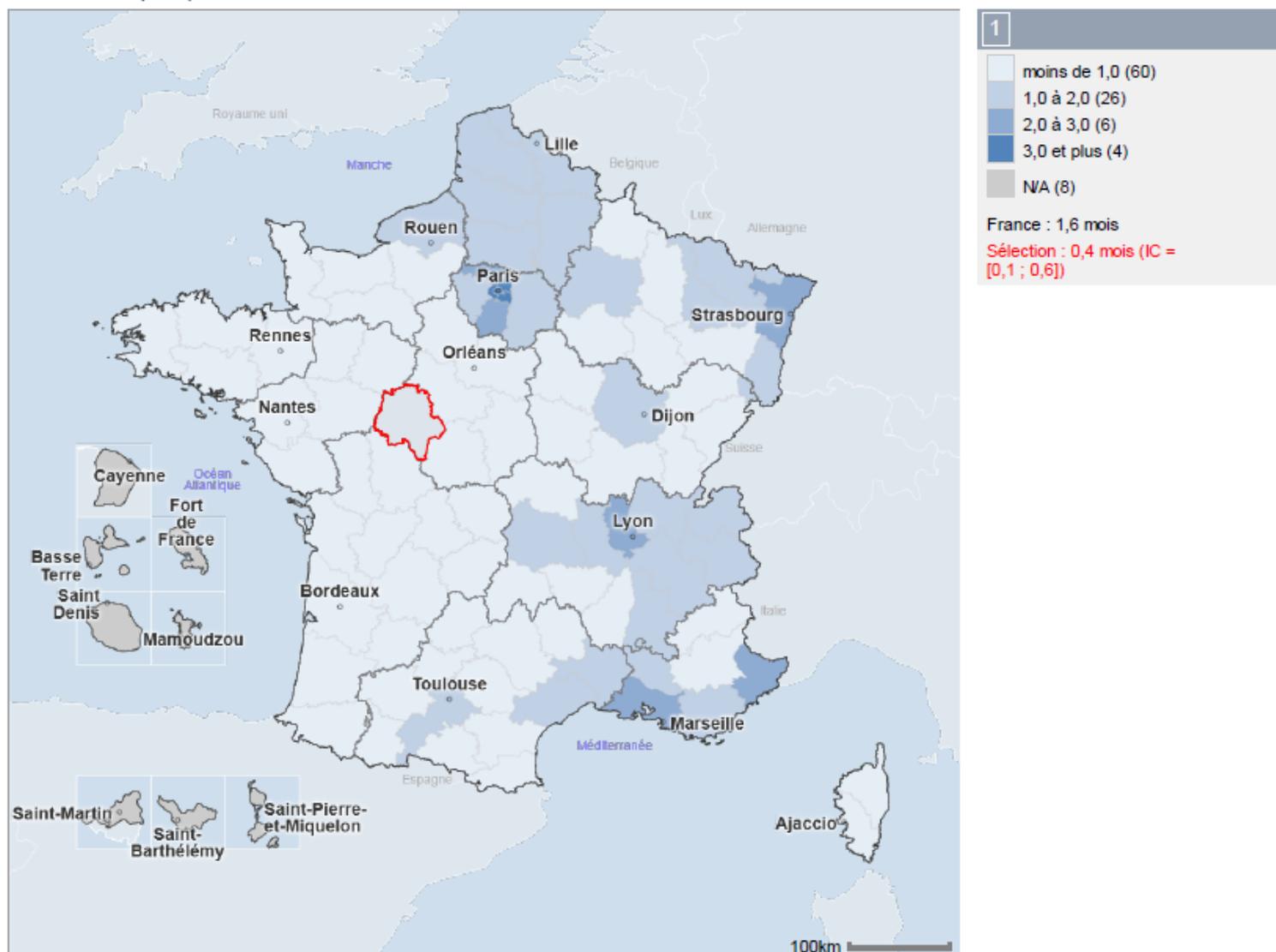


Santé publique France GÉODES / © 2020 – IGN-Admin Express – IGN-Insee

Annexe 4 : Cartographie de la France représentant le gain d'espérance de vie possible dans le département d'Indre-et-Loire en fonction de la baisse des émissions de NO2

1 Gain en espérance de vie si les niveaux de NO2 étaient réduits jusqu'à la valeur guide de l'OMS (10 µg/m3), (mois) 2016-2019

Source : Santé publique France



Santé publique France GÉODES / © 2020 – IGN-Admin Express – IGN-Insee