

SANTÉ
ENVIRONNEMENT

JANVIER 2025

ÉTUDES ET ENQUÊTES

ESTIMATION DE LA MORBIDITÉ
ATTRIBUABLE À L'EXPOSITION À LONG
TERME À LA POLLUTION DE L'AIR
AMBIANT ET DE SES IMPACTS
ÉCONOMIQUES EN FRANCE
HEXAGONALE, 2016-2019

Volume 2 : Évaluation des impacts économiques

Résumé

Estimation de la morbidité attribuable à l'exposition à long terme à la pollution de l'air ambiant et de ses impacts économiques en France hexagonale, 2016-2019

Volume 2 : Évaluation des impacts économiques

Si les niveaux moyens de particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à $2,5 \mu$ ($PM_{2,5}$) étaient réduits jusqu'au seuil anthropique de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en France hexagonale, les bénéfices annuels en termes de santé et de bien-être pour les maladies étudiées s'élèveraient à 12,88 milliards €_{2018} , dont 4,43 milliards €_{2018} pour la bronchopneumopathie chronique obstructive (34,4%), 4,27 milliards €_{2018} pour l'asthme chez l'enfant (33,2%), 430 millions €_{2018} pour le cancer du poumon (3,3%), 1,25 milliard €_{2018} pour l'accident vasculaire cérébral (9,7%), 679 millions €_{2018} pour l'hypertension artérielle (5,3%), 448 millions €_{2018} pour l'infarctus aigu du myocarde (3,5%) et 1,38 milliard €_{2018} pour le diabète de type 2 (10,7%). Le système de santé supporterait les coûts sanitaires (5,27 milliards €_{2018} , soit 40,9%), les autres payeurs les pertes de production (1,93 milliard €_{2018} , soit 15%), et la composante intangible représenterait le solde de 5,68 milliards €_{2018} (soit 44,1%) ; supportée par les patients et leurs familles.

Pour le dioxyde d'azote (NO_2), si les niveaux moyens étaient réduits jusqu'au seuil anthropique de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, les bénéfices annuels en termes de santé et de bien-être pour les maladies étudiées s'élèveraient à 3,79 milliards €_{2018} , dont 2,82 milliards €_{2018} pour l'asthme chez l'enfant (74,4%), 965 millions €_{2018} pour l'asthme chez l'adulte (25,5%) et 3,12 millions €_{2018} pour l'infection aiguë des voies respiratoires inférieures chez l'enfant (0,1%). Le système de santé supporterait les coûts sanitaires (1,18 milliard €_{2018} , soit 31%), les autres payeurs les pertes de production (1,21 milliard €_{2018} , soit 32%), et la composante intangible représenterait le solde de 1,40 milliard €_{2018} (soit 37,1%).

Abstract

Morbidity attributable to long-term exposure to ambient air pollution and its economic impacts in France, 2016-2019

Volume 2: Assessment of Economic Impacts

If the average levels of $PM_{2.5}$ were reduced to the anthropogenic threshold of $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in mainland France, the annual health and well-being benefits for the studied diseases would amount to €_{2018} 12.88 billion including €_{2018} 4.43 billion for chronic obstructive pulmonary disease (COPD) (34.4%), €_{2018} 4.27 billion for childhood asthma (33.2%), €_{2018} 430 million for lung cancer (3.3%), €_{2018} 1.25 billion for stroke (9.7%), €_{2018} 679 million (2018) for arterial hypertension (5.3%), €_{2018} 448 million for acute myocardial infarction (AMI) (3.5%), and €_{2018} 1.38 billion for type 2 diabetes (10.7%). The healthcare system would bear the healthcare costs (€_{2018} 5.27 billion, or 40.9%), while other payers would bear productivity losses (€_{2018} 1.93 billion, or 15%), and the intangible component would account for the remainder (€_{2018} 5.68 billion, or 44.1%), borne by patients and their families.

For nitrogen dioxide (NO_2), if average levels were reduced to the anthropogenic threshold of $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, the annual health and well-being benefits for the studied diseases would amount to €_{2018} 3.79 billion, including €_{2018} 2.82 billion for childhood asthma (74.4%), €_{2018} 965 million for adult asthma (25.5%), and €_{2018} 3.12 million for acute lower respiratory tract infections (ALRI) in children (0.1%). The healthcare system would bear the healthcare costs (€_{2018} 1.18 billion, or 31%), while other payers would bear productivity losses (€_{2018} 1.21 billion, or 32%), and the intangible component would account for the remainder (€_{2018} 1.40 billion, or 37.1%).

Citation suggérée : Sylvia Medina, Magali Corso, Olivier Chanel, Véréne Wagner, Perrine de Crouy-Chanel, Sabine Host et al. Estimation de la morbidité attribuable à l'exposition à long terme à la pollution de l'air ambiant et de ses impacts économiques en France hexagonale, 2016-2019. Volume 2 : Évaluation des impacts économiques. Santé publique France, 2025. 94 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air>.

ISSN : 2609-2174 / ISBN-NET 979-10-289-0960-4 / RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE / DÉPÔT LÉGAL : JANVIER 2025

Auteurs

Sylvia Medina¹, Magali Corso¹, Olivier Chanel², Véréne Wagner¹, Perrine de Crouy-Chanel¹, Sabine Host³, Khadim Ndiaye³, Augustin Colette⁴, Elsa Real⁴, Séverine Deguen⁵, Sylvie Cassadou⁶, Francis Chin¹, Marie-Christine Delmas¹, Sandrine Fosse¹, Clémence Grave¹, Valérie Olié¹, Patrice Poinat⁶, Valérie Pontiès¹, Nadine Allemand⁷, Myriam Blanchard¹

¹Santé publique France

²Aix-Marseille Univ, CNRS, AMSE (Aix-Marseille School of Economics), Marseille, France

³Observatoire régional de santé d'Île-de-France

⁴Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris)

⁵Inserm CIC1401 Université de Bordeaux

⁶Creai -Observatoire régional de santé Occitanie

⁷Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa)

Relecteurs

Pierpaolo Mudu WHO European Centre for Environment and Health, Bonn, Germany

Aymeric Ung Direction des maladies non transmissibles et traumatismes (DMNTT), Santé publique France

Remerciements

Nous tenons à remercier Michal Krzyzanowski (professeur invité à l'École de santé publique, Imperial College, Londres, Royaume-Uni), Francesco Forastiere (Conseil national de la recherche, Palerme, Italie et professeur invité à l'École de santé publique, Imperial College, Londres, Royaume-Uni), Pierpaolo Mudu et Dejan Loncar (Centre Environnement et Santé, OMS-EURO) pour leurs suggestions ; Heather Walton (School of Public Health, Imperial College, London) et Joe Spadaro (Environmental Research Scientist) pour leurs commentaires sur le chapitre EQIS et pour leurs contributions au chapitre économique.

Nous voudrions également remercier Mathilde Pascal (Santé publique France, Direction santé environnement travail) pour ses réflexions sur le protocole de cette étude ; Delphine Jezewski-Serra, Laurence Mandereau-Bruno et Édouard Chatignoux, (Santé publique France, Direction Appui, traitements et analyses de données), Amélie Gabet et Jonathan Roux (Santé publique France, Direction des maladies non transmissibles et traumatismes) et Robin Lagarrigue (Santé publique France, Direction santé environnement travail) pour leur contribution à la définition et à la construction des indicateurs de santé ; Sabrina Delaunay-Havard (Santé publique France, Direction santé environnement travail), Pauline Morel (Santé publique France, Direction santé environnement travail), ainsi que Yannick Béjot et Patrice Antoine (Registre dijonnais des accidents vasculaires cérébraux) pour leur contribution au chapitre économique. Nous remercions également Stéphanie Vandentorren (Santé publique France, Direction scientifique et international) pour ses commentaires sur le chapitre consacré aux inégalités sociales de santé, ainsi que Véronique Gheri (Airparif), Atmo Auvergne Rhône Alpes, Charles Schillinger (Atmo Grand Est), Wahida Kihal (CNRS), et Simon Leray (AirBreizh) pour leurs contributions à l'analyse au niveau de l'Iris.

Nous tenons enfin à remercier Guillaume Boulanger et Sébastien Denys (Santé publique France, Direction santé environnement travail), Aymeric Ung (Santé publique France, Direction des maladies non transmissibles et traumatismes), Mathieu Rouleau (Health Canada, Air Sectors Assessment and Exposure Science Division), Karla Cervantes-Martinez (Department of Environment, Climate Change and Health, WHO – HQ, Geneva, Switzerland), and Ingu Kim (Environment and Health Center, WHO-EURO, Bonn, Germany) pour leurs relectures attentives et suggestions.

Abréviations

AASQA	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
AEE	Agence européenne de l'environnement
AMSE	Aix-Marseille School of Economics
AMSTAR	A Measurement Tool to Assess Systematic Reviews
ALD	Affection de longue durée
ALRI	Pneumopathies et autres infections aiguës des voies respiratoires inférieures
AVC	Accident vasculaire cérébral
ATIH	Agence technique de l'information sur l'hospitalisation
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive
CAMS	Service européen Copernicus de surveillance de l'atmosphère
CépiDc	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès
Cerema	Centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CIM	Classification internationale des maladies
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
Citepa	Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
COG	Code officiel géographique
COMEAP	Committee on the Medical Effects of Air Pollutants
CREAI	Centre régional d'études, d'actions et d'informations en faveur des personnes en situation de vulnérabilité.
DCIR	Datamart de consommation inter régimes de l'Assurance maladie
Drees	Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques
EMAPEC	Estimating the Morbidity from Air Pollution and its Economic Costs
EQIS	Évaluation quantitative d'impact sur la santé
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
EPT	Établissement public territorial
EU-SILC	European Union – Statistics on Income and Living Conditions
FCR	Fonction concentration-risque
FDep	Indice français de désavantage social
F-EDI	French European Deprivation Index
HAS	Haute Autorité de santé
HRAPIE	Health risks of air pollution in Europe
HTA	Hypertension artérielle
IAM	Infarctus aigu du myocarde
IC 95%	Intervalle de confiance à 95 %
Ineris	Institut national de l'environnement industriel et des risques
INS	Inventaire d'émissions national spatialisé
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale
Iris	Ilots regroupés pour l'information statistique
ISS	Inégalités sociales de santé
IT	Interim Targets (cibles intermédiaires) des lignes directrices OMS sur la qualité de l'air
LCSQA	Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air
NO₂	Dioxyde d'azote

NO_x	Oxydes d'azote
OMS	Organisation mondiale de la santé
O₃	Ozone
ORS	Observatoire régional de la santé
PA	Pollution de l'air ambiant
PM₁₀	Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 µ
PM_{2,5}	Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 µ
P₅, P₂₅,...	Percentiles 5, 25, 50, 75, 95 de la distribution
PMSI	Programme de médicalisation des systèmes d'information
Psas	Programme de surveillance air et santé
RIM-P	Recueil d'information médicalisé pour la psychiatrie
RR	Risque relatif
SNDS	Système national des données de santé
Sniiram	Système national d'information interrégimes de l'Assurance maladie
µg/m³	Microgramme par mètre cube
US-EPA	Agence de protection de l'environnement des États-Unis
WHO	World Health Organization

Acronymes économiques

AVAQ	Année de vie ajustée sur la qualité
AVCI	Année de vie corrigée de l'incapacité
AVI	Année de vie avec incapacité
AVP	Année de vie perdue
CEPEM	Caractérisation des épisodes de pollution et évaluation des mesures mises en place
CAP	Consentement à payer
CI	Composante intangible
CS	Coûts sanitaires
EDC	Évaluation dynamique complète
GINA	Global Initiative for Asthma
IDH	Index de développement humain
IHME-GBD	Institute for Health Metrics and Evaluation – Global Burden of Disease
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
PIB	Produit intérieur brut
PP	Pertes de production
PPA	Parité de pouvoir d'achat
VAV	Valeur d'une année de vie
VEVE	Valeur économique sur la vie entière

Sommaire

Résumé.....	2
Abstract.....	2
Relecteurs.....	3
Remerciements.....	3
Abréviations.....	4
Acronymes économiques.....	5
1. INTRODUCTION.....	8
2. DÉMARCHE DE L'EQIS-PA.....	9
3. ÉVALUATION ÉCONOMIQUE.....	11
3.1. Composantes de l'évaluation économique.....	11
3.2. Approche méthodologique.....	12
3.3. Estimation des valeurs économiques sur la durée de vie (VEVE).....	14
3.3.1 Choix communs à toutes les maladies chroniques.....	14
3.3.2. Calcul des valeurs économiques sur la vie entière (VEVE).....	17
3.3.3. Prise en compte des incertitudes.....	19
3.4. Résultats économiques.....	19
3.4.1 Impacts à long terme des PM _{2,5} sur la survenue du cancer du poumon.....	19
3.4.2. Impacts à long terme des PM _{2,5} sur la survenue de la BPCO.....	22
3.4.3. Impacts à long terme des PM _{2,5} sur la survenue de l'asthme de l'enfant.....	24
3.4.4. Impacts à long terme des PM _{2,5} sur la survenue de l'AVC.....	26
3.4.5. Impacts à long terme des PM _{2,5} sur la survenue de l'infarctus aigu du myocarde.....	28
3.4.6. Impacts à long terme des PM _{2,5} sur la survenue de l'hypertension artérielle.....	30
3.4.7. Impacts à long terme des PM _{2,5} sur la survenue du diabète de type 2.....	32
3.4.8. Impacts à long terme du NO ₂ sur la survenue de l'asthme de l'enfant.....	34
3.4.9. Impacts à long terme du NO ₂ sur la survenue de l'ALRI.....	36
3.4.10. Impacts à long terme du NO ₂ sur la survenue de l'asthme de l'adulte.....	38
3.4.11. Impact total à long terme des PM _{2,5} , par scénario et par indicateur de santé.....	40
3.4.12. Impact total à long terme des NO ₂ , par scénario et par indicateur de santé.....	42
3.5. Évaluation dynamique complète intégrant les délais d'obtention et de mise en œuvre.....	44
CONCLUSIONS.....	46
Références bibliographiques.....	48
ANNEXES.....	51
Annexe 1. D'une VEVE théorique complexe à une VEVE simple et calculable.....	51
Annexe 2. Calculs de la VEVE par pathologie et par composante de coût.....	53
A2.1 Le cancer du poumon.....	53
A2.2 La BPCO.....	56
A2.3 L'asthme chez l'enfant et l'adulte.....	58
A2.4 L'ALRI.....	59
A2.5 L'accident vasculaire cérébral (AVC).....	60
A2.6 L'infarctus aigu du myocarde.....	64
A2.7 L'hypertension artérielle.....	66
A2.8 Le diabète de type 2.....	66

Annexe 3. Tableaux d'évaluation économique par classe de densité..... 74

A3.1 Impacts à long terme des PM _{2,5} et du cancer du poumon.....	74
A3.2 Impacts à long terme des PM _{2,5} et de la BPCO	76
A3.3 Impacts à long terme des PM _{2,5} et de l'asthme chez l'enfant.....	78
A3.4 Impacts à long terme des PM _{2,5} et de l'AVC	80
A3.5 Impacts à long terme des PM _{2,5} et IAM	82
A3.6 Impacts à long terme des PM _{2,5} et HTA.....	84
A3.7 Impacts à long terme des PM _{2,5} et diabète de type 2.....	86
A3.8 Impacts à long terme du NO ₂ et de l'asthme de l'enfant	88
A3.9 Impacts à long terme du NO ₂ et de l'ALRI	90
A3.10 Impacts à long terme du NO ₂ et de l'asthme de l'adulte	92

1. INTRODUCTION

Pour rappel, l'effet de l'exposition à long terme à la pollution de l'air ambiant (PA) sur la morbidité en France a été étudiée pour la période 2016-2019 par Santé publique France (Volume 1) dans le cadre d'une évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS). Parmi les fonctions concentration-réponse (FCR) recommandées par le projet EMAPEC, l'EQIS-PA morbidité en France a été réalisée pour l'exposition aux PM_{2,5} et le NO₂ et huit indicateurs de santé, à savoir :

- au niveau respiratoire : cancer du poumon, bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), asthme de l'enfant et de l'adulte et pneumopathies et autres infections aiguës des voies respiratoires inférieures (grippe exclue) (ALRI) ;
- au niveau cardiovasculaire : accident vasculaire cérébral (AVC), infarctus aigu du myocarde (IAM), hypertension artérielle (HTA) ;
- au niveau métabolique : diabète de type 2.

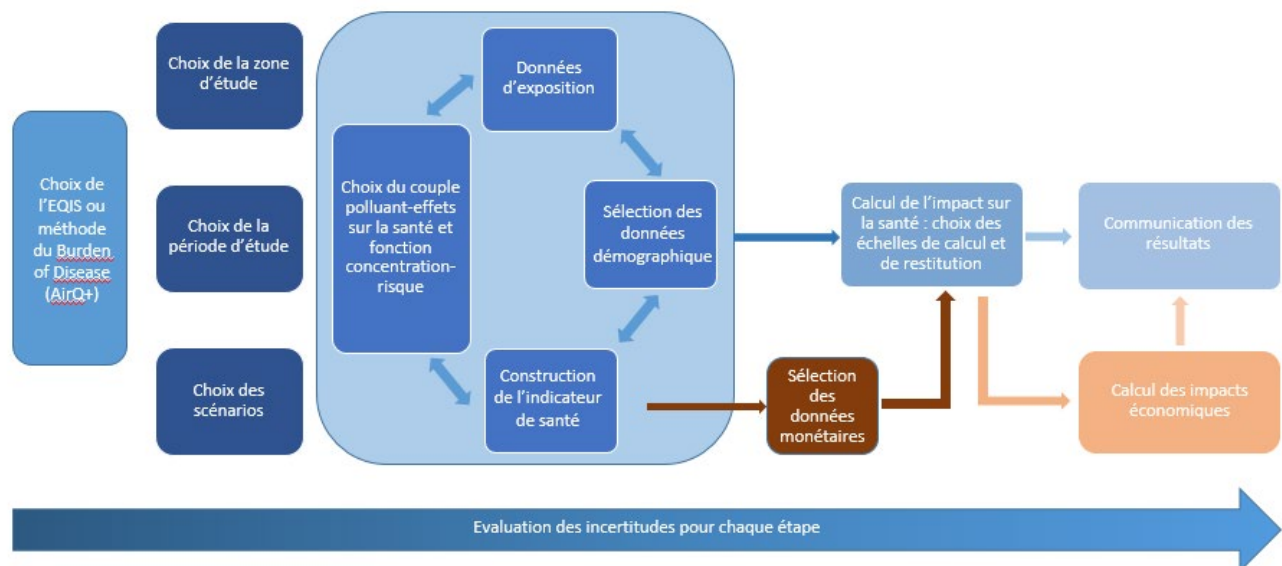
Trois scénarios ont été évalués. Le scénario « Poids total » fournit une estimation du fardeau ou poids que représente la pollution liée aux activités humaines en France. Le scénario « Valeur guide (VG) de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) » est proposé pour l'action publique, en considérant que le respect de la VG OMS définit les niveaux de qualité de l'air nécessaires pour réduire les risques pour la santé de la population. Enfin, le scénario « cible intermédiaire de l'OMS » sert à orienter les efforts de réduction en vue d'atteindre, à terme et dans les délais, les niveaux des valeurs guide.

Les résultats sanitaires sont présentés dans le volume 1. La valorisation économique de ces impacts est l'objet du présent volume.

2. DÉMARCHE DE L'EQIS-PA

La mise en œuvre pratique d'une EQIS comprend plusieurs étapes interdépendantes détaillées dans la Figure 1. À chaque étape, l'objectif est d'obtenir la meilleure adéquation possible entre les données utilisées pour l'EQIS (population étudiée, indicateurs environnementaux, indicateurs de santé) et celles utilisées dans les études épidémiologiques qui ont conduit à l'estimation des FCR utilisées. Le présent volume concerne la sélection des données monétaires, le calcul des retombées économiques et la communication des résultats.

Figure 1 – Étapes d'une évaluation quantitative d'impact sur la santé de la pollution atmosphérique (EQIS-PA) et d'une évaluation économique



Dans notre étude, l'approche dite contrefactuelle a été utilisée. Elle permet d'estimer l'impact sur la santé et l'impact économique attendu d'une baisse de la pollution de l'air (PA), toutes choses égales par ailleurs. Une approche intégrant la temporalité (délai entre la baisse d'exposition et ses conséquences) sera également prise en compte à titre d'illustration (cf. section 3.5).

Le principe du calcul de l'EQIS-PA est détaillé dans le guide EQIS-PA (Pascal *et al.* 2019). Pour rappel, la relation entre, d'une part, les particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 μ (PM_{2.5}) et le dioxyde d'azote (NO₂), et d'autre part, la morbidité étant basée sur une hypothèse d'absence de seuil (WHO 2013 ; Chen et Hoek 2020 ; Huangfu *et al.* 2020), toute baisse des concentrations se traduit par une diminution de la morbidité pour la population exposée.

Les résultats des EQIS-PA fournissent **des ordres de grandeur** en raison principalement des incertitudes liées à la construction des indicateurs de santé et de qualité de l'air ainsi qu'à celles entourant les FCR. Ces incertitudes ne remettent pas en cause le fait que la pollution de l'air a un effet avéré sur la santé, et que toute action améliorant la qualité de l'air se traduirait par des bénéfices pour la santé.

Si les polluants étudiés peuvent avoir une toxicité propre, **ils sont avant tout des indicateurs d'un mélange complexe dont les effets ne sont pas indépendants entre eux**. Ainsi, pour rappel, dans les EQIS-PA, lorsque l'impact de la pollution de l'air ambiant dans le développement d'une pathologie donnée peut être estimé grâce à l'existence de plusieurs FCR mettant en relation ladite pathologie avec différents polluants traceurs, les résultats de ces EQIS ne doivent jamais être additionnés. En effet, les analyses originales dans les revues systématiques ne le recommandent pas, les indicateurs de pollution choisis représentant tous le même mélange qu'est la pollution atmosphérique, et leurs effets estimés sur la santé pouvant se recouper. Par exemple,

pour l'asthme chez l'enfant, l'EQIS-PA a été réalisée pour les $PM_{2,5}$ et le NO_2 . Pour cet indicateur de santé, à ce jour, ni les revues systématiques analysées dans EMAPEC (Estimating the Morbidity from Air Pollution and its Economic Costs), ni les études les plus récentes portant sur la relation entre l'asthme chez les enfants et les deux polluants, ne fournissent de preuves permettant de formuler une recommandation claire en faveur d'une EQIS-PA de l'exposition conjointe. Dans ce cas, EMAPEC recommande d'éviter le cumul des impacts du mélange de polluants sur l'incidence de l'asthme et de considérer le plus grand des effets estimés des polluants individuels comme l'effet combiné. Dans notre cas il s'agit des $PM_{2,5}$ qui constituent l'indicateur d'exposition à la PA pour lequel les preuves scientifiques sont les plus solides. De plus, une diminution de l'ensemble des polluants constituant ce mélange est donc nécessaire pour obtenir des bénéfices pour la santé.

Dans l'interprétation des résultats de l'EQIS sur la morbidité, il faut prendre en compte que pour la plupart des maladies complexes, la morbidité se développe en raison de l'interaction de plusieurs facteurs de risque. Ce **modèle multi-causal** implique qu'il suffit d'éliminer ou de supprimer l'un des facteurs contribuant à la maladie pour la prévenir. Les EQIS sont généralement réalisées pour un facteur de risque à la fois, en ignorant les effets potentiels des interactions entre les facteurs contribuant à la maladie. Si l'on additionne les impacts calculés séparément pour chaque facteur de risque potentiel d'une maladie spécifique, le total peut dépasser 100 % (plus que le nombre total de cas) puisque les cas attribuables aux individus présentant plus d'un facteur contributif peuvent avoir été comptés plus d'une fois (Perez *et al.* 2013). Nous présentons nos résultats sur un seul facteur de risque, tous les autres facteurs de risque restant inchangés (approche contrefactuelle). D'autres approches sont possibles, elles sont présentées dans la section 3.5 de ce volume.

3. ÉVALUATION ÉCONOMIQUE

Nous cherchons à réaliser une évaluation économique des gains sanitaires en termes de morbidité à long terme, pour différents scénarios de réduction. Il convient de noter que ces évaluations doivent être considérées comme des ordres de grandeur fondés sur les valeurs monétaires que nous considérons comme raisonnables sur la base de la littérature et des données disponibles.

3.1. Composantes de l'évaluation économique

Comme l'ont noté Narain et Sall (2016), il n'existe pas de méthode standard pour évaluer la valeur économique associée à la morbidité. Nous suivons Hunt et Ferguson (2010), Hunt *et al.* (2016) ou Dajnak *et al.* (2022) en distinguant trois composantes liées au coût d'un cas évité pour un épisode morbide : les composantes directe, indirecte et intangible. Les deux premières représentent un coût tangible/marchand qui peut être mesuré en termes de richesse nationale, de produit intérieur brut (PIB) ou de coûts indirects ajustés.

Les coûts sanitaires directs (CS) comprennent les ressources médicales consommées : consultations, médicaments, hospitalisations et consultations externes, visites aux urgences et coûts de réadaptation. Les ressources non médicales représentent les coûts directs non médicaux liés à l'état de santé : coût de l'accompagnement social (comme les soins infirmiers et l'hébergement en institutions spécialisées), transport et modifications majeures du domicile.

Les coûts indirects comprennent les ressources perdues : perte de production par le patient (absence du travail, retraite anticipée ou décès prématuré), par les proches du patient (par exemple, un parent qui prend un congé), et le présentisme (baisse de la productivité au travail, accès à l'emploi plus difficile en raison d'un mauvais état de santé). Nous les désignons par **pertes de production (PP)**.

La dernière composante, **la composante intangible (CI) (ou sociale)**, mesure les coûts associés à la désutilité : chagrin, peur, douleur, tristesse, perte de bien-être et de qualité de vie. Ils s'appliquent au patient, mais aussi à ses amis et à sa famille (temps perdu par les proches lors des visites, déplacements, chagrin, peur...).

Ces trois composantes du coût sont supportées par trois entités économiques principales. L'entité patient/famille comprend les coûts médicaux directs non remboursés par le système de santé (c'est-à-dire les frais à la charge du patient), la perte de revenu réel liée à la maladie et non remboursée par les employeurs/les assurances sociales, ainsi que la composante intangible. L'entité système de santé couvre la plupart des coûts médicaux directs (par la redistribution de fonds précédemment collectés) ; et l'entité société comprend tous les coûts directs, indirects et intangibles. En France, comme dans la plupart des pays européens, le système de santé (État et assurances complémentaires) offre généralement une bonne couverture financière des coûts directs, les coûts indirects étant généralement supportés par d'autres payeurs (employeurs, assurance maladie ou patient), et la composante intangible étant supportée par les patients et leurs familles.

Cependant, les économistes ne sont pas encore parvenus à un consensus sur la meilleure façon de prendre en compte la composante intangible, ni même sur la question de savoir si elle doit être inclus ou non dans une évaluation économique, pour deux raisons principales.

Tout d'abord, comme la composante intangible ne repose pas sur des prix directement observés sur un marché, elle nécessite le recours à des méthodes qui se rapprochent des marchés réels, soit en dérivant les valeurs économiques indirectement de marchés existants (préférences révélées), soit directement de marchés hypothétiques (préférences déclarées). La première méthode implique des situations dans lesquelles les individus révèlent effectivement leurs

préférences en arbitrant entre le revenu et un risque physique de maladie. Elle fonctionne *a posteriori*, en utilisant les informations disponibles sur le marché du travail, le marché du logement (via l'exposition à la pollution de l'air), les biens de prévention (détecteurs de fumée, ceintures de sécurité et airbags). Les méthodes des prix hédoniques sont généralement utilisées comme cadre théorique et empirique sous-jacent.¹ La méthode des préférences déclarées utilise généralement des méthodes d'évaluation contingente (ou des expériences de choix discret) et fonctionne *ex ante*, en interrogeant les individus (plus ou moins) directement sur leur consentement à payer (CAP) pour une diminution de la probabilité d'avoir une maladie (ou des symptômes) dans des situations hypothétiques.

Ensuite, un problème de double comptage est parfois soulevé à l'encontre de l'inclusion de la composante intangible dans une évaluation économique, au motif que les personnes interrogées sur leurs préférences peuvent inclure une part des CS ou PP dans leur CAP. Dans les systèmes de santé occidentaux, en raison de la couverture élevée des frais médicaux par les assurances obligatoire et complémentaire, et du fait que les salariés disposent généralement d'une assurance couvrant les arrêts de travail, ce phénomène est peu probable. Cela est confirmé par les conclusions de Soguel et Gruithensen (2003) dans une étude suisse, la seule étude sur les préférences déclarées dont nous ayons connaissance qui décompose le CAP pour réduire le risque de morbidité en pertes médicales, intangibles et de production. Ils constatent que la part du CAP associée aux coûts médicaux est insignifiante, ce qui s'explique par la bonne qualité du système de sécurité sociale suisse, comparable à celui de la France. Par ailleurs, si une partie du CAP est bien liée au risque de perdre son emploi, ils ne peuvent déterminer s'il s'agit de pertes financières ou plutôt d'une composante immatérielle (perte de statut social, chômage ou impossibilité de s'épanouir dans son emploi). Ces auteurs concluent que l'addition des trois composantes présente un risque minime de double comptage ou de sous-estimation.

Dans l'ensemble, nous adopterons une perspective sociétale et estimerons les trois composantes du coût de la morbidité, tout en les présentant séparément par souci de transparence.

3.2. Approche méthodologique

Puisque les résultats épidémiologiques fournissent des cas incidents de maladies chroniques, nous devons estimer la valeur économique sur la vie entière (VEVE) qui leur est associée. Cela nécessite, pour chaque maladie, une collecte de données et des études spécifiques qui sont incompatibles avec les contraintes de temps et de budget du projet EMAPEC. Nous devons alors sélectionner les résultats obtenus à partir des données et des évaluations économiques existantes et les rendre aussi compatibles que possible avec la situation française. Nous détaillons dans l'Annexe 1 comment nous partons de l'expression théorique complexe d'une VEVE, et grâce à des hypothèses simplificatrices mais raisonnables, parvenons à des expressions simples permettant de calculer des VEVE pertinentes pour la France pour les huit maladies considérées.²

Pour les maladies affectant significativement la survie et dont les composantes du coût varient avec le temps écoulé depuis l'apparition, l'équation suivante est une approximation acceptable de la VEVE théorique complète pour une classe d'âge donnée (ou pour l'ensemble des classes d'âge) :

$$VEVE = \sum_{n=0}^{120} P_n (CS_n + PP_n + CI_n) \quad (EQ1)$$

¹ Ces méthodes, qui considèrent que le prix d'un bien ou d'un service dépend des quantités de chacune de ses caractéristiques, permettent d'associer une évaluation monétaire à chacune des caractéristiques.

² Le projet européen BEST-Cost (*Burden of disease based methods for estimating the socio-economic cost of environmental stressors*, <https://best-cost.eu/>), prévu sur la période 2023-27, vise à définir une méthodologie d'estimation des coûts sanitaires associés à deux facteurs environnementaux (la pollution de l'air et le bruit lié aux transports). Il réunit une quinzaine de partenaires européens (dont Santé publique France). Ses résultats (non diffusés à la date de rédaction de ce rapport) s'avèreront très pertinents, permettant des comparaisons avec l'approche adoptée ici pour l'évaluation.

où n est un indice temporel, 120 la limite supérieure pour l'âge, P_n la probabilité moyenne d'être en vie au début de la $n^{\text{ième}}$ année après l'apparition de la maladie, et CS_n , PP_n et CI_n les trois composantes du coût moyen au cours de l'année n après l'apparition de la maladie.

Pour les maladies qui n'affectent pas significativement la survie et dont les composantes de coût ne varient pas en fonction du temps écoulé depuis l'apparition de la maladie, l'équation suivante est une approximation acceptable de la formulation théorique complète :

$$VEVE = D(\overline{CS} + \overline{PP} + \overline{CI}) \quad (\text{EQ2})$$

où D est la durée moyenne de la maladie, et \overline{CS} , \overline{PP} et \overline{CI} les valeurs annuelles moyennes des trois composantes du coût, c'est-à-dire le coût prévalent moyen.

Dans l'équation (EQ2), chacune des trois composantes est calculée sur la base des coûts moyens pour l'ensemble des patients (prévalence) et représente correctement la distribution réelle sous-jacente des patients, tant en termes d'années après l'apparition de la maladie qu'en termes de gravité de la maladie.

Les études économiques évaluant une VEVE spécifique à une maladie sont relativement peu nombreuses dans la littérature, utilisent leurs propres hypothèses (sur les taux d'actualisation, la perspective d'évaluation ou l'étendue des CS évalués) et ne prennent qu'exceptionnellement en compte la composante intangible. Par conséquent, notre évaluation de la VEVE se fondera principalement sur les VEVE existantes, ainsi que sur celles calculées grâce aux équations (EQ1-EQ2) et aux données existantes, françaises dans la mesure du possible.

Les données sur P_n et D sont fondées sur des données médicales et épidémiologiques.

Les CS sont obtenus à partir de la revue de la littérature en cohérence avec le système de santé français et un niveau de revenu comparable (pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques, OCDE). Les VEVE peuvent être utilisées directement si elles existent et sont suffisamment fiables, ou peuvent être construites à partir des (EQ1-EQ2).

Les PP peuvent être dérivées de la revue de la littérature, ou construits à partir du nombre moyen de jours d'activité perdus par patient et par an (ou de la diminution du salaire moyen), de la durée attendue dans la classe d'âge active et du salaire moyen spécifique au pays.

La CI n'est qu'exceptionnellement prise en compte dans les études calculant la VEVE. Elle peut être fondée directement sur les préférences déclarées par le biais du CAP afin d'éviter une hospitalisation ou une maladie (chronique ou aiguë), comme dans Dajnak *et al.* (2022), Moreno *et al.* (2022) ou Hunt *et al.* (2016). Nous choisissons de les calculer en combinant les années de vie corrigées de l'incapacité (AVCI) et la valeur monétaire d'une AVCI, mais nous comparerons nos évaluations de la composante intangible à celles dérivées des enquêtes sur les préférences déclarées lorsque cela sera possible (voir l'Annexe 2). Toutefois, les AVCI sont, par construction, composées d'une perte de durée de vie (mesurée par les années de vie perdues (AVP)) et d'une perte de qualité de vie (mesurée par les années de vie avec incapacité (AVI)). EMAPEC mesure l'impact de la pollution atmosphérique sur la morbidité à long terme et, pour éviter les problèmes de double comptage avec l'évaluation de la mortalité, **la CI sera fondée uniquement sur les ACI.**

Les AVCI sont ensuite estimées sur la base de la durée attendue (nombre d'années avec la maladie chronique) et des poids d'invalidité par affection obtenus auprès de l'Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) - Global Burden of Disease (GBD) (Global Burden of Disease Collaborative Network 2020), pondérés par la distribution de la sévérité dans la population si les poids diffèrent selon la sévérité. Il existe dans certains pays une valeur économique officielle pour une année de vie ajustée sur la qualité (AVAQ)/AVCI. En l'absence d'une telle valeur économique officielle, une évaluation économique peut être dérivée en suivant les études qui suggèrent d'estimer une AVCI sur la base du produit intérieur brut (PIB) par habitant et d'un facteur

multiplicatif qui dépend du niveau de développement du pays. Selon Daroudi *et al.* (2021), en moyenne, le coût par AVCI évitée était de 0,34 fois le PIB par habitant dans les pays à faible indice de développement humain (IDH), de 0,67 dans les pays à IDH moyen, de 1,22 dans les pays à IDH élevé et de 1,46 dans les pays à IDH très élevé. Enfin, il est possible d'utiliser la valeur d'une année de vie (VAV), comme le proposent Cropper et Khanna (2014).

3.3. Estimation des valeurs économiques sur la durée de vie (VEVE)

Les valeurs économiques sont exprimées en euros 2018 (€₂₀₁₈), grâce à une procédure en deux étapes. Tout d'abord, chaque valeur monétaire est exprimée en niveau de prix national 2018 sur la base du déflateur de l'inflation du PIB, tel que fourni par la base de données de la Banque mondiale. Ensuite, elle est convertie en euros en utilisant le taux de change moyen de juillet 2018.

3.3.1 Choix communs à toutes les maladies chroniques

Taux d'actualisation δ et taux de croissance des composantes du coût

Le taux d'actualisation annuel δ utilisé dans les politiques publiques françaises est actuellement de 2,5% par an (Quinet 2013), et se situe généralement autour de 3% dans les recommandations officielles - aux États-Unis (US-EPA 2021), en Norvège et aux Pays-Bas, ou 3,5% au Royaume-Uni (OCDE 2018) - ainsi que dans les études récentes calculant le coût des maladies sur la vie entière (Belova *et al.* 2020 ; Ghatnekar *et al.* 2014 ; Peterson *et al.* 2017 ; Zhao *et al.* 2024).

Concernant les taux annuels de croissance des composantes du coût (cf. Annexe 1), celui des dépenses de santé (α) est d'environ 3,7% dans les 26 pays de l'union européenne (UE) et de 3,4% dans les pays de l'OCDE (World Bank 2023), et s'applique à tout patient en moyenne.

En ce qui concerne le taux de croissance du salaire (β), nous nous intéressons à l'évolution annuelle du salaire pour un individu/patient donné, qui se compose d'une évolution moyenne globale du salaire, et d'une évolution individuelle spécifique du salaire, avec l'âge (augmentation de l'expérience et de l'ancienneté). En France, Pora et Wilner (2016) montrent qu'en moyenne, de 1988 à 2012, le revenu salarial d'un individu à 54 ans est 4,5 fois plus élevé qu'à 20 ans (en euros courants), en contrôlant les effets générationnels, soit une évolution annuelle composée de 4,54%. Flamand *et al.* (2018), étudiant les individus nés entre 1935 et 1974, constatent que, quelle que soit la cohorte, un salarié à temps plein peut espérer multiplier son salaire par 1,7 en moyenne au cours de ses quarante années de vie active, en euros constants (soit une évolution annuelle composée de 1,32%).

Concernant le taux d'évolution de la composante intangible dans le temps (γ), il repose soit sur la valeur officielle d'une AVCI/AVAQ, soit sur des méthodes d'arbitrage entre le revenu et le risque physique de maladie, que ce soit par observation indirecte (préférences révélées) ou par élicitation hypothétique directe (préférences déclarées). Par conséquent, ce taux est lié, d'une manière ou d'une autre, à l'augmentation du revenu ou du PIB.

Dans l'ensemble, il semble raisonnable de supposer que, en France et sur la période considérée, α , β , γ et δ sont d'une ampleur comparable (environ 2,5% par an). Par conséquent, **l'actualisation ne sera pas appliquée dans les évaluations économiques**, qui seront fondées sur les équations (EQ1) ou (EQ2) plutôt que sur les équations (A3a-A3b).³ Il convient de noter que l'analyse

³ Nous sommes conscients qu'il ne s'agit pas d'une pratique courante dans l'évaluation des VEVE, pour lesquels l'actualisation est presque toujours utilisée pour les flux futurs (à l'exception de Kolominsky-Rabas *et al.* 2006) et aucune augmentation des composantes du coût n'est prise en compte. Notre cadre méthodologique (Annexe 1) et notre évaluation des taux de croissance respectifs nous amènent à penser qu'une perspective globale des coûts conduisant à la compensation des composantes d'actualisation et de croissance est un choix plus pertinent et plus judicieux. Ce choix s'inscrit dans l'esprit de celui de Dajnak *et al.* (2022). Partant du taux officiel annuel de préférence sociale pour le présent au Royaume-Uni de 3,5%, ils suppriment la composante richesse pour ne valoriser que la composante préférence temporelle, conformément aux orientations du HMT (2020). Cela donne 1,5% par an pour les 30 premières

dynamique complète (cf. l'analyse de sensibilité à la section 3.5) tient compte du délai d'apparition de la maladie ainsi que du délai politique/technique de mise en œuvre de la réduction.

Salaire moyen

Le salaire annuel moyen en France, constitué de la somme de tous les salaires nets perçus par un individu, était de 28 540 € en 2018 (Insee 2021).

Valeur d'une AVCI

La France ne possède pas de valeur officielle pour l'AVCI, mais la fourchette de valeurs la plus courante utilisée pour l'AVAQ dans les études internationales est de 30 000 – 50 000 €₂₀₁₈ (Haute Autorité de santé 2014). Une revue systématique de 29 études internationales et 511 observations conduit par exemple à une moyenne empirique de 44 726 €₂₀₁₈ (Kouakou et Poder 2022). Récemment, le Conseil d'analyse économique, organisme autonome qui informe le Premier ministre français, a suggéré d'évaluer chaque AVCI sur la base de la VAV officielle française en analyse principale, avec une analyse de sensibilité utilisant la moitié de cette valeur (Dervaux *et al.* 2022).

La valeur officielle de la VAV préconisée dans Quinet (2013) est 115 000 €₂₀₁₀, soit 122 820 €₂₀₁₈. Elle est dérivée de la valeur officielle d'une vie statistique supposée composée d'un flux de VAV constantes actualisées (à 2,5% par an) sur l'espérance de vie. Téhard *et al.* (2020) appliquent cette dérivation aux distributions françaises d'âge et de qualité de vie et proposent une valeur plus élevée pour l'AVAQ (environ 145 000 €₂₀₁₈ selon les scénarios). Cependant, il semble plus raisonnable de fixer la valeur monétaire d'une AVCI à 45 000 €₂₀₁₈ pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, l'US-EPA (2010) ou Dervaux *et al.* (2022) mettent en garde contre l'utilisation d'une VAV pour valoriser un AVAQ/AVCI. En effet, la revue empirique de Ryen et Svensson (2015) constate que la VAV estimée directement à partir d'une valeur d'une vie statistique est 2,5 à 5 fois plus élevée que celle obtenue lorsqu'une AVCI ou AVAQ est estimée directement à partir des méthodes de préférences déclarées, écart pour lequel Herrera-Araujo *et al.* (2020) proposent une justification théorique.

Deuxièmement, cette valeur est cohérente avec la valeur fixée par le *National Institute for Health and Care Excellence* (NICE) britannique (20 000 £ et 30 000 £, soit 22 800 - 34 200 €₂₀₁₈) et avec les pratiques courantes en économie de la santé : 50 000 \$ aux États-Unis, soit 42 500 €₂₀₁₈ (Dervaux *et al.* 2022) ou 30 186 - 44 726 €₂₀₁₈ proposés au Québec sur la base de deux enquêtes de préférences déclarées (Kouakou, He, et Poder 2023).

Troisièmement, cette valeur est conforme aux AVCI dérivées du PIB français par habitant (35 199 €₂₀₁₈) et tenant compte du niveau de développement de la France : 35 199 €₂₀₁₈ x 1,46=51 390 €₂₀₁₈.

Quatrièmement, il faut garder à l'esprit que nous ne prenons en compte que la composante incapacité des AVI. Ainsi, bien qu'une VAV puisse être un choix cohérent pour valoriser l'ensemble des AVCI, nous pouvons imaginer que la valorisation économique de la durée de vie et de la qualité de vie diffèrent, ce qui plaide pour l'utilisation d'une valeur plus faible pour l'AVI que pour l'AVP.

Enfin, notons que la somme de 45 000 €₂₀₁₈ est compatible avec la VAV de 46 494 €₂₀₁₈ (41 000 €₂₀₀₆) estimée à partir de l'étude de préférences déclarées de 9 pays (dont la France) dans le contexte spécifique de la pollution de l'air (Desaigues *et al.* 2011).

années, 1,29% pour les 30 années suivantes et 1,07% par la suite. Une analyse de sensibilité utilisant différents taux de croissance permettrait de saisir l'ampleur de la différence entre les deux approches. À première vue, cette différence devrait être faible pour les maladies dont les coûts annuels moyens de santé diminuent avec le temps écoulé depuis l'apparition de la maladie et dont la durée est relativement courte (IAM, cancer du poumon, AVC), mais plus importante pour les autres maladies (diabète de type 2, asthme).

Durée D

Les probabilités de survie après l'apparition de la maladie sont calculées grâce au suivi de cohortes de patients et les résultats peuvent être trouvés dans la littérature. Dans les calculs de la VEVE, les taux de survie observés, y compris la mortalité due à d'autres causes de décès que la maladie en question, sont plus pertinents que les taux de survie relatifs. Birchby *et al.* (2023) estime les durées pour 5 des 8 maladies considérées, sur la base du tableau britannique et du modèle DISMOD II (Barendregt *et al.* 2003). Ce modèle calcule la durée *D* en tenant compte du fait que l'incidence, la prévalence, la rémission, les taux de létalité et de mortalité de la maladie ne sont pas indépendants.

Pour le cancer du poumon, sur la base de Delafosse *et al.* (2020) et des durées de survie nette des personnes diagnostiquées entre 2010 et 2015 prédites par le modèle et estimées par l'estimateur Pohar-Perme, nous calculons que les probabilités de survie à un, deux, trois, quatre et cinq ans sont respectivement de 48%, 32%, 25%, 22% et 20%. Après cinq ans, et sur la base des personnes âgées de 70 ans ou plus diagnostiquées entre 1989 et 2000, nous calculons des durées de survie nette à six ans de 14%, et à sept ans de 13%. La durée moyenne de survie calculée sur cette base est d'environ 2,2 ans. Notons que la survie dépend de l'âge (Delafosse *et al.* 2020 ; Giroux Leprieur, Vergnenègre et Trédaniel 2020). Birchby *et al.* (2023) utilisent de 1,8 an pour le cancer du poumon tous âges confondus.

Pour la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), nous nous fondons sur quatre sources concordantes. Pour la France, Kopp *et al.* (2014), citant trois études (Anto *et al.* 2001 ; Chapman *et al.* 2006 ; Dal Negro *et al.* 2007), retiennent la valeur de douze ans. Larandeu *et al.* (2015), calculent que l'âge moyen de début d'exonération en France est de 64,4 ans, et l'âge moyen de décès 76 ans, soit une durée de 11,6 ans. James *et al.* (2014), au Royaume-Uni, établissent en 2009 l'âge moyen de diagnostic à 66,7 ans (cohérent avec un âge moyen en Écosse de 67 ans, trouvé par Hunter *et al.* 2016), et l'âge moyen de décès à 78,8 ans, soit une durée de 12,1 ans.

Pour l'asthme, Nordon *et al.* (2018) trouvent une durée moyenne de la maladie de 33,6 ans dans une étude de cohorte française d'asthmatiques sévères âgés de 18 à 80 ans, avec un âge moyen de 56,6 ans. Raheison-Semjen *et al.* (2018), dans une enquête auprès de 993 adultes asthmatiques français, d'âge moyen 48,2 ans, rapporte un âge médian au diagnostic de 19,2 ans. Birchby *et al.* (2023) obtiennent une durée de 23,6 ans pour l'asthme chez les adultes, de 36,2 ans pour l'asthme chez les enfants.

Pour les pneumopathies et autres infections aiguës des voies respiratoires inférieures (ALRI), qui seront valorisées par épisode et non par vie entière, nous nous fondons sur Moore *et al.* (2008) qui, sur 809 patients (âgés de 3 ans et plus) consultant pour un ALRI chez 36 médecins généralistes anglais, obtiennent une durée moyenne de la toux de dix jours chez les enfants et une durée médiane des troubles du sommeil et de la restriction des activités dans l'échantillon de sept jours.

Pour l'accident vasculaire cérébral (AVC), nous nous appuyons sur Romain *et al.* (2020) qui ont suivi, de 1987 à 2016, 5 259 patients ayant subi un premier AVC dans une ville française (Dijon, 156 000 habitants) et ont calculé la survie à long terme, qui dépend de l'âge. L'âge moyen à l'inclusion est de 74,9 ans, 20,6% des patients ont moins de 65 ans, la répartition du type d'AVC est de 85% pour l'ischémique, 12,5% pour l'hémorragique et 2,5% de type inconnu. Sur la base des taux de survie annuels observés pour les AVC ischémiques au cours des dix années suivant leur apparition, de leur extrapolation jusqu'à la valeur 0, et en supposant que le décès survient au milieu de chaque année, nous calculons une durée moyenne de 7,03 ans. Ce résultat est cohérent avec celui de Kolominsky-Rabas *et al.* (2006), qui calculent les probabilités de survie des patients allemands ayant subi un premier AVC ischémique jusqu'à dix ans, les prédisent jusqu'à trente ans et trouvent une durée de 7,3 ans. Birchby *et al.* (2023) utilisent pour leur part 14,8 ans pour les AVC tous âges confondus.

Pour l'infarctus aigu du myocarde (IAM), Kopp *et al.* (2014) mentionnent que les personnes survivant à un infarctus pouvaient vivre en moyenne treize ans, avec une perte d'espérance de vie de trois ans environ. À partir des données de l'Assurance maladie (2024), nous calculons que l'âge moyen des 100 060 infarctus survenus en 2018 est de 69,2 ans, et dans la mesure où l'espérance de vie à la naissance pondérée par la répartition par sexe des IAM est de 81,3 ans, il en résulte une durée moyenne de 12,1 ans. En tenant compte que 11% des personnes victimes d'un infarctus décèdent avant un an (d'après Vidal, 2024), la durée moyenne est de 10,7 ans. Birchby *et al.* (2023) utilisent 10,5 ans pour l'infarctus du myocarde (dont un an pour la phase aiguë) tous âges confondus.

Pour l'hypertension artérielle (HTA), nous exploitons les données de l'Assurance maladie (2024) des remboursements de soins pour hypertension par classes d'âge de 5 ans. Nous calculons ainsi l'âge moyen pondéré par sexe pour 2018, en prenant le milieu de chaque classe d'âge, et obtenons 67,3 ans. Sur la base de l'espérance de vie moyenne pondérée par la répartition par sexe de l'HTA (soit 82,9 ans), cela conduit à une durée de 15,6 ans.

Pour le diabète de type 2, le calcul à partir des données de l'Assurance maladie (2024) conduit à un âge moyen pondéré par sexe de 67,3 ans, et à une espérance de vie moyenne pondérée par la répartition par sexe de 82,5 ans, soit une durée de 12,5 ans. L'Inserm (2019) indique un âge de diagnostic moyen de 65 ans. La réduction de l'espérance de vie est établie entre 4,5 ans (femmes) et 5 ans (hommes) selon Stedman *et al.* 2022), entre 4 et 10 ans selon Chan *et al.* (2020), et à 6 ans chez un homme de 50 ans (Emerging Risk Factors Collaboration, 2011). Birchby *et al.* (2023) utilisent pour leur part 9,1 ans pour le diabète de type 2 tous âges confondus.

Pour chaque maladie, les durées observées ou calculées pour la France sont concordantes avec celles issues de la littérature, sauf pour l'AVC pour lequel Birchby *et al.* (2023) obtiennent une durée double, confirmant la recommandation de Scarborough *et al.* (2016) d'utiliser le modèle DISMOD II avec prudence. En conséquence, lorsque la durée sera nécessaire dans les calculs économiques, **nous choisirons 2,2 ans pour le cancer du poumon, 12 ans pour la BPCO, 23,6 ans pour l'asthme chez l'adulte, 36,2 ans pour l'asthme chez l'enfant, 1 semaine (soit 0,019 an) pour l'ALRI, 7 ans pour l'AVC, 10 ans pour l'IAM (1 an pour la phase aiguë, et 9 ans pour la phase chronique), 15 ans pour l'HTA et 12 ans pour le diabète de type 2.**

3.3.2. Calcul des valeurs économiques sur la vie entière (VEVE)

Le choix des valeurs économiques françaises repose sur l'analyse des études nationales, internationales et des données de l'Assurance maladie (2024) (voir les détails par maladie dans l'Annexe 2). Il convient toutefois de noter trois points.

D'abord, les comparaisons (internationales) sont délicates, non seulement en raison des différences entre les méthodologies sous-jacentes, mais aussi parce que le niveau des dépenses de santé par habitant varie considérablement d'un pays à l'autre. Cela s'explique par des différences dans la vitesse de diffusion de nouveaux traitements et pratiques médicales coûteux, dans l'organisation et le financement du système de santé et dans l'index de développement humain (IDH). Selon l'OCDE (2021), la moyenne des dépenses de santé par habitant pour l'OCDE-38 est de 4 087 \$₂₀₁₉ en parité de pouvoir d'achat (PPA), avec de grandes variations : plus faible pour la Pologne (2 289 \$₂₀₁₉ PPA) ou le Portugal (3 347 \$₂₀₁₉ PPA), plus importante pour la France (5 274 \$₂₀₁₉ PPA) ou la Suède (5 552 \$₂₀₁₉ PPA), et maximale pour les États-Unis (10 948 \$ PPA) et la Suisse (7 138 \$ PPA). En conséquence, tout en privilégiant les études françaises dans la mesure du possible, lorsque des études internationales plus pertinentes/détaillées seront utilisées, nous corrigerons les différences de niveau de dépenses de santé par habitant entre les pays lorsqu'elles sont trop importantes.

Ensuite, les données issues de l'Assurance maladie ne représentent que la part remboursée dans le cadre du régime obligatoire. Elles ne comprennent ni la part dite opposable (différence entre le montant de la base de remboursement et le montant réellement remboursé) ni la part associée à la liberté tarifaire (dépassements d'honoraires ou tarifs libres sur certains produits), qui sont à la

charge des mutuelles et des patients. En moyenne, sur la base des données de la Drees (2024) pour 2016-2017 (et en enlevant les postes les moins sollicités dans notre analyse, i.e. les dépenses de dermatologie, d'optique et d'ophtalmologie, de soins ORL, de psychiatrie, de gynécologie et de sage-femme et de soins dentaires), nous établissons le reste à charge moyen à 12,7% des dépenses. Il comporte toutefois des variations importantes selon les postes : depuis 4,7% pour le transport et 5,5% pour l'hôpital, jusqu'à 25,7% pour les analyses et laboratoire et 37,1% pour la chirurgie. Le calcul pour chaque maladie et chaque poste de dépense du montant hors Assurance maladie obligatoire ne pouvant être effectué dans le cadre de ce travail, et puisqu'une approche sociétale et adoptée, il convient de garder en tête que les montants monétaires issus des données de l'Assurance maladie représente une sous-estimation du coût sociétal.

Enfin, de nombreuses maladies exposent à des complications, telles les maladies cardiovasculaires pour l'hypertension, l'AVC pour le diabète de type 2, ou les maladies cardiovasculaires et la pneumonie pour la BPCO. Nous les prenons généralement en compte à partir des sources de données exploitées, de trois façons :

- certaines études décomposent les coûts sanitaires par postes (comme Asthma+Lung, UK 2023),
- d'autres procèdent par comparaisons des CS entre un groupe de patients atteints de la maladie et un groupe non atteint (comme Park et Look 2019 ; pour le cancer du poumon, Laurendeau *et al.* 2015 ; pour la BPCO ou Charbonnel *et al.* 2017, 2018 ; pour le diabète de type 2),
- nous nous fondons sur l'ensemble des dépenses d'un patient atteint d'une affection (données issues d'Assurance maladie 2024).

La contrepartie est qu'un possible double comptage peut exister lorsque l'on somme les effets des maladies associés à un polluant donné, pour un scénario donné, dans la mesure où une (petite) partie du coût peut représenter à la fois un coût principal d'une maladie et un coût de complication d'une autre. Nous l'éviterons par exemple pour l'HTA, précurseur d'autres maladies cardio- et neurovasculaires, en restreignant les CS aux seuls coûts de traitement. Néanmoins, un éventuel double comptage ne devrait modifier ni les ordres de grandeur monétaires ni la hiérarchie des maladies obtenus.

Le Tableau 1 présente les VEVE utilisées dans cette évaluation économique pour les trois composantes de coût et pour les 8 maladies (cf. détails dans l'Annexe 2).

Tableau 1 - Valeur économique vie entière pour un cas incident (€₂₀₁₈)

	Coûts sanitaires (CS)	Pertes de production (PP)	Total des composantes marchandes	Composante intangible (CI)
Cancer du poumon (35+)	54 000	8 800	61 000	42 000 (0,924 AVCI)
BPCO (40+)	62 000	12 000	74 000	125 000 (2,771 AVCI)
Asthme (0-17)	35 000	32 000	67 000	41 000 (0,908 AVCI)
Asthme (18-39)	21 000	30 000	51 000	27 000 (0,592 AVCI)
ALRI (0-12) par épisode	260	120	380	60 (0,001 AVCI)
AVC (35+)	77 000	15 000	92 000	33 000 (0,728 AVCI)
IAM (30+)	23 000	2 000	25 000	30 000 (0,674 AVCI)
HTA (18+)	7 300	1 400	8 700	0 (0 AVCI)
Diabète type 2 (45+)	52 000	6 000	58 000	37 000 (0,812 AVCI)

NB : Les valeurs supérieures à 10 000 €₂₀₁₈ sont arrondies au plus proche millier, celles inférieures à 1 000 €₂₀₁₈ à la plus proche dizaine, et les autres à la plus proche centaine.

3.3.3. Prise en compte des incertitudes

L'évaluation économique des effets à long terme liés à la morbidité ajoute les incertitudes des disciplines en amont déjà discutées dans le volume 1, aux siennes. La quantification des incertitudes économiques s'avère légèrement différente de la méthode épidémiologique standard (IC95%), car elle intègre des choix de nature subjective, comme celui de la méthode d'évaluation, de la VEVE utilisée et des paramètres techniques (taux d'actualisation, taux de croissance des dépenses de santé...). Elle repose donc fréquemment sur l'utilisation des valeurs médiane et moyenne comme intervalle, sur une distribution de probabilité de type triangulaire ou construite sous l'hypothèse de normalité à partir d'un écart-type empirique, ou sur un facteur d'incertitude exprimé en pourcentage de la valeur centrale. CAFE (2005) ou Aphekom (2011) suggèrent **un facteur de l'ordre de +/- 33% autour de la valeur centrale, que nous appliquerons aux valeurs économiques unitaires**. En outre, la manière dont ces incertitudes provenant de différentes disciplines sont combinées relève également d'un choix méthodologique : soit une analyse globale spécifique mais complexe (Rabl *et al.* 2014), soit conjointement en incluant leurs sources respectives dans une approche de simulation de Monte Carlo, soit de façon indépendante. Nous retenons cette dernière, en prenant les estimations centrales ainsi que l'IC à 95% pour les effets sur la santé calculées dans le volume 1, et en leur appliquant les valeurs centrales de la VEVE pour chacune des trois composantes (CS, PP et CI) ainsi que leurs limites supérieures et inférieures.

3.4. Résultats économiques

Les résultats économiques sont calculés sur la base des conclusions de l'EQIS présentées dans le volume 1. Une approche dynamique complète, qui tient compte du délai d'obtention des effets sanitaires et des délais de mise en œuvre des politiques, sera présentée dans la section 3.5 à titre d'illustration.

Les valeurs économiques n'étant pas considérées comme dépendantes du niveau de défavorisation, les différences basées sur les analyses épidémiologiques de la défavorisation se traduisent directement par des changements proportionnels dans l'évaluation économique. Il convient de noter également que nous ne discutons que des résultats fondés sur les valeurs économiques centrales, bien que des estimations basses et hautes soient fournies, et que nous ne présentons que les résultats pour la France hexagonale. Enfin, à la fin de cette section, un tableau regroupant les résultats pour les huit maladies, par scénario, et pour la France hexagonale est présenté. Des tableaux individuels détaillés par catégorie de densité de population sont proposés en Annexe 3. Dans la mesure où les VEVE présentées dans le Tableau 1 ne dépendent pas de la catégorie de densité de population, les évaluations économiques de l'Annexe 3 sont strictement proportionnelles aux nombres de nouveaux cas évités calculés par catégorie de densité dans le volume 1. Elles n'appellent donc pas d'autres commentaires.

3.4.1 Impacts à long terme des PM_{2,5} sur la survenue du cancer du poumon

La réduction des niveaux moyens de PM_{2,5} en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 3 µg/m³** réduirait les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas de cancer du poumon de 222 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 145 ; 302), la perte de productivité de 36 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 24 ; 49), et améliorerait le bien-être mesuré par la composante immatérielle de 172 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 113 ; 235).

Une réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} en France hexagonale **jusqu'à la VG de l'OMS de 5 µg/m³** réduirait les coûts annuels de santé de 164 millions €₂₀₁₈ (IC 95% : 107 ; 225), la perte de productivité de 27 millions €₂₀₁₈ (IC 95% : 17 ; 37), et améliorerait le bien-être de 127 millions €₂₀₁₈ (IC 95% : 83 ; 175).

Si l'objectif est d'atteindre la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour les PM_{2,5} de 10 µg/m³**, les impacts économiques sont évidemment plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 24,6 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 16 ; 34), la perte de productivité de 4 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 3 ; 6), et d'améliorer le bien-être de 19,2 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 12 ; 27).

Lorsque la méthode de calcul utilise le taux de mortalité par cancer du poumon au niveau communal corrigé par le taux de survie national au lieu du taux d'incidence départemental (cf. Annexe 3 du volume 1), les résultats économiques au niveau national sont pratiquement identiques et ne sont donc pas présentés.

Tableau 2 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour cancer du poumon (35 ans et plus) dans les différents scénarios, à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)	4 103 (2 688 - 5 599)	148 (97 - 202)	222 (145 - 302)	295 (194 - 403)	24 (16 - 33)	36 (24 - 49)	48 (32 - 66)	115 (75 - 157)	172 (113 - 235)	230 (151 - 314)
Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)	3 032 (1 977 - 4 160)	109 (71 - 150)	164 (107 - 225)	218 (142 - 300)	18 (12 - 24)	27 (17 - 37)	36 (23 - 49)	85 (55 - 116)	127 (83 - 175)	170 (111 - 233)
Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)	456 (295 - 632)	16,4 (11 - 23)	24,6 (16 - 34)	32,8 (21 - 46)	2,7 (2 - 4)	4,0 (3 - 6)	5,4 (3 - 7)	12,8 (8 - 18)	19,2 (12 - 27)	25,5 (17 - 35)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR.
Les valeurs sont arrondies au million (ou centaine de milliers pour le scénario cible intermédiaire) le plus proche.

3.4.2. Impacts à long terme des PM_{2,5} sur la survenue de la BPCO

La réduction des niveaux moyens de PM_{2,5} en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 3 µg/m³** réduirait les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas de BPCO de 1 379 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 1 035 ; 1 698), la perte de productivité de 267 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 200 ; 329), et améliorerait le bien-être mesuré par la composante immatérielle de 2 780 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 2 087 ; 3 424).

Une réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} en France hexagonale **jusqu'à la VG de l'OMS de 5 µg/m³** réduirait les coûts annuels de santé de 1 020 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 762 ; 1 260), la perte de productivité de 197 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 148 ; 244), et améliorerait le bien-être de 2 056 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 1 537 ; 2 541).

Si l'objectif est d'atteindre la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour les PM_{2,5} de 10 µg/m³**, les impacts économiques sont évidemment plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 153,5 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 114 ; 191), la perte de productivité de 29,7 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 22 ; 37), et d'améliorer le bien-être de 309 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 230 ; 385).

La contribution importante de la composante intangible à l'ensemble des impacts économiques de la BPCO (plus des 2/3) est en particulier liée au caractère très invalidant de la maladie dans sa forme sévère.

Tableau 3 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour BPCO (40 ans et plus) dans les différents scénarios, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)	22 242 (16 692 - 27 393)	919 (690 - 1 132)	1 379 (1 035 - 1 698)	1 839 (1 380 - 2 264)	178 (134 - 219)	267 (200 - 329)	356 (267 - 438)	1 853 (1 391 - 2 283)	2 780 (2 087 - 3 424)	3 707 (2 782 - 4 565)
Scénario (VG) OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)	16 445 (12 292 - 20 329)	680 (508 - 840)	1 020 (762 - 1 260)	1 359 (1 016 - 1 681)	132 (98 - 163)	197 (148 - 244)	263 (197 - 325)	1 370 (1 024 - 1 694)	2 056 (1 537 - 2 541)	2 741 (2 049 - 3 388)
Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)	2 475 (1 836 - 3 082)	102,3 (76 - 127)	153,5 (114 - 191)	204,6 (152 - 255)	19,8 (15 - 25)	29,7 (22 - 37)	39,6 (29 - 49)	206,2 (153 - 257)	309,4 (230 - 385)	412,5 (306 - 514)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million (ou centaine de milliers pour le scénario cible intermédiaire) le plus proche.

3.4.3. Impacts à long terme des PM_{2,5} sur la survenue de l'asthme de l'enfant

La réduction des niveaux moyens de PM_{2,5} en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 3 µg/m³** réduirait les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas d'asthme infantile de 1 384 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 485 ; 2 151), la perte de productivité de 1 265 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 444 ; 1 966), et améliorerait le bien-être mesuré par la composante immatérielle de 1 621 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 569 ; 2 519).

Une réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} en France hexagonale **jusqu'à la VG de l'OMS de 5 µg/m³** réduirait les coûts de santé annuels de 1 041 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 359 ; 1 646), la perte de productivité de 952 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 328 ; 1 505) et améliorerait le bien-être de 1 220 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 420 ; 1 928).

Si l'objectif est d'atteindre la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour les PM_{2,5} de 10 µg/m³**, les avantages économiques sont plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 167 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 56 ; 273), la perte de productivité de 153 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 51 ; 250) et d'améliorer le bien-être de 196 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 65 ; 320).

Tableau 4 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour asthme de l'enfant (0-17 ans) dans les différents scénarios, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)	39 541 (13 870 - 61 451)	923 (324 - 1 434)	1 384 (485 - 2 151)	1 845 (647 - 2 868)	844 (296 - 1 311)	1 265 (444 - 1 966)	1 687 (592 - 2 622)	1 081 (379 - 1 680)	1 621 (569 - 2 519)	2 162 (758 - 3 359)
Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)	29 749 (10 249 - 47 025)	694 (239 - 1 097)	1 041 (359 - 1 646)	1 388 (478 - 2 194)	635 (219 - 1 003)	952 (328 - 1 505)	1 269 (437 - 2 006)	813 (280 - 1 285)	1 220 (420 - 1 928)	1 626 (560 - 2 571)
Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)	4 774 (1 588 - 7 804)	111 (37 - 182)	167 (56 - 273)	223 (74 - 364)	102 (34 - 166)	153 (51 - 250)	204 (68 - 333)	130 (43 - 213)	196 (65 - 320)	261 (87 - 427)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

3.4.4. Impacts à long terme des PM_{2,5} sur la survenue de l'AVC

La réduction des niveaux moyens de PM_{2,5} en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 3 µg/m³** réduirait les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas d'AVC de 771 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 597 ; 935), la perte de productivité de 150 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 116 ; 182) et améliorerait le bien-être mesuré par la composante immatérielle de 331 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 256 ; 401).

Une réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} en France hexagonale **jusqu'à la VG de l'OMS de 5 µg/m³** réduirait les coûts annuels de santé de 569 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 439 ; 693), la perte de productivité de 111 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 86 ; 135) et améliorerait le bien-être de 244 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 188 ; 297).

Si l'objectif est d'atteindre la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour les PM_{2,5} de 10 µg/m³**, les avantages économiques sont plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 86,5 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 66 ; 106), la perte de productivité de 16,8 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 13 ; 21) et d'améliorer le bien-être de 37,1 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 28 ; 45).

Lorsque le calcul est effectué en tenant compte de tous les codes municipaux (codes municipaux de l'Insee), qu'ils correspondent ou non aux codes postaux (cf. Annexe 3 du volume 1), les résultats économiques au niveau national sont légèrement supérieurs, ils ne sont pas présentés.

Tableau 5 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour AVC (35 ans et plus) dans les différents scénarios, sur patients des communes dont le code Insee et le code géographique PMSI étaient concordants, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)	10 016 (7 749 – 12 149)	514 (398 - 624)	771 (597 - 935)	1 028 (796 – 1 247)	100 (77 - 121)	150 (116 - 182)	200 (155 - 243)	220 (170 - 267)	331 (256 - 401)	441 (341 - 535)
Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)	7 396 (5 704 – 8 999)	380 (293 - 462)	569 (439 - 693)	759 (586 - 924)	74 (57 - 90)	111 (86 - 135)	148 (114 - 180)	163 (125 - 198)	244 (188 - 297)	325 (251 - 396)
Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)	1 123 (861 – 1 375)	57,6 (44 - 71)	86,5 (66 - 106)	115,3 (88 - 141)	11,2 (9 - 14)	16,8 (13 - 21)	22,5 (17 - 27)	24,7 (19 - 30)	37,1 (28 - 45)	49,4 (38 - 60)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million (ou centaine de milliers pour le scénario cible intermédiaire) le plus proche.

3.4.5. Impacts à long terme des PM_{2,5} sur la survenue de l'infarctus aigu du myocarde

La réduction des niveaux moyens de PM_{2,5} en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 3 µg/m³** réduirait les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas d'IAM de 187 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 77 ; 296), la perte de productivité de 16 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 7 ; 26), et améliorerait le bien-être mesuré par la composante immatérielle de 244 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 100 ; 386).

Une réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} en France hexagonale **jusqu'à la VG de l'OMS de 5 µg/m³** réduirait les coûts annuels de santé de 138 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 56 ; 219), la perte de productivité de 12 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 5 ; 19), et améliorerait le bien-être de 179 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 73 ; 286).

Si l'objectif est d'atteindre la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour les PM_{2,5} de 10 µg/m³**, les impacts économiques sont évidemment plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 19,8 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 8 ; 32), la perte de productivité de 1,7 million €₂₀₁₈ (IC95% : 1 ; 3), et d'améliorer le bien-être de 25,8 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 10 ; 42).

Tableau 6 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour IAM (30 ans et plus), France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)	8 145 (3 342 – 12 881)	125 (51 - 198)	187 (77 - 296)	250 (102 - 395)	11 (4 - 17)	16 (7 - 26)	22 (9 - 34)	163 (67 - 258)	244 (100 - 386)	326 (134 - 515)
Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)	5 982 (2 438 – 9 527)	92 (37 - 146)	138 (56 - 219)	183 (75 - 292)	8 (3 - 13)	12 (5 - 19)	16 (7 - 25)	120 (49 - 191)	179 (73 - 286)	239 (98 - 381)
Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)	860 (346 – 1 388)	13,2 (5 - 21)	19,8 (8 - 32)	26,4 (11 - 43)	1,1 (0 - 2)	1,7 (1 - 3)	2,3 (1 - 4)	17,2 (7 - 28)	25,8 (10 - 42)	34,4 (14 - 56)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million (ou centaine de milliers pour le scénario cible intermédiaire) le plus proche.

3.4.6. Impacts à long terme des PM_{2,5} sur la survenue de l'hypertension artérielle

Dans la mesure où 94% de la VEVE des CS de l'HTA concernent des soins de ville (cf. Annexe 2, section A2.6), nous considérons leur impact en termes de bien-être minime, et **nous n'évaluons pas monétairement la CI.**

La réduction des niveaux moyens de PM_{2,5} en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 3 µg/m³** réduirait les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas d'hypertension artérielle de 569 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 184 ; 915) et la perte de productivité de 109 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 35 ; 175).

Une réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} en France hexagonale **jusqu'à la VG de l'OMS de 5 µg/m³** réduirait les coûts annuels de santé de 422 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 135 ; 684) et la perte de productivité de 81 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 26 ; 131).

Si l'objectif est d'atteindre la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour les PM_{2,5} de 10 µg/m³**, les impacts économiques sont évidemment plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 64,4 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 20 ; 106) et la perte de productivité de 12,3 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 4 ; 20).

Tableau 7 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour HTA (18 ans et plus), dans les différents scénarios, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)	78 001 (25 253 – 125 329)	380 (123 - 610)	569 (184 - 915)	759 (246 - 1 220)	73 (24 - 117)	109 (35 - 175)	146 (47 - 234)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)	57 764 (18 514 – 93 701)	281 (90 - 456)	422 (135 - 684)	562 (180 - 912)	54 (17 - 87)	81 (26 - 131)	108 (35 - 175)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)	8 820 (2 773 – 14 571)	42,9 (13 - 71)	64,4 (20 - 106)	85,8 (27 - 142)	8,2 (3 - 14)	12,3 (4 - 20)	16,5 (5 - 27)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million (ou centaine de milliers pour le scénario cible intermédiaire) le plus proche.

3.4.7. Impacts à long terme des PM_{2,5} sur la survenue du diabète de type 2

La réduction des niveaux moyens de PM_{2,5} en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 3 µg/m³** réduirait les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas de diabète de type 2 de 753 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 239 ; 1 273), la perte de productivité de 87 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 28 ; 147), et améliorerait le bien-être mesuré par la composante immatérielle de 536 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 170 ; 906).

Une réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} en France hexagonale **jusqu'à la VG de l'OMS de 5 µg/m³** réduirait les coûts annuels de santé de 557 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 176 ; 947), la perte de productivité de 64 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 20 ; 109), et améliorerait le bien-être de 396 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 125 ; 674).

Si l'objectif est d'atteindre la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour les PM_{2,5} de 10 µg/m³**, les impacts économiques sont évidemment plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 88,8 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 28 ; 153), la perte de productivité de 10,2 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 3 ; 18), et d'améliorer le bien-être de 63,2 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 20 ; 109).

Tableau 8 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour diabète de type 2 (45 ans et plus), dans les différents scénarios, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)	14 476 (4 604 – 24 475)	502 (160 - 848)	753 (239 – 1 273)	1 004 (319 – 1 697)	58 (18 - 98)	87 (28 - 147)	116 (37 - 196)	357 (114 - 604)	536 (170 - 906)	714 (227 – 1 207)
Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)	10 702 (3 383 – 18 211)	371 (117 - 631)	557 (176 - 947)	742 (235 – 1 263)	43 (14 - 73)	64 (20 - 109)	86 (27 - 146)	264 (83 - 449)	396 (125 - 674)	528 (167 - 898)
Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)	1 708 (533 – 2 943)	59,2 (18 - 102)	88,8 (28 - 153)	118,4 (37 - 204)	6,8 (2 - 12)	10,2 (3 - 18)	13,7 (4 - 24)	42,1 (13 - 73)	63,2 (20 - 109)	84,3 (26 - 145)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million (ou centaine de milliers pour le scénario cible intermédiaire) le plus proche.

3.4.8. Impacts à long terme du NO₂ sur la survenue de l'asthme de l'enfant

Étant donné que les niveaux de NO₂ dans les zones non urbaines sont faibles et inférieurs au champ d'application de la FCR, la majorité des avantages économiques se produisent dans les zones urbaines.

Si l'on réduit les niveaux moyens de NO₂ en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 1 µg/m³**, cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas d'asthme infantile de 913 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 487 ; 1 492), la perte de productivité de 835 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 445 ; 1 364) et d'améliorer le bien-être mesuré par la composante immatérielle de 1 070 millions €₂₀₁₈ (IC 95% : 571 ; 1 748).

Une réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ en France **hexagonale jusqu'à la VG de l'OMS de 10 µg/m³**, cela réduirait les coûts annuels de santé de 402 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 212 ; 668), la perte de productivité de 368 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 194 ; 611) et améliorerait le bien-être de 471 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 249 ; 782).

Si la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour le NO₂ de 20 g/m³** était atteinte, les avantages économiques sont plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 102 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 54 ; 172), la perte de productivité de 94 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 49 ; 157) et d'améliorer le bien-être de 120 millions €₂₀₁₈ (IC95% : 63 ; 202).

Tableau 9 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour asthme de l'enfant (0-17 ans) dans les différents scénarios, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique NO₂ (1 µg/m³) Ensemble urbain*	21 485 (11 516 – 34 876)	501 (269 - 814)	752 (403 – 1 221)	1 003 (537 – 1 628)	458 (246 - 744)	688 (369 – 1 116)	917 (491 – 1 488)	587 (315 - 953)	881 (472 – 1 430)	1 175 (630 – 1 907)
Scénario sans pollution anthropique NO₂ (1 µg/m³) France hexagonale	26 087 (13 921 – 42 633)	609 (325 - 995)	913 (487 – 1 492)	1 217 (650 – 1 990)	557 (297 - 910)	835 (445 – 1 364)	1 113 (594 – 1 819)	713 (381 – 1 165)	1 070 (571 – 1 748)	1 426 (761 – 2 331)
Scénario VG OMS NO₂ (10 µg/m³) Ensemble urbain*	11 109 (5 869 – 18 415)	259 (137 - 430)	389 (205 - 645)	518 (274 - 859)	237 (125 - 393)	355 (188 - 589)	474 (250 - 786)	304 (160 - 503)	455 (241 - 755)	11 109 (5 869 – 18 415)
Scénario VG OMS NO₂ (10 µg/m³) France hexagonale	11 498 (6 071 – 19 082)	268 (142 - 445)	402 (212 - 668)	537 (283 - 890)	245 (130 - 407)	368 (194 - 611)	491 (259 - 814)	314 (166 - 522)	471 (249 - 782)	11 498 (6 071 – 19 082)
Scénario cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³) Ensemble urbain*	2 925 (1 531 – 4 913)	68 (36 - 115)	102 (54 - 172)	136 (71 - 229)	62 (33 - 105)	94 (49 - 157)	125 (65 - 210)	80 (42 - 134)	120 (63 - 201)	160 (84 - 269)
Scénario cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³) France hexagonale	2 927 (1 532 – 4 917)	68 (36 - 115)	102 (54 - 172)	137 (71 - 229)	62 (33 - 105)	94 (49 - 157)	125 (65 - 210)	80 (42 - 134)	120 (63 - 202)	160 (84 - 269)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche. *Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines.

3.4.9. Impacts à long terme du NO₂ sur la survenue de l'ALRI

De nouveau, étant donné que les niveaux de NO₂ dans les zones non urbaines sont faibles et inférieurs au champ d'application de la FCR, la majorité des avantages économiques se produisent dans les zones urbaines.

Si l'on réduit les niveaux moyens de NO₂ en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 1 µg/m³**, cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas d'ALRI (entre 0 et 12 ans) de 1,8 million €₂₀₁₈ (IC95% : 0,7 ; 3), la perte de productivité de 0,9 million €₂₀₁₈ (IC95% : 0,3 ; 1,4) et d'améliorer le bien-être mesuré par la composante immatérielle de 0,4 million €₂₀₁₈ (IC95% : 0,2 ; 0,7).

Une réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ en France **hexagonale jusqu'à la VG de l'OMS de 10 µg/m³**, cela réduirait les coûts annuels de santé de 0,9 million €₂₀₁₈ (IC95% : 0,3 ; 1,4), la perte de productivité de 0,4 million €₂₀₁₈ (IC95% : 0,1 ; 0,7) et améliorerait le bien-être de 0,2 million €₂₀₁₈ (IC95% : 0 ; 0,3).

Si la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour le NO₂ de 20 g/m³** était atteinte, les avantages économiques sont plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 0,2 million €₂₀₁₈ (IC95% : 0,1 ; 0,4), la perte de productivité de 0,1 million €₂₀₁₈ (IC95% : 0 ; 0,2) et d'améliorer le bien-être de 0,1 million €₂₀₁₈ (IC95% : 0 ; 0,1).

Tableau 10 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour ALRI dans les différents scénarios, France hexagonale (2016-2019) (en milliers €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique NO₂ (1 µg/m³) Ensemble urbain*	6 092 (2 212 – 9 872)	1 056 (383 – 1 711)	1 584 (575 – 2 567)	2 112 (767 – 3 422)	487 (177 - 790)	731 (265 – 1 185)	975 (354 – 1 580)	244 (88 - 395)	366 (133 - 592)	487 (177 - 790)
Scénario sans pollution anthropique NO₂ (1 µg/m³) France hexagonale	7 094 (2 565 – 11 552)	1 230 (445 – 2 002)	1 844 (667 – 3 004)	2 459 (889 – 4 005)	568 (205 - 924)	851 (308 – 1 386)	1 135 (410 – 1 848)	284 (103 - 462)	426 (154 - 693)	568 (205 - 924)
Scénario VG OMS NO₂ (10 µg/m³) Ensemble urbain*	3 194 (1 139 – 5 275)	554 (197 - 914)	830 (296 – 1 372)	1 107 (395 – 1 829)	256 (91 - 422)	383 (137 - 633)	511 (182 - 844)	128 (46 - 211)	192 (68 - 317)	256 (91 - 422)
Scénario VG OMS NO₂ (10 µg/m³) France hexagonale	3 279 (1 169 – 5 420)	568 (203 - 939)	853 (304 – 1 409)	1 137 (405 – 1 879)	262 (94 - 434)	393 (140 - 650)	525 (187 - 867)	131 (47 - 217)	197 (70 - 325)	262 (94 - 434)
Scénario cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³). Ensemble urbain*	851 (300 – 1 423)	148 (52 - 247)	221 (78 - 370)	295 (104 - 493)	68 (24 - 114)	102 (36 - 171)	136 (48 - 228)	34 (12 - 57)	51 (18 - 85)	68 (24 - 114)
Scénario cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³) France hexagonale	851 (300 – 1 424)	148 (52 - 247)	221 (78 - 370)	295 (104 - 494)	68 (24 - 114)	102 (36 - 171)	136 (48 - 228)	34 (12 - 57)	51 (18 - 85)	68 (24 - 114)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au millier le plus proche. *Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines.

3.4.10. Impacts à long terme du NO₂ sur la survenue de l'asthme de l'adulte

Pour rappel, étant donné que les niveaux de NO₂ dans les zones non urbaines sont faibles et inférieurs au champ d'application de la FCR, la majorité des avantages économiques se produisent dans les zones urbaines.

Si l'on réduit les niveaux moyens de NO₂ en France hexagonale jusqu'au **seuil anthropique de 1 µg/m³**, cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels dus aux nouveaux cas d'asthme chez l'adulte de 260 millions €₂₀₁₈ (IC à 95% : 29 ; 477), la perte de productivité de 371 millions €₂₀₁₈ (IC à 95% : 42 ; 682) et d'améliorer le bien-être mesuré par la composante immatérielle de 334 millions €₂₀₁₈ (IC à 95% : 38 ; 614).

Une réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ en France **hexagonale jusqu'à la VG de l'OMS de 10 µg/m³**, cela réduirait les coûts annuels de santé de 120 millions €₂₀₁₈ (IC à 95% : 13 ; 225), la perte de productivité de 172 millions €₂₀₁₈ (IC à 95% : 19 ; 322) et améliorerait le bien-être de 154 millions €₂₀₁₈ (IC à 95% : 17 ; 290).

Si la **valeur cible intermédiaire de l'OMS pour le NO₂ de 20 g/m³** était atteinte, les avantages économiques sont plus limités. Cela permettrait de réduire les coûts de santé annuels de 33 millions €₂₀₁₈ (IC à 95% : 4 ; 63), la perte de productivité de 47 millions €₂₀₁₈ (IC à 95% : 5 ; 91) et d'améliorer le bien-être de 43 millions €₂₀₁₈ (IC à 95% : 5 ; 81).

Tableau 11 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour asthme de l'adulte (18-39) dans les différents scénarios, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Scénario sans pollution anthropique NO₂ (1 µg/m³). Ensemble urbain*	10 491 (11 96 ; 19 109)	147 (17 ; 268)	220 (25 ; 401)	294 (33 ; 535)	210 (24 ; 382)	315 (36 ; 573)	420 (48 ; 764)	189 (22 ; 344)	283 (32 ; 516)	378 (43 ; 688)
Scénario sans pollution anthropique NO₂ (1 µg/m³). France hexagonale.	12 372 (1 400 ; 22 723)	173 (20 ; 318)	260 (29 ; 477)	346 (39 ; 636)	247 (28 ; 454)	371 (42 ; 682)	495 (56 ; 909)	223 (25 ; 409)	334 (38 ; 614)	445 (50 ; 818)
Scénario VG OMS NO₂ (10 µg/m³). Ensemble urbain*	5 557 (617 ; 10 410)	78 (9 ; 146)	117 (13 ; 219)	156 (17 ; 291)	111 (12 ; 208)	167 (19 ; 312)	222 (25 ; 416)	100 (11 ; 187)	150 (17 ; 281)	200 (22 ; 375)
Scénario VG OMS NO₂ (10 µg/m³). France hexagonale.	5 717 (634 ; 10 724)	80 (9 ; 150)	120 (13 ; 225)	160 (18 ; 300)	114 (13 ; 214)	172 (19 ; 322)	229 (25 ; 429)	103 (11 ; 193)	154 (17 ; 290)	206 (23 ; 386)
Scénario cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³). Ensemble urbain *	1 581 (172 ; 3 016)	22 (2 ; 42)	33 (4 ; 63)	44 (5 ; 84)	32 (3 ; 60)	47 (5 ; 90)	63 (7 ; 121)	28 (3 ; 54)	43 (5 ; 81)	57 (6 ; 109)
Scénario cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³). France hexagonale.	1 582 (173 ; 3 018)	22 (2 ; 42)	33 (4 ; 63)	44 (5 ; 85)	32 (3 ; 60)	47 (5 ; 91)	63 (7 ; 121)	28 (3 ; 54)	43 (5 ; 81)	57 (6 ; 109)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche. *Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines.

3.4.11. Impact total à long terme des PM_{2,5}, par scénario et par indicateur de santé

Le Tableau 12 rassemble les résultats pour les PM_{2,5} et les sept indicateurs de santé, dans les trois scénarios pour la France hexagonale.

Quel que soit le scénario, les CS représentent environ 41% des impacts économiques totaux, les PP environ 15% et la composante intangible (exprimant les améliorations du bien-être) environ 44%. évités chez l'enfant représentent des bénéfices potentiels compris entre 33% et 35%. Chez l'adulte, les bénéfices pour les cas de BPCO évités représentent entre 33% et 34%, les cas de diabète de type 2 évités environ 11%, les cas d'AVC évités environ 10%, les cas d'hypertension artérielle autour de 5%, et les cas de cancer du poumon évités et d'infarctus aigu du myocarde environ 3% chacun.

Il convient de noter que seuls les effets de morbidité sont évalués ici, et seulement sept d'entre eux. Une évaluation économique prenant en compte la perte d'espérance de vie associée et/ou d'autres maladies associées à l'exposition à la pollution atmosphérique (dont la démence, troubles du spectre autistique...) donnerait certainement des parts respectives différentes. Compte tenu des hypothèses de calcul, la répartition respective des trois composantes monétaires au sein de chaque maladie est fonction de leur part respective dans le calcul de la VEVE (voir Tableau 1), qui varie de façon notable.

La réduction des niveaux moyens de PM_{2,5} **jusqu'au seuil anthropique de 3 µg/m³** en France hexagonale apporterait un avantage économique de 12,9 milliards €₂₀₁₈. Si la **VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)** était atteinte en France hexagonale, cela conduirait à des bénéfices économiques potentiels estimés à 9,6 milliards €₂₀₁₈. Enfin, si l'objectif est d'atteindre la valeur **cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)**, les bénéfices économiques sont plus limités : 1,5 milliard €₂₀₁₈.

Tableau 12 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour les sept indicateurs de santé et les trois scénarios de réduction, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Sans pollution anthropique (PM _{2,5})				VG OMS (PM _{2,5})				OMS cible intermédiaire (PM _{2,5})			
	Coûts sanitaires (CS)	Pertes de production (PP)	Composante intangible (CI)	Total (par maladie)	Coûts sanitaires (CS)	Pertes de production (PP)	Composante intangible (CI)	Total (par maladie)	Coûts sanitaires (CS)	Pertes de production (PP)	Composante intangible (CI)	Total (par maladie)
Cancer du poumon (35+)	222 (145 ; 302)	36 (24 ; 49)	172 (113 ; 235)	430 (3,3%)	164 (107 ; 225)	27 (17 ; 37)	127 (83 ; 175)	318 (3,3%)	25 (16 ; 34)	4 (3 ; 6)	19 (12 ; 27)	48 (3,2%)
BPCO (40+)	1 379 (1 035 ; 1 698)	267 (200 ; 329)	2 780 (2 087 ; 3 424)	4 426 (34,4%)	1 020 (762 ; 1 260)	197 (148 ; 244)	2 056 (1 537 ; 2 541)	3 273 (34,2%)	153 (114 ; 191)	30 (22 ; 37)	309 (230 ; 385)	493 (33,2%)
Asthme de l'enfant (0-17)	1 384 (485 ; 2 151)	1 265 (444 ; 1 966)	1 621 (569 ; 2 519)	4 270 (33,2%)	1 041 (359 ; 1 646)	952 (328 ; 1 505)	1 220 (420 ; 1 928)	3 213 (33,6%)	167 (56 ; 273)	153 (51 ; 250)	196 (65 ; 320)	516 (34,8%)
AVC (35+)	771 (597 ; 935)	150 (116 ; 182)	331 (256 ; 401)	1 252 (9,7%)	569 (439 ; 693)	111 (86 ; 135)	244 (188 ; 297)	925 (9,7%)	86 (66 ; 106)	17 (13 ; 21)	37 (28 ; 45)	140 (9,5%)
IAM (30+)	187 (77 ; 296)	16 (7 ; 26)	244 (100 ; 386)	448 (3,5%)	138 (56 ; 219)	12 (5 ; 19)	179 (73 ; 286)	329 (3,4%)	20 (8 ; 32)	2 (1 ; 3)	26 (10 ; 42)	47 (3,2%)
HTA (18+)	569 (184 ; 915)	109 (35 ; 175)	0 (0 ; 0)	679 (5,3%)	422 (135 ; 684)	81 (26 ; 131)	0 (0 ; 0)	503 (5,2%)	64 (20 ; 106)	12 (4 ; 20)	0 (0 ; 0)	77 (5,2%)
Diabète de type 2 (45+)	753 (239 ; 1 273)	87 (28 ; 147)	536 (170 ; 906)	1 375 (10,7%)	557 (176 ; 947)	64 (20 ; 109)	396 (125 ; 674)	1 017 (10,6%)	89 (28 ; 153)	10 (3 ; 18)	63 (20 ; 109)	162 (10,9%)
Total	5 265 (40,9%)	1 931 (15,0%)	5 684 (44,1%)	12 880 (100%)	3 910 (40,8%)	1 444 (15,1%)	4 222 (44,1%)	9 576 (100%)	605 (40,8%)	228 (15,4%)	650 (43,9%)	1 483 (100%)

Les bornes supérieures et inférieures de l'IC à 95% (entre parenthèses) sont établies à partir des estimations économiques centrales. Elles n'ont pas été calculées pour les totaux par maladie ou par scénario. Les parts par maladie ou par composante de coût sont entre parenthèses.

3.4.12. Impact total à long terme des NO₂, par scénario et par indicateur de santé

Le Tableau 13 rassemble les résultats pour les NO₂ et les 2 indicateurs de santé, dans les trois scénarios pour la France hexagonale.

Quel que soit le scénario, les CS représentent environ 31% impacts économiques totaux, les PP environ 32% et la composante intangible (exprimant les améliorations du bien-être) environ 37%. Quel que soit le scénario, les cas d'asthme évités chez les enfants représentent les bénéfices potentiels compris entre 72% et 74%, les cas d'asthme évités chez les adultes entre 26% et 28%, et les cas d'ALRI évités moins de 0,1%.

Compte tenu des hypothèses de calcul, la répartition respective des 3 composantes monétaires au sein de chaque maladie est fonction de leur part respective dans le calcul de la VEVE (voir Tableau 1), qui varie de façon notable.

La réduction des niveaux moyens de NO₂ **jusqu'au seuil anthropique de 1 µg/m³** en France hexagonale apporterait un avantage économique de 3,8 milliards €₂₀₁₈. Si la **VG OMS NO₂ (10 µg/m³)** était atteinte en France hexagonale, cela conduirait à des bénéfices économiques potentiels estimés à 1,7 milliard €₂₀₁₈. Enfin, si l'objectif est d'atteindre la valeur **cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³)**, les bénéfices économiques sont plus limités : 0,4 milliard €₂₀₁₈.

Tableau 13. Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour les 2 indicateurs de santé et les trois scénarios de réduction, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)

Scénario	Sans pollution anthropique (NO ₂)				VG OMS (NO ₂)				OMS cible intermédiaire (NO ₂)			
	Coûts sanitaires (CS)	Pertes de production (PP)	Composante intangible (CI)	Total (par maladie)	Coûts sanitaires (CS)	Pertes de production (PP)	Composante intangible (CI)	Total (par maladie)	Coûts sanitaires (CS)	Pertes de production (PP)	Composante intangible (CI)	Total (par maladie)
Asthme de l'enfant (0-17)	913 (487 ; 1 492)	835 (445 ; 1 364)	1 070 (571 ; 1 748)	2 817 (74,4%)	402 (212 ; 668)	368 (194 ; 611)	471 (249 ; 782)	1 242 (73,5%)	102 (54 ; 172)	94 (49 ; 157)	120 (63 ; 202)	316 (71,9%)
ALRI (0-12)	1,84 (0,67 ; 3,00)	0,85 (0,31 ; 1,39)	0,83 (0,15 ; 0,69)	3,12 (0,08%)	0,85 (0,30 ; 1,41)	0,39 (0,14 ; 0,65)	0,20 (0,07 ; 0,33)	1,44 (0,09%)	0,22 (0,08 ; 0,37)	0,10 (0,04 ; 0,17)	0,05 (0,02 ; 0,85)	0,37 (0,09%)
Asthme de l'adulte (18-39)	260 (29 ; 477)	371 (42 ; 682)	334 (38 ; 614)	965 (25,5%)	120 (13 ; 225)	172 (19 ; 322)	154 (17 ; 290)	446 (26,4%)	33 (4 ; 63)	47 (5 ; 91)	43 (5 ; 81)	123 (28,1%)
Total	1 175 (31,0%)	1 207 (31,9%)	1 404 (37,1%)	3 786 (100%)	523 (31,0%)	540 (32,0%)	626 (37,1%)	1 689 (100%)	136 (30,9%)	141 (32,1%)	163 (37,0%)	440 (100%)

Les bornes supérieures et inférieures de l'IC à 95% (entre parenthèses) sont établies à partir des estimations économiques centrales. Elles n'ont pas été calculées pour les totaux par maladie ou par scénario. Les parts par maladie ou par composante de coût sont entre parenthèses.

3.5. Évaluation dynamique complète intégrant les délais d'obtention et de mise en œuvre

Le temps qui s'écoule entre une réduction de l'exposition à la pollution atmosphérique et l'obtention de tous les bénéfices pour la santé est important lorsque les résultats économiques visent à éclairer la prise de décision (dans les analyses coûts-bénéfices, par exemple). Pour les effets à court terme, le changement dans l'exposition de la population ne sera (généralement) pas immédiat mais progressif, ce qui pose un problème de délai de mise en œuvre politique/technique (notons p le délai nécessaire pour obtenir une réduction complète). Cela affecte les flux des effets sur la santé et, comme ces flux se produisent à différentes périodes, l'effet net de l'actualisation (δ) et des taux de croissance annuels des composantes de coût (α , β et γ dans l'Annexe 2) influencera les évaluations économiques. Par conséquent, lorsque $p > 1$ an, une EQIS standard fournit des avantages sanitaires et économiques plus élevés qu'une évaluation dynamique complète (EDC), qui tient compte de la temporalité des flux. En outre, en ce qui concerne les effets à long terme, étant donné que les effets sanitaires résultent de l'impact d'un processus cumulatif sur l'état de santé, leur dégénérescence et leur amélioration ne sont pas immédiates une fois que l'exposition a changé, ce qui entraîne un problème de délai d'obtention des impacts sanitaires suite à la réduction d'exposition (Leksell et Rabl 2001 ; Miller et Hurley 2003 ; Rööslé *et al.* 2005 ; Burnett *et al.* 2018). Là encore, l'actualisation et les évolutions des coûts unitaires économiques influenceront les différences entre l'EQIS et l'EDC.

Le calcul de l'ampleur des différences entre l'EQIS et l'EDC nécessite des hypothèses sur le calendrier de mise en œuvre politique/technique (p), le choix d'un taux d'actualisation annuel spécifique au pays (δ) ou du taux d'actualisation social utilisé dans la politique publique/de santé, et des taux de croissance annuels des trois composantes des coûts (α , β et γ). En outre, la vitesse de diminution des effets sanitaires à long terme vers le niveau d'équilibre à long terme est spécifique à la maladie et doit être choisie sur la base de la littérature épidémiologique peu abondante (voir la littérature sur le sevrage tabagique examinée pour le COMEAP en 2010 (Walton 2010)).

Nous modélisons cette diminution en nous appuyant sur Lightwood et Glantz (1997), qui proposent une fonction de risque de mortalité exponentielle négative (comme dans Rööslé *et al.* 2005), fondée sur la méta-analyse de sept études sur les impacts du sevrage tabagique (c'est-à-dire une élimination immédiate et complète du risque). Nous l'utilisons pour représenter une réduction immédiate ($p=1$ an) de l'exposition à la pollution atmosphérique de HE (forte exposition) à LE (faible exposition) :

$$RR(t) = RR_{LE} + (RR_{HE} - RR_{LE})e^{(-\frac{t}{\tau})} \quad (\text{EQ3})$$

où RR_{HE} est le RR lié à une forte exposition à la pollution atmosphérique, RR_{LE} le RR associé à une faible exposition à la pollution atmosphérique, $e(.)$ la fonction exponentielle, t le temps écoulé depuis l'élimination de l'exposition (arrêt du tabac) et τ un paramètre de décroissance ou constante temporelle > 0 . Si $\tau \rightarrow 0$, l'impact sur le RR est obtenu immédiatement, et concorde avec l'approche standard fondée sur la différence (i.e., l'EQIS). Lorsque τ augmente, le temps nécessaire pour que $RR(t)$ atteigne RR_{LE} augmente.

Chanel *et al.* (2006) ont étendu l'équation (EQ3) pour tenir compte du calendrier de mise en œuvre politique/technique, en supposant une réduction linéairement décroissante de $(RR_{HE} - RR_{LE})/p$ chaque année (voir Miller et Hurley 2003 ; pour une modélisation différente de la diminution). L'impact sur $RR(t)$ sera proportionnel à la diminution au cours des p premières années et s'appliquera pleinement après p années :

$$RR(t) = RR_{LE} + \left(\frac{RR_{HE} - RR_{LE}}{p}\right) \sum_{h=t-p+1}^t e^{(-\frac{Max(h,0)}{\tau})} \quad (\text{EQ4})$$

où h est un indice de sommation.

Sur la base des études épidémiologiques, nous avons choisi de ne pas appliquer de délai d'obtention des effets sanitaires pour l'asthme chez les enfants, car le processus inflammatoire semble trop différent du processus de détérioration/régénération impliqué dans l'arrêt du tabac. Nous avons par contre choisi une diminution rapide en trois ans pour les AVC (avec τ autour de 0,5) et une diminution en vingt ans pour le cancer du poumon, avec τ autour de 3.

Sur la base de l'équation (EQ4), nous calculons dans le Tableau 14 les facteurs qui doivent être appliqués à l'évaluation économique basée sur une EQIS, pour obtenir celle correspondant à une EDC. Ils sont calculés pour l'AVC et le cancer du poumon, pour trois délais de réduction ($p=1, 10, 20$ ans) et pour trois valeurs de l'horizon temporel auquel les bénéfices des politiques de réduction sont évalués ($T=20, 50$ et 100 ans). En cohérence avec les choix effectués lors du calcul des VEVE, nous supposons que le taux d'actualisation annuel et les variations annuelles des VEVE sont d'ampleur comparable, ce qui conduit à un taux d'actualisation net nul. À titre d'exercice de sensibilité, nous considérons également trois taux d'actualisation annuels nets positifs (1%, 2% et 3%) dans le Tableau 14.

Tableau 14 - Facteurs à appliquer aux évaluations économiques fondées sur une EQIS pour obtenir celles correspondant à une EDC (par maladie, délai de réduction, horizon temporel et taux d'actualisation annuel net)

Horizon temporel (T)	Taux d'actualisation annuel net	AVC			Cancer du poumon		
		Délais de réduction (p)			Délais de réduction (p)		
		1 an	10 ans	20 ans	1 an	10 ans	20 ans
100 ans	0%	0,998	0,998	0,998	0,975	0,974	0,972
	1%	0,998	0,997	0,997	0,961	0,960	0,959
	2%	0,996	0,996	0,996	0,945	0,944	0,943
	3%	0,995	0,995	0,995	0,928	0,927	0,926
50 ans	0%	0,997	0,997	0,996	0,949	0,944	0,938
	1%	0,996	0,996	0,995	0,938	0,933	0,927
	2%	0,995	0,995	0,994	0,925	0,921	0,915
	3%	0,994	0,994	0,994	0,911	0,907	0,902
20 ans	0%	0,992	0,990	0,985	0,874	0,838	0,790
	1%	0,991	0,989	0,985	0,865	0,831	0,785
	2%	0,991	0,988	0,984	0,856	0,823	0,780
	3%	0,990	0,988	0,984	0,846	0,816	0,775

De façon générale, les bénéfices économiques fondés sur les scénarios contrefactuels dans les analyses coûts-bénéfices doivent être interprétés avec prudence, en raison de la surestimation potentielle des bénéfices. Dans cette étude, les résultats préliminaires montrent cependant que la surestimation est vraisemblablement entre 1% et 15%, en fonction de la maladie et sous des hypothèses raisonnables, mais qu'elle augmente avec le taux d'actualisation, le délai de réduction et lorsque l'horizon temporel diminue.

CONCLUSIONS

L'analyse économique porte sur les données d'incidence utilisées pour l'EQIS-PA, et conduit donc à retenir une évaluation monétaire vie entière, depuis la survenue de chaque maladie jusqu'au décès du patient.

En France hexagonale et **pour les PM_{2,5}**, la composante matérielle (ou tangible), qui comprend les coûts de santé (CS) et les pertes de production (PP), représente en moyenne 56% du fardeau, tandis que la composante non tangible (les coûts immatériels) qui mesure les pertes de bien-être, représente les 44% restants.

Cette analyse montre que si les niveaux moyens de PM_{2,5} étaient **réduits jusqu'au seuil anthropique de 3 µg/m³** en France hexagonale, les bénéfices annuels en termes de santé et de bien-être pour les maladies étudiées s'élèveraient à 12,88 milliards €₂₀₁₈, dont 4,43 milliards €₂₀₁₈ pour la BPCO (34,4%), 4,27 milliards €₂₀₁₈ pour l'asthme chez l'enfant (33,2%), 430 millions €₂₀₁₈ pour le cancer du poumon (3,3%), 1,25 milliard €₂₀₁₈ pour l'AVC (9,7%), 679 millions €₂₀₁₈ pour l'HTA (5,3%), 448 millions €₂₀₁₈ pour l'IAM (3,5%) et 1,38 milliard €₂₀₁₈ pour le diabète de type 2 (10,7%). Le système de santé supporterait les CS (5,27 milliards €₂₀₁₈, soit 40,9%), les autres payeurs les PP (1,93 milliard €₂₀₁₈, soit 15%), et la composante intangible représenterait le solde de 5,68 milliards €₂₀₁₈ (soit 44,1%) ; supportée par les patients et leurs familles.

Si la **valeur-guide de l'OMS de 5 µg/m³ pour les PM_{2,5}** était atteinte en France hexagonale, les bénéfices annuels en termes de santé et de bien-être pour les maladies étudiées en lien avec les PM_{2,5} s'élèveraient à 9,58 milliards €₂₀₁₈, dont 3,27 milliards €₂₀₁₈ pour la bronchopneumopathie chronique obstructive (34,2%), 3,21 milliards €₂₀₁₈ pour l'asthme chez l'enfant (33,6%), 318 millions €₂₀₁₈ pour le cancer du poumon (3,3%), 925 millions €₂₀₁₈ pour l'accident vasculaire cérébral (AVC) (9,7%), 503 millions €₂₀₁₈ pour l'hypertension artérielle (HTA) (5,2%), 329 millions €₂₀₁₈ pour l'infarctus aigu du myocarde (3,4%) et 1,017 milliard €₂₀₁₈ pour le diabète de type 2 (10,6%). Le système de santé supporterait les CS (3,91 milliards €₂₀₁₈, soit 40,8%) et les autres payeurs les PP (1,44 milliard €₂₀₁₈, soit 15,1%). La composante intangible représente le solde de 4,22 milliards €₂₀₁₈ (soit 44,1%).

Pour le NO₂, la composante matérielle (ou tangible), comprenant les coûts de santé (CS) et les pertes de production (PP), représente en moyenne 63 % du fardeau, tandis que la composante non tangible (les coûts immatériels) qui mesure les pertes de bien-être, représente les 37% restants.

Si les niveaux moyens de NO₂ étaient **réduits jusqu'au seuil anthropique de 1 µg/m³**, les bénéfices annuels en termes de santé et de bien-être pour les maladies étudiées s'élèveraient à 3,79 milliards €₂₀₁₈, dont 2,82 milliards €₂₀₁₈ pour l'asthme chez l'enfant (74,4%), 965 millions €₂₀₁₈ pour l'asthme chez l'adulte (25,5%) et 3,12 millions €₂₀₁₈ pour l'ALRI chez l'enfant (0,1%). Le système de santé supporterait les CS (1,18 milliard €₂₀₁₈, soit 31%), les autres payeurs les PP (1,21 milliard €₂₀₁₈, soit 32%), et la composante intangible représenterait le solde de 1,40 milliard €₂₀₁₈ (soit 37,1%).

Si la **valeur-guide de l'OMS de 10 µg/m³ pour le NO₂** était atteinte en France hexagonale, les bénéfices annuels en termes de santé et de bien-être pour les maladies étudiées en lien avec le NO₂ s'élèveraient à 1,69 milliard €₂₀₁₈, dont 1,24 milliard €₂₀₁₈ pour l'asthme chez l'enfant (73,5%), 446 millions €₂₀₁₈ pour l'asthme chez l'adulte (26,4%) et 1,44 million €₂₀₁₈ pour la pneumopathie et autres infections aiguës des voies respiratoires inférieures chez l'enfant (0,1%).

Il ne faut cependant pas oublier que c'est aussi le citoyen qui prend en charge les CS et PP, que ce soit par le biais de cotisations sociales, d'assurances privées, d'impôts ou de taxes indirectes. De plus, sous des hypothèses raisonnables, ces résultats fondés sur l'approche EQIS contrefactuelle devraient être diminués de 1% à 15% environ selon la maladie, lorsqu'ils sont utilisés dans des analyses coûts-bénéfices prenant en compte les questions de délai d'apparition de la maladie et de

mise en œuvre des politiques de réduction. Enfin, la survenue de certaines maladies n'étant pas indépendante (comme l'HTA et les maladies cardiovasculaires, ou le diabète de type 2 et l'AVC), la valorisation monétaire vie entière peut entraîner un double comptage d'une partie des CS. Cela ne devrait toutefois modifier ni les ordres de grandeur monétaires ni la hiérarchie des maladies obtenus.

Compte tenu de la définition d'un cas incident dans la présente étude, nous avons choisi de nous appuyer de façon privilégiée sur les données collectées par l'Assurance maladie (2024). Ainsi, en 2018, les CS pour l'hypertension artérielle sont de 478 €₂₀₁₈ par patient (dont 30 €₂₀₁₈ pour hospitalisation). Cela permet également de limiter le double comptage des coûts, l'hypertension étant précurseur d'autres maladies, IAM et AVC, valorisées dans le présent rapport. Ce faisant, nous ne valorisons pas les coûts résultant de l'augmentation de la probabilité de survenue de ces affections chez les patients dont le traitement pour hypertension est associé à l'exposition à la pollution.

Par ailleurs, de nombreuses pathologies exposent à des complications, telles les maladies cardiovasculaires pour l'hypertension, l'AVC pour le diabète de type 2, ou les maladies cardiovasculaires et la pneumonie pour la BPCO. Nous les prenons généralement en compte à partir des sources de données exploitées, quand elles décomposent les coûts sanitaires par postes ou procèdent par comparaisons des CS entre un groupe de patients atteints de la maladie et un groupe non atteint ; ou en nous fondant sur l'ensemble des dépenses d'un patient atteint d'une affection, en s'appuyant sur les données issues de l'Assurance maladie.

La contrepartie est qu'un possible double comptage peut exister lorsque l'on somme les effets des maladies associés à un polluant donné, pour un scénario donné, dans la mesure où une (petite) partie du coût peut représenter à la fois un coût principal d'une maladie et un coût de complication d'une autre. Nous l'éviterons par exemple pour l'HTA, précurseur d'autres maladies cardio- et neurovasculaires, en restreignant les CS aux seuls coûts de traitement. Néanmoins, un éventuel double comptage ne devrait modifier ni les ordres de grandeur monétaires ni la hiérarchie des maladies obtenus.

Enfin, les données issues de l'Assurance maladie ne représentent que la part remboursée dans le cadre du régime obligatoire. Elles ne comprennent ni la part dite opposable (différence entre le montant de la base de remboursement et le montant réellement remboursé) ni la part associée à la liberté tarifaire (dépassements d'honoraires ou tarifs libres sur certains produits), qui sont à la charge des mutuelles et des patients. En moyenne, sur la base des données de Drees (2024) pour 2016-2017 et pour les postes sollicités dans notre analyse, nous établissons le reste à charge moyen à 12,7% des dépenses. Puisqu'une approche sociétale et adoptée, il convient de garder en tête que les montants monétaires issus des données de l'Assurance maladie représentent une sous-estimation du coût sociétal.

Références bibliographiques du volume 2

- Anto, J.M., Vermeire, P., Vestbo, J., Sunyer, J. (2001) Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease. *European Respiratory Journal*, 17(5): 982-994.
- Aphekom (2011). Guidelines on monetary cost calculations related to air pollution health impacts. Deliverable D6 par Chanel, O.
http://aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=9432004a-0d17-4be9-8f86-5b33a77a12c4&groupId=10347
- Asthma+Lung UK (2023) Investing in breath: Measuring the economic cost of asthma and COPD in the UK and identifying ways to reduce it through better diagnosis and care - Technical Report <https://www.asthmaandlung.org.uk/investing-better#:~:text=The%20total%20economic%20cost%20of>
- Assurance maladie. 2024. 'Data pathologies', Caisse nationale de l'Assurance maladie (Cnam), Accessed octobre 2024. <https://data.ameli.fr/pages/data-pathologies/>
- Barendregt, J. J., Van Oortmarssen, G. J., Vos, T., Murray, C. J. (2003) A generic model for the assessment of disease epidemiology: the computational basis of DisMod II. *Popul Health Metrics* 1, 4. <https://doi.org/10.1186/1478-7954-1-4>
- Belova, A., Fann, N., Haskell, J., Hubbell, B., Narayan, T. (2020). Estimating lifetime cost of illness. An application to asthma. *Annals of the American Thoracic Society*, 17(12), 1558-1569.
- Birchby D, Sendall J, Stedman J (2023) Air Quality damage cost update 2023 –FINAL Report Ricardo Environment and Energy Report for Defra ECM_61369, 68 p.
https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat09/2301090900_Damage_cost_update_2023_Final.pdf
- Burnett, R., Chen, H., Szyszkowicz, M., Fann, N., Hubbell, B., Pope C. A. *et al.* (2018). Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(38), 9592-9597. <https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115>
- CAFE (2005). Methodology for the Cost-Benefit Analysis for CAFE. Volume 3: Uncertainty in the CAFE CBA. Report ED51014. AEA Technology Environment Report, Oxon, par Holland, M., Hurley, F., Hunt, A., *et al.*
https://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/activities/pdf/cba_method_vol3.pdf
- Chan, J. C., Lim, L. L., Wareham, N. J., Shaw, J. E., Orchard, T. J., Zhang, P., ... & Gregg, E. W. (2020). The Lancet Commission on diabetes: using data to transform diabetes care and patient lives. *The Lancet*, 396(10267), 2019-2082.
- Chanel, O., Scapecchi, P., Vergnaud, J.-C. (2006). How to correctly assess mortality benefits in public policies. *Journal of Environmental Planning and Management*, 49(5), 759-776. <https://doi.org/10.1080/09640560600850150>
- Chapman, K.R., Mannino, D.M., Soriano, J.B., Vermeire, P.A., Buist, A.S., Thun, M.J., Beasley, R. (2006) Epidemiology and costs of chronic obstructive pulmonary disease. *European Respiratory Journal*, 27(1): 188-207
- Charbonnel, B., Simon, D., Dallongeville, J. *et al.* (2018) Direct Medical Costs of Type 2 Diabetes in France: An Insurance Claims Database Analysis. *PharmacoEconomics Open* 2, 209–219. <https://doi.org/10.1007/s41669-017-0050-3>
- Charbonnel, B., Simon, D., Dallongeville, J., Bureau, I., Gourmelen, J., & Detournay, B. (2017). Coût du diabète de type 2 en France: une analyse des données de l'EGB. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 11, IIS24-IIS27.
- Chen J, Hoek G. (2020) Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*. 143:105974.
- Cropper, M., Khanna, S. (2014). How should the World Bank estimate air pollution damages? *Resources for the Future Discussion Paper*, 14-30.
- Dajnak, D., Kitwiroon, N., Assareh, N., Stewart, G., Hicks, W., Evangelopoulos, D., ... & Beevers, S. (2022). Pathway to WHO: achieving clean air in the UK. Environmental Research Group, Imperial College, London. <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/medicine/sph/environmental-research-group/CAF-Technical-Report-Final.pdf>, 136 p.
- Dal Negro, R., Eandi, M., Pradelli, L., Iannazzo, S. (2007) Cost-effectiveness and healthcare budget impact in Italy of inhaled corticosteroids and bronchodilators for severe and very severe
- Daroudi, R., Akbari Sari, A., Nahvijou, A., Faramarzi, A. (2021). Cost per DALY averted in low, middle-and high-income countries: evidence from the global burden of disease study to estimate the cost-effectiveness thresholds. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 19(1), 1-9.
- Delafosse P, Defossez G, Molinié F, D'Almeida T, Lecoffre C, Lafay L *et al.* (2020). Survie des personnes atteintes de cancer en France métropolitaine 1989-2018 Graphiques d'adéquation – Poumon. Boulogne-Billancourt : Institut national du cancer, septembre, 8 p. [https://www.e-cancer.fr/content/download/297359/4238585/file/Survie des personnes atteintes de cancer en France métropolitaine 1989 2018 POUMON_ADEQUATION.pdf](https://www.e-cancer.fr/content/download/297359/4238585/file/Survie_des_personnes_atteintes_de_cancer_en_France_métropolitaine_1989_2018_POUMON_ADEQUATION.pdf)
- Dervaux, B., Rochemaix, L., Meurisse, B., Robinet, A., Ni, J., Banoun, S., Domergue, S, Guéro P. ; Hartmann L. ; Meynard C.-L. ; Baumstark L. ; Marcus V. ; Mesqui B. ; Nicolai J.P. (2022). *L'évaluation socioéconomique des effets de santé des projets d'investissement public* France Stratégie-Commissariat général à la stratégie et la prospective, Mars, 322 p.
- Desaigues B., Ami D., Bartczak A., Braun-Kohlová M., Chilton S., Czajkowski M., Farreras V., Hunt A., Hutchison M., Jeanrenaud C., Kaderjak P., Máca V., Markiewicz O., Markowska A., Metcalf H., Navrud S., Seested Nielsen J., Ortiz R., Pellegrini S., Rabl A., Riera P., Scasny M., Stoeckel M.-E., Szántó R., Urban J. (2011). Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). *Ecological Indicators* 11, 902–10.
- Drees - Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (2024) Dépenses de santé et restes à charge, Données pour 2016-2017 disponibles ici: https://drees.shinyapps.io/depenses_et_rac/ accédé en octobre 2024, Ministère des Solidarités et de la Santé
- Emerging Risk Factors Collaboration. (2011). Diabetes mellitus, fasting glucose, and risk of cause-specific death. *New England Journal of Medicine*, 364(9), 829-841.)

- Flamand, L, Gilles C., Trannoy A. (2018) Les salaires augmentent-ils vraiment avec l'âge ? La note d'analyse n°72, France Stratégie : Paris, 12 p. <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-na72-age-salaire-28novembre.pdf>
- Ghatnekar, O., Persson, U., Asplund, K., Glader, E. (2014). Costs for stroke in Sweden 2009 and developments since. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 30(2), 203-209. doi:10.1017/S0266462314000075
- Giroux Leprieur, E., Vergnenègre, A., Trédaniel, J. (2020). Épidémiologie des cancers du poumon en France: Les tendances actuelles: Epidemiology of lung cancer in France: Current trends. *Revue des Maladies Respiratoires Actualités*, 12(2), 2S6-2S13.
- Global Burden of Disease Collaborative Network. (2020) Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Disability Weights. Seattle, United States of America: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME).
- HAS (2014) Valeurs de références pour l'évaluation économique en santé Revue de la littérature Décembre, 74 p., Haute Autorité de Santé : Paris https://www.has-sante.fr/jcms/c_2000880/fr/document-valeurs-de-reference-pour-l-evaluation-economique-en-sante
- Herrera-Araujo D., Hammitt J. K., Rheinberger C. M. (2020), Theoretical bounds on the value of improved health, *Journal of Health Economics*, 72, July, 102341.
- Huangfu P, Atkinson R. (2020) Long-term exposure to NO2 and O3 and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*. 144:105998.
- Hunt, A., Ferguson J. (2010), A review of recent policy relevant findings from the environmental health literature, OECD, Paris.
- Hunt, A., Ferguson J., Hurley F., Searl A. (2016), Social costs of morbidity impacts of air pollution, OECD Environment Working Papers, No. 99, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jm55j7cq0lv-en>
- Hunter, L. C., Lee, R. J., Butcher, I., Weir, C. J., Fischbacher, C. M., McAllister, D., & Hardie, R. M. (2016). Patient characteristics associated with risk of first hospital admission and readmission for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) following primary care COPD diagnosis: a cohort study using linked electronic patient records. *BMJ open*, 6(1), e009121.
- Insee, Emploi, chômage, revenus du travail. Insee Références Édition 2021. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5392045>
- Inserm (2019) « Diabète de type 2 Un trouble du métabolisme principalement lié au mode de vie » <https://www.inserm.fr/dossier/diabete-type-2/>
- James, G. D., Donaldson, G. C., Wedzicha, J. A., & Nazareth, I. (2014). Trends in management and outcomes of COPD patients in primary care, 2000–2009: a retrospective cohort study. *NPJ primary care respiratory medicine*, 24(1), 1-7.
- Kolominsky-Rabas, P. L., Heuschmann, P. U., Marschall, D., Emmert, M., Baltzer, N., Neundörfer, B., Schöffski, O., Krobot, K. J. (2006) Lifetime cost of ischemic stroke in Germany: results and national projections from a population-based stroke registry: the Erlangen Stroke Project. *Stroke*, 37(5): 1179-1183. doi:10.1161/01.STR.0000217450.21310.90.
- Kopp, P., Kirchner, S., Boulanger, G., Pernelet-Joly, V., Bayeux, T., Vergriette, B., & Mandin, C. (2014). Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur. *Anses Editions*, 96 p. avril
- Kouakou C.R., He J., Poder T.G. (2023) Estimating the monetary value of a Quality-Adjusted Life-Year in Quebec. *The European Journal of Health Economics*, (2023). <https://doi.org/10.1007/s10198-023-01625-3>
- Kouakou C.R., Poder T.G. (2022). Willingness to pay for a quality-adjusted life year: a systematic review with meta-regression. *The European Journal of Health Economics*, 23(2), 277-299.
- Laurendeau, C., Chouaid, C., Roche, N., Terrioux, P., Gourmelen, J., & Detournay, B. (2015). Prise en charge et coûts de la bronchopneumopathie chronique obstructive en France en 2011. *Revue des Maladies Respiratoires*, 32(7), 682-691.
- Leksell, I., Rabl, A. (2001). Air pollution and mortality: quantification and valuation of years of life lost. *Risk Analysis*, 21, 843-57. <https://doi.org/10.1111/0272-4332.215156>
- Lightwood, J.M., Glantz, S.A. (1997). Short-term economic and health benefits of smoking cessation. *Circulation*, 96, 1089 – 1096. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.96.4.1089>
- Miller, B., Hurley, F. (2003). Life table methods for quantitative impact assessments in chronic mortality. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57, 200–6. <http://dx.doi.org/10.1136/jech.57.3.200>
- Moore M, Little P, Rumsby K, Kelly J, Watson L, Warner G, Fahey T, Williamson I. Predicting the duration of symptoms in lower respiratory tract infection. *Br J Gen Pract*. 2008 Feb; 58(547):88-92. doi: 10.3399/bjgp08X264045.
- Moreno, E., Schwarz, L., Host, S., Chanel, O., Benmarhnia, T. (2022) The environmental justice implications of the Paris low emission zone: a health and economic impact assessment. *Air Qual Atmos Health* 15, 2171–2184. <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01243-7>
- Narain U., Sall C. (2016). Methodology for valuing the health impacts of air pollution: Discussion of challenges and proposed solutions. Washington, DC: World Bank Group., DC: World Bank Group.
- Nordon, C., Grimaldi-Bensouda, L., Pribil, C., Nachbaur, G., Amzal, B., Thabut, G., & Devouassoux, G. (2018). Clinical and economic burden of severe asthma: a French cohort study. *Respiratory medicine*, 144, 42-49.
- OCDE (2021). Health at a Glance 2021: OECD Indicators, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/ae3016b9-en>.
- OCDE (2018), « Discounting », In Cost-Benefit Analysis and the Environment : Further Developments and Policy Use, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264085169-11-en>.
- Park, J., Look, K. A. (2019). Health care expenditure burden of cancer care in the United States. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 56, 0046958019880696.
- Pascal M, Yvon J-M, Medina S. (2019) Pollution atmosphérique. Guide pour la réalisation d'une évaluation quantitative des impacts sur la santé (EQIS). EQIS avec une exposition modélisée. Saint-Maurice: Santé publique France.
- Perez, L., Declercq, C., Iñiguez, C., Aguilera, I., Badaloni, C., Ballester, F., ... & Künzli, N. (2013). Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities (APHEKOM network). *European Respiratory Journal*, 42(3), 594-605.
- Peterson, C., DeGue, S., Florence, C., Lokey, C. N. (2017). Lifetime economic burden of rape among US adults. *American journal of preventive medicine*, 52(6), 691-701
- Pora P., Wilner L. (2016). Les évolutions annuelles du revenu salarial le long de l'échelle salariale : quels constats selon l'âge, le sexe et le secteur ?, Insee Références, édition 2016., p. 49-60. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2122740?sommaire=2122750>

- Quinet E. (2013). L'évaluation socioéconomique des investissements publics Rapport de la mission présidée par Emile Quinet, Commissariat général à la stratégie et à la prospective, septembre, 351 p.
- Rabl, A., Spadaro, J. Holland, M. (2014). How Much Is Clean Air Worth?: Calculating the Benefits of Pollution Control. Cambridge University Press.
- Raherison-Semjen C, Izadifar A, Russier M, Rolland C, Aubert J.-P., Sellami R, Leynaud D, Fabry-Vendrand C, Didier A (2018) Late Breaking Abstract - Asthma prevalence and management in adults in France in 2018: ASTHMAPOP survey. *European Respiratory Journal* 52: OA292 ; DOI: [10.1183/13993003.congress-2018.OA292](https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2018.OA292)
- Romain, G., Mariet, A. S., Jooste, V., Duloquin, G., Thomas, Q., Durier, J., Giroud, M., Quantin, C., Béjot, Y. (2020). Long-term relative survival after stroke: the Dijon stroke registry. *Neuroepidemiology*, 54(6), 498-505.
- Röösl, M., Künzli, N., Braun-Fahrländer, C., Egger, M. (2005). Years of life lost attributable to air pollution in Switzerland: Dynamic exposure-response model. *International Journal of Epidemiology*, 34, 1029-35. <https://doi.org/10.1093/ije/dyi106>
- Ryen L., Svensson M. (2015), The willingness to pay for a quality adjusted life year: a review of the empirical literature, *Health Economics*, 24(10), October, 1289-1301.
- Scarborough, P., Smolina, K., Mizdrak, A., Cobiac, L., & Briggs, A. (2016). Assessing the external validity of model-based estimates of the incidence of heart attack in England: a modelling study. *BMC public health*, 16, 1-8.
- Soguel, N., Griethuysen, P. V. (2003). Cost of illness and contingent valuation: controlling for the motivations of expressed preferences in an attempt to avoid double-counting. *Economie Publique* (12/1), 179-200.
- Stedman, M., Heald, A. H., & Whyte, M. (2022). Early death and loss of life expectancy years in type 2 diabetes are linked to local population demographics and lifestyle, September, Hybrid 58th EASD Annual Meeting <https://www.easd.org/media-centre/home.html#!resources/early-death-and-loss-of-life-expectancy-years-in-type-2-diabetes-are-linked-to-local-population-demographics-and-lifestyle-22c8d546-a1b3-4e9a-bca3-5c180e5b20e2>
- Téhard, B., Detournay, B., Borget, I., Roze, S., De Pourville, G. (2020). Value of a QALY for France: a new approach to propose acceptable reference values. *Value in Health*, 23(8), 985-993.
- US-EPA (2010), Guidelines for Preparing Economic Analyses, National Center for Environmental Economics, december. Updated May 2014, 302 p.
- Vidal (2024) Infarctus du myocarde, <https://www.vidal.fr/maladies/coeur-circulation-veines/apres-infarctus-myocarde.html>
- Walton, H. (2010). Development of proposals for cessation lag(s) for use in total impact calculations. In The mortality effects of long-term exposure to particulate matter in the United Kingdom, COMEAP (Committee on the Medical Effects of Air Pollutants) report, <https://www.gov.uk/government/publications/comeap-mortality-effects-of-long-term-exposure-to-particulate-air-pollution-in-the-uk>
- WHO (2013) Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution—Revihaap Project; World Health Organisation: Copenhagen, Danemark, pp. 1–309
- World Bank (2023) World Development Indicators. Available from: <https://databank.worldbank.org/>
- Zhao, T., Tew, M., Feenstra, T. *et al.* (2024) The Impact of Unrelated Future Medical Costs on Economic Evaluation Outcomes for Different Models of Diabetes. *Appl Health Econ Health Policy* 22, 861–869. <https://doi.org/10.1007/s40258-024-00914-z>

ANNEXES DU VOLUME 2

Annexe 1. D'une VEVE théorique complexe à une VEVE simple et calculable

Pour une maladie chronique donnée, l'expression complète de la VEVE à la date t , d'un individu d'âge a ($a=0, \dots, 120$) dont la maladie se déclare à la date t , nécessite plusieurs informations. Premièrement $P_{t+n,a}$, les probabilités qu'un patient d'âge a soit en vie au début de chaque année n après le moment de l'apparition de la maladie t , $n=0, \dots, (120-a)$; qui, lorsqu'elles sont observées à la date $t+n$, sont notées ${}^{t+n}P_{n,a}$. Deuxièmement, l'évaluation des trois composantes du coût pour un patient d'âge a , au cours de chaque année n après le moment de l'apparition de la maladie t , et observé à la date $t+n$, c'est-à-dire, ${}^{t+n}CS_{n,a}$, ${}^{t+n}PP_{n,a}$, ${}^{t+n}CI_{n,a}$. Troisièmement, le taux d'actualisation annuel, qui permet d'exprimer à l'année t les valeurs économiques observées dans le futur, et qui est observé au temps $t+n$, pour l'année n après l'apparition de la maladie, c'est-à-dire ${}^{t+n}\delta_n$.

Comme la VEVE au temps t repose sur des valeurs anticipées au temps t plutôt que sur des valeurs observées au temps $t+n$, nous remplaçons l'exposant $t+n$ par n dans ce qui suit, et la VEVE d'un individu d'âge a évalué au temps t peut s'écrire comme suit :

$${}^tVEVE_a = \sum_{n=0}^{120-a} \left[\frac{{}^tP_{n,a}({}^tCS_{n,a} + {}^tPP_{n,a} + {}^tCI_{n,a})}{(1+{}^t\delta_n)^n} \right] \quad (A1)$$

où : a est l'âge de l'individu,
 n est un indicateur temporel,
 120 est la limite supérieure de l'âge,
 ${}^tP_{n,a}$ est la probabilité, estimée à la date t , qu'un patient d'âge a soit en vie au début de l'année n depuis l'apparition de la maladie (avec ${}^tP_{0,a} \equiv 1$ et ${}^tP_{120-a,a} \equiv 0$),
 ${}^tCS_{n,a}$ sont les coûts sanitaires d'un patient d'âge a au cours de l'année n après l'apparition de la maladie, évalués au cours de l'année t ,
 ${}^tPP_{n,a}$ sont les pertes productives d'un patient d'âge a au cours de l'année n depuis l'apparition de la maladie, évaluées au cours de l'année t ,
 ${}^tCI_{n,a}$ représente la composante intangible pour un patient d'âge a au cours de l'année n depuis l'apparition de la maladie, évaluées au cours de l'année t ,
 ${}^t\delta_n$ le taux d'actualisation annuel à l'année n après l'apparition de la maladie, évalué à l'année t .

L'équation (A1) nécessite de connaître, pour chaque maladie, les probabilités de survie d'un individu d'âge a , chaque année depuis l'apparition de la maladie ($n=0$) jusqu'au décès ($n=120-t$), ainsi que les différentes composantes de la valorisation monétaire à l'âge a pour chacune des $(120-t)$ années. En pratique, les évaluations s'appuient souvent sur les probabilités de survie observées après l'apparition d'une maladie donnée, calculées sur un échantillon de patients sans tenir compte de l'âge (ou en ne distinguant que les enfants et les adultes). Cela permet de calculer les coûts moyens des différentes composantes par année vécue avec la maladie, ce qui conduit à :

$${}^tVEVE = \sum_{n=0}^{120} \left[\frac{{}^tP_n({}^tCS_n + {}^tPP_n + {}^tCI_n)}{(1+{}^t\delta_n)^n} \right] \quad (A2)$$

où : tP_n est la probabilité moyenne, anticipée à la date t , d'être en vie au début de l'année n après l'apparition de la maladie,
 tCS_n , tPP_n and tCI_n sont les 3 composantes moyennes pour un groupe d'âge donné (ou tous les groupes d'âge) au cours de l'année n depuis l'apparition de la maladie, et anticipées à l'année t .

Il convient de noter que la limite supérieure de la somme ($n=120$) est théorique et représente la durée de vie maximale d'un nouveau-né.

L'évolution future des différentes composantes est difficile à anticiper à partir de l'année t , et des hypothèses sont nécessaires sur les probabilités d'être en vie, les taux de croissance annuels des dépenses de santé (α), les salaires moyens (β), la composante immatérielle (γ) ou le taux d'actualisation (δ). En effet, les nouveaux traitements sont susceptibles d'être plus coûteux à l'avenir, comme les thrombectomies endovasculaires à coût élevé (Morrow 2022) ou les nouveaux anticoagulants oraux (Cotté *et al.* 2014) pour le traitement des accidents vasculaires cérébraux, ou encore l'émergence de nouveaux traitements contre l'asthme (Rafenberg, Dixsaut et Annesi-Maesano 2015). En outre, ils peuvent également être plus efficaces en améliorant les probabilités de survie. Si l'on considère que les probabilités d'être en vie sont fixées à celles observées en $t=0$, et que les trois taux de croissance annuels et le taux d'actualisation sont constants dans le temps, l'équation (A2) peut être réécrite comme suit :

$${}^tVEVE = \sum_{n=0}^{120} \left[\frac{{}^tP_n}{(1+{}^t\delta_n)^n} \right] [{}^tCS_n(1+\alpha)^n + {}^tPP_n(1+\beta)^n + {}^tCI_n(1+\gamma)^n] \quad (A3a)$$

Une approximation acceptable de l'équation (A3a) peut être dérivée pour les maladies dont les trois composantes ne dépendent pas fortement de la durée n depuis l'apparition de la maladie et qui n'ont pas d'impact important sur l'espérance de vie. Par conséquent, pour une classe d'âge donnée (ou pour toutes les classes d'âge), l'équation suivante est une approximation acceptable de l'équation (A2) :

$${}^tVEVE = \sum_{n=0}^{D-1} \left[\frac{{}^t\overline{CS}(1+\alpha)^n + {}^t\overline{PP}(1+\beta)^n + {}^t\overline{CI}(1+\gamma)^n}{(1+\delta)^n} \right] \quad (A3b)$$

où : D est la durée moyenne de la maladie,
 ${}^t\overline{CS}$, ${}^t\overline{PP}$ et ${}^t\overline{CI}$ sont les valeurs annuelles moyennes des trois composantes dans l'échantillon de patients, estimées au cours de l'année t , c'est-à-dire le coût prévalent moyen.

Les trois composantes sont calculées sur la base des coûts moyens de tous les patients (prévalence) à l'instant t , et représentent correctement la distribution réelle sous-jacente des patients, tant en termes d'années après l'apparition de la maladie qu'en termes de gravité de la maladie.

Il convient de noter que, dans l'hypothèse où les taux de croissance annuels moyens de chacune des trois composantes ne diffèrent pas de manière significative du taux d'actualisation annuel δ , il n'y a pas d'actualisation supplémentaire à effectuer. Par conséquent, les calculs de la VEVE fondés sur les équations (A3a-b) se simplifient respectivement comme suit (en omettant l'exposant t par souci de clarté) :

$$VEVE = \sum_{n=0}^{120} P_n(CS_n + PP_n + CI_n) \quad (A4a)$$

$$VEVE = D(\overline{CS} + \overline{PP} + \overline{CI}) \quad (A4b)$$

Pour les IAM, nous adapterons l'équation (A4b) pour les CS, en distinguant la première année (qui inclue la « première hospitalisation pour IAM avec absence d'antécédents dans les dix années précédentes ») des années suivantes, qui relèvent du traitement chronique et des potentielles complications.

Références

- Cotté, F. E., G. Chaize, I. Kachaner, A. F. Gaudin, A. Vainchtock, and I. Durand-Zaleski. 2014. 'Incidence and cost of stroke and hemorrhage in patients diagnosed with atrial fibrillation in France', *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 23: e73-83.
- Morrow, C. M.; Simpson, A. N.; Almallouhi, E.; Woodbury, M. L.; Simpson, K. N. 2022. 'Comparative effect of inflation versus practice changes on the payments for care: an example from stroke'.
- Rafenberg, C., G. Dixsaut, and I. Annesi-Maesano. 2015. 'Évaluation à minima du coût de la pollution atmosphérique pour le système de soin français', *Environnement, Risques & Santé*, 14: 135-50.

Annexe 2. Calculs de la VEVE par pathologie et par composante de coût

Nous présentons ci-dessous la manière dont les VEVE ont été calculées pour chacune des huit pathologies et chacune des trois composantes de coût.

A2.1 Le cancer du poumon

En France en 2018, l'incidence du cancer du poumon concernait les individus âgés de plus de 35 ans dans 99,68% des cas, et les individus âgés de moins de 65 ans dans 42,1% des cas (Defossez *et al.* 2019). Notre analyse considérera donc que les coûts de santé observés pour tous les âges sont égaux à ceux des plus de 35 ans, et les pertes de production seront comptabilisées pour 42,1% de la population.

Le coût moyen du cancer du poumon évolue très rapidement dans le temps. Selon Chouaid et Vergnenègre (2018), il est passé de 20 000 € en 2002 à 40 000 € en 2009, puis à 60 000 € en 2016 (hors immunothérapie). Le coût annuel est également très dépendant du nombre d'années écoulées depuis le diagnostic, mais aussi de la dernière année avant le décès. Pour Mariotto *et al.* (2011), la première année représente 50% des dépenses de santé de la dernière année, et les années intermédiaires environ 5%. Pour Rafenberg, Dixsaut, et Annesi-Maesano (2015), la première et la dernière année représentent un coût similaire, les deux premières années intermédiaires 25% de ce coût, et les 3 suivantes 6,25%. Pour Dieguez *et al.* (2017), la deuxième année représente 43% du coût de la première, la troisième 34% et la quatrième 24%. Nous essaierons de prendre en compte au mieux ces différences. Enfin, selon l'Assurance maladie (2024), les soins ambulatoires et hospitaliers annuels, les indemnités journalières de maladie et les pensions d'invalidité s'élèvent en moyenne à 20 517 €₂₀₁₈ par cancer actif, mais 1 633 €₂₀₁₈ par cancer du poumon sous surveillance.

Calculs des CS sur la durée de vie

Nous avons trouvé cinq études qui calculent ou permettent de calculer la VEVE pour un cancer du poumon, en se fondant généralement sur les coûts annuels par année après l'apparition et en tenant compte de la probabilité de survie pendant les 5 à 7 premières années, dans une version simplifiée de l'équation (EQ1).

The Economist Intelligent Unit (2009) estime, pour la France, le coût d'un cancer du poumon à 65 572 €₂₀₁₈ par nouveau cas, en supposant que les dépenses annuelles représentent la répartition des patients entre les différentes phases. Ils couvrent les coûts médicaux directs, les coûts non médicaux et les pertes de productivité sur la base de Kim *et al.* (2008), et la répartition globale (au niveau mondial) est de 55,2% pour les coûts médicaux directs, de 20,9% pour les coûts non-médicaux directs et de 23,8% pour les pertes de production. Cela conduit à une VEVE de 49 941 €₂₀₁₈ pour les CS et de 15 631 €₂₀₁₈ pour les PP.

Mariotto *et al.* (2011) calculent les CS pour deux classes d'âge (plus et moins de 65 ans) par sexe, et par année après le diagnostic initial (première, intermédiaire ou dernière). Nous appliquons ces CS par année après le diagnostic initial aux données françaises (67,4% d'hommes, 42,1% de plus de 65 ans) et obtenons la répartition suivante des patients : 21% pour la première année, 17% pour la dernière année et 62% pour les années intermédiaires. Enfin, nous appliquons les probabilités de survie françaises (Delafosse *et al.* 2020), et nous supposons que les personnes qui décèdent la première année ont supporté 50% des coûts de la première année et 50% des coûts de la dernière année, que celles qui décèdent la deuxième année ont supporté les coûts de la première et de la dernière année et que celles qui décèdent une année ultérieure ajoutent un coût intermédiaire aux coûts de la première et de la dernière année. Nous obtenons 136 151 €₂₀₁₈, et une fois pris en compte le ratio des dépenses de santé par habitant entre la France et les États-Unis (0,48 selon l'OCDE, 2021), 65 352 €₂₀₁₈.

Rafenberg, Dixsaut et Annesi-Maesano (2015) estiment le coût moyen direct et indirect d'un nouveau cas de cancer du poumon (associé à l'exposition à la pollution atmosphérique) sur les cinq années suivant le diagnostic, en tenant compte des différents coûts selon l'année après le diagnostic initial et de la probabilité de survie. Les CS s'élèvent à 57 501 €₂₀₁₈, et les coûts indirects liés aux PP (soit 120 jours d'interruption de travail à 51,20 €₂₀₁₈/jour= 6 149 €₂₀₁₈) sont pris en compte pour les patients âgés de moins de 65 ans (39% des cas), soit une estimation moyenne des PP de 2 398 €₂₀₁₈ par patient.

Dieguez *et al.* (2017) suivent les dépenses médicales et les dépenses personnelles de 3 425 patients américains dans les 48 mois suivant le diagnostic de cancer du poumon. En appliquant les probabilités de survie observées (57% à un an, 28% à deux ans et 18 % à trois ans), nous obtenons une moyenne par cas de cancer de 148 940 €₂₀₁₈ (allant de 92 926 €₂₀₁₈ pour un décès au milieu de la première année à 248 418 €₂₀₁₈ pour un décès au milieu de la troisième année). En tenant compte du ratio des dépenses de santé par habitant entre la France et les États-Unis, nous obtenons 71 491 €₂₀₁₈.

Cucchi *et al.* (2021) utilisent la valeur de 154 649 €₂₀₁₈, issue d'une étude réalisée pour l'Office fédéral suisse de la santé publique (Wieser *et al.* 2014), qui prend en compte l'ensemble des coûts médicaux par patient atteint d'un cancer du poumon tout au long de sa prise en charge médicale. En tenant compte du ratio des dépenses de santé par habitant entre la France et la Suisse (0,74 selon l'OCDE, 2021), cela conduit à 114 440 €₂₀₁₈.

Calculs des CS sur une durée autre que la vie entière

Six études fournissent des CS exprimés pour 12 mois, 18 mois ou 24 mois, et nous permettent de dériver une VEVE en utilisant une durée moyenne de 2,2 ans, et en tenant compte de la différence de dépenses de santé par habitant entre les pays.

Kutikova *et al.* (2005) comparent les dépenses médicales d'un échantillon de 2 040 patients américains en 2000, depuis le diagnostic de cancer du poumon et pendant deux ans, à celles d'un échantillon de 6 120 patients sans cancer du poumon mais présentant des caractéristiques sociodémographiques similaires. 40% des patients atteints de cancer du poumon ont moins de 65 ans, et la différence de dépenses est en moyenne de 53 285 €₂₀₁₈, soit 26 852 €₂₀₁₈ pour une durée moyenne de 2,2 ans et après correction du ratio des dépenses de santé par habitant.

Chouaid *et al.* (2004) utilisent une approche par chaîne de Markov pour modéliser les coûts de santé d'un échantillon national représentatif de 428 patients français dont le cancer du poumon a été détecté en 1998-1999. Le suivi à 18 mois varie de 26 504 €₂₀₁₈ pour un cancer du poumon diffus sans petites cellules (340 patients) à 40 776 €₂₀₁₈ pour un cancer du poumon localisé à petites cellules (88 patients). Cela conduit à une VEVE moyenne pondérée (avec D=2,2 ans) de 42 522 €₂₀₁₈.

Amalric (2007) estime en 2004 le coût médical moyen en France à 28 262 €₂₀₁₈ par an, sans prendre en compte les soins de support et palliatifs, ce qui conduit à une VEVE de 62 176 €₂₀₁₈.

Kim *et al.* (2015) estiment les différentes composantes du coût annuel moyen du cancer du poumon en Corée, toutes phases confondues. Il trouve 10 480 €₂₀₁₈ pour le coût médical direct, 4 269 €₂₀₁₈ pour le coût direct non médical, et 4 442 €₂₀₁₈ pour les PP (estimées à 47,9 jours par patient travaillant ou empêché de travailler, sachant qu'environ 35% ont moins de 65 ans, soit une perte de production moyenne par patient de 1 547 €₂₀₁₈). Une fois pris en compte le ratio des dépenses de santé par habitant entre la France et la Corée (1,5484 selon l'OCDE, 2021 (OCDE 2021)), la VEVE est de 50 242 €₂₀₁₈. Les PP pour une durée de 2,2 ans s'élèvent à 5 269 €₂₀₁₈.

Park et Look (2019) estiment le coût médical annuel moyen d'un patient américain atteint d'un cancer du poumon, en comparant les dépenses médicales entre 2010 et 2014, d'un échantillon de 201 patients avec celles d'un échantillon de 114 683 patients sans cancer mais aux caractéristiques sociodémographiques similaires. La différence s'élève en moyenne, toutes phases confondues, à

31 572 €₂₀₁₈, soit 33 340 €₂₀₁₈ pour une durée moyenne de 2,2 ans et après correction du ratio des dépenses de santé par habitant.

Eaton, Hunt et Black (2023) estiment les coûts annuels moyens du cancer du poumon à 10 619 €₂₀₁₈ pour les coûts médicaux directs, 1 614 €₂₀₁₈ pour les coûts indirects associés à l'absentéisme et 5 558 €₂₀₁₈ pour la perte d'utilité associée à la perte de bien-être. Cela conduit à des VEVE de 23 363 €₂₀₁₈ pour les CS, 3 551 €₂₀₁₈ pour les PP et 12 228 €₂₀₁₈ pour la CI.

La moyenne arithmétique des 11 VEVE pour les CS, soit obtenues à partir de la littérature, soit calculées à partir des coûts annuels, conduit à des **CS moyens de 54 293 €₂₀₁₈**.

Données sur les PP dans des études internationales

Pour obtenir des VEVE pour les PP, nous appliquons aux chiffres ci-dessous, la répartition française des patients atteints de cancer par sexe et par âge, le salaire annuel moyen et la durée moyenne d'un cancer.

Dans une revue de la littérature sur l'emploi des survivants du cancer du poumon (Vayr *et al.* 2019), trois études apportent des éléments pertinents. Deux études s'intéressent au délai médian de retour au travail. Endo *et al.* (2016), au Japon, l'évaluent à 96,5 jours pour un suivi d'un an (soit un VEVE des PP de 3 177 €₂₀₁₈), tandis que Roelen *et al.* (2011) ont trouvé aux Pays-Bas un délai médian de 377 jours pour un retour partiel au travail (soit une VEVE des PP de 12 410 €₂₀₁₈). En ce qui concerne les revenus, Syse, Tretli et Kravdal (2008) ont constaté en Norvège que les hommes actifs atteints de cancer du poumon gagnaient annuellement 49,3% de moins que le groupe de référence (patients sans cancer) et les femmes 33,5% de moins, ce qui conduit à des PP de 11 666 €₂₀₁₈.

Dans Ohno *et al.* (2020), les pertes totales de productivité au travail sont estimées à 23,37% chez 1 540 patients japonais atteints de cancer du poumon, d'un âge moyen de 64,4 ans, dont 36,8% travaillent. En appliquant les données françaises, nous estimons la VEVE pour les PP à 9 327 €₂₀₁₈.

Yang *et al.* (2023) s'intéressent à 33 118 patients diagnostiqués avec un cancer du poumon entre 50 et 64 ans de 2011 à 2019. Ils trouvent une différence de durée de vie avec les personnes n'ayant jamais fumé de 1,322 an, soit une VEVE de 15 884 €₂₀₁₈.

La moyenne des 9 VEVE pour les PP, soit obtenues à partir de la littérature, soit calculées à partir des coûts annuels, conduit à des **PP moyennes de 8 812 €₂₀₁₈**.

Données sur la composante intangible

Nous utilisons la perte de qualité de vie mesurée par les pondérations d'incapacité de l'IHME-GBD pour les différentes phases :

- 0,288 pour la phase de diagnostic et de thérapie primaire du cancer du poumon, des bronches et de la trachée
- 0,451 pour la phase métastatique du cancer du poumon, des bronches et de la trachée
- 0,54 pour la phase terminale du cancer des bronches et de la trachée
- 0,049 pour la phase contrôlée du cancer du poumon, des bronches et de la trachée.

Comme pour les calculs des CS, nous supposons que les patients décédant la première année ont une perte d'AVCI de $(0,288+0,451)/2$, ceux décédant la deuxième année de $(0,288+0,451)$, ceux décédant entre la troisième à la cinquième année ajoutent 0,288 par an, et ceux décédant entre la sixième à la huitième année ajoutent 0,049 par an.

Lorsque l'on calcule la perte d'AVCI moyenne par patient, en prenant en compte les durées de survie dans chaque phase selon Dieguez *et al.* (2017) pour quatre ans, nous obtenons un total de 0,857.

Lorsque l'on calcule la même chose sur la base des temps de survie observés en France (Delafosse *et al.* 2020) et pour une durée de huit ans, nous obtenons 0,992. En prenant la moyenne arithmétique de ces valeurs, soit 0,9245 AVCI, et une valeur de l'AVCI de 45 000 €₂₀₁₈, cela conduit à une **valeur pour la CI de 41 602 €₂₀₁₈**.

A2.2 La BPCO

Selon Ameli (2024), 5 à 10% des personnes de plus de 45 ans ont une BPCO, 17 000 personnes en sont mortes en 2017, les hommes sont plus touchés que les femmes (58% selon Lurendeau *et al.* 2015) et le nombre annuel d'hospitalisations pour exacerbation de BPCO se situe entre 100 000 et 160 000 en 2014, selon l'indicateur utilisé. Le degré de sévérité est mesuré à partir du Volume expiratoire maximal par seconde et conduit à distinguer quatre stades : léger, modéré, sévère et très sévère. Dans plus de 80% des cas, la cause de la BPCO est le tabagisme et dans 15% des cas, les maladies professionnelles. Nous faisons l'hypothèse que l'âge moyen de premier diagnostic, la sévérité et la perte d'espérance de vie sont identiques lorsque les causes sont les expositions tabagiques et professionnelles, et l'exposition à la pollution de l'air.

Données sur les CS et les PP

À l'international, deux sources calculent la valeur vie entière d'une BPCO. Walton *et al.* (2024), sur la base de *Asthma+Lung UK* (2023) et de choix spécifiques sur la durée (8,9 ans actualisés), et la non-prise en compte de certains postes (pour éviter un double comptage avec la partie de leur étude qui évalue les hospitalisations pour motif respiratoire), estime à 19 200 €₂₀₁₈ les CS (ce qui constitue donc une borne basse) et 10 664 €₂₀₁₈ les PP. EU-Trinomics (2022) l'évalue à 65 877 €₂₀₁₈ par cas, avec toutefois des interrogations sur le degré de gravité des BPCO lorsqu'elles résultent d'une exposition à la pollution de l'air.

En France, nous n'avons pas trouvé d'étude qui calcule directement la VEVE à partir du suivi d'une cohorte de patients. Cependant, trois études fournissent des données sur les coûts moyens annuels, qui permettent un calcul fondé sur la durée moyenne (cf. EQ2).

Detournay *et al.* (2004) calculent, en 2011, les CS de 4 479 €₂₀₁₈ pour le stade modéré (36% des cas), 4 620 €₂₀₁₈ pour le stage modérément sévère (27%), et 9 089 €₂₀₁₈ pour le stade sévère (37% des cas), soit une moyenne pondérée par la sévérité de 5 289 €₂₀₁₈. Ils notent par ailleurs que 35% des coûts de la maladie sont dus aux 5% des patients dont la forme de BPCO est la plus sévère.

Kopp *et al.* (2014) citent une étude du Ministère de la santé (Programme d'actions en faveur de la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) 2005-2010) qui évaluait (en 2008) la prise en charge annuelle moyenne d'un cas de BPCO à 4 322 €₂₀₁₈.

Laurendeau *et al.* (2015), évaluent les CS de 9 547 patients présentant une BPCO à partir de leur consommation de soins dans la base de l'échantillon généraliste des bénéficiaires, comparée à celle de 26 730 patients témoins appariés sur l'âge, le sexe et la région de résidence. Ils estiment cette différence annuelle à 5 837 €₂₀₁₈. En définitive, la moyenne des trois études françaises conduit à un CS moyen annuel de 5 150 €₂₀₁₈.

Enfin, Roche *et al.* (2024) fournissent des éléments sur les CS mesurés dans les 12 mois suivant une hospitalisation pour BPCO de 25 690 patients entre 2017 et 2019, à partir des données de l'Assurance maladie. Ils s'élèvent à 19 008 €₂₀₁₈, dont 9 870 €₂₀₁₈ pour les soins de ville et 9 138 €₂₀₁₈ pour les hospitalisations.

Au niveau international, Chen *et al.* (2017), en Colombie-Britannique (Canada), comparent à partir des données administratives sur la période 1996-2012, deux cohortes de 128 424 de patients appariés par score de propension, atteints et non atteints de BPCO. La différence de CS annuels moyens s'élève à 3 787 €₂₀₁₈. Kirsch *et al.* (2019), sur la base d'une étude portant sur 39 307 patients allemands atteints de BPCO, établissent des CS moyens annuels de 4 586 €₂₀₁₈, variant du simple au

triple selon la sévérité. Rehman *et al.* (2020a) effectuent une revue de la littérature en Europe, à partir de laquelle nous estimons des CS moyens annuels, sur la base de 8 études, à 5 486 €₂₀₁₈. Dans une étude comparable étendue aux États-Unis et à l'Asie (Rehman *et al.* 2020b), et en retenant les études comparables en termes de classe d'âge, nous estimons sur la base de 7 études, le coût moyen annuel des CS à 7 781 €₂₀₁₈, soit 3 400 €₂₀₁₈ en tenant compte du différentiel de PPA.

Au Danemark, Lokke *et al.* (2021) comparent par appariement les coûts directs de 49 826 patients de 40 ans et plus atteints de BPCO (âge moyen 69,2 ans) avec ceux de 196 623 patients sans BPCO, entre 2008 et 2016. La différence s'élève à 9 050 €₂₀₁₈ par an en moyenne. *Asthma+Lung UK* (2023) effectue une étude très documentée pour le Royaume-Uni, en décomposant l'ensemble des coûts. Ils aboutissent ainsi un coût moyen annuel par cas de 3 394 €₂₀₁₈, dont 16,7% pour le traitement, 24,3% pour les soins complémentaires, 35,6% pour les exacerbations et 23,4% pour les effets indésirables.

Concernant les PP, nous n'avons pas trouvé d'études spécifiques pour la France. En Allemagne, Kirsch *et al.* (2019) l'évaluent à 3 112 €₂₀₁₈ sur la base des patients de moins de 64 ans, qui représentent un tiers de leur échantillon, soit des PP moyennes annuelles de 1 037 €₂₀₁₈ par patient. Rehman *et al.* (2020a) dans leur revue de la littérature en Europe, obtiennent des PP moyennes annuelles sur la base de 5 études de 2 929 €₂₀₁₈. Au Danemark, Lokke *et al.* (2021) obtiennent 6 703 €₂₀₁₈ par an en moyenne, qui, compte tenu de leur approche par appariement avec des patients sans BPCO, inclut, en plus des pertes de production, une accessibilité moindre au marché du travail et une retraite prématurée. Enfin, *Asthma+Lung UK* (2023) obtient un coût annuel moyen par patient de 1 517 €₂₀₁₈ pour le Royaume-Uni,

En retenant une durée de maladie de douze ans, et en privilégiant les valeurs françaises, nous obtenons les valeurs de **61 795 €₂₀₁₈ pour les CS** (comparables à la moyenne des valeurs obtenues dans d'autres pays). En l'absence d'étude française, et compte tenu de l'âge avancé des patients, des spécificités de chaque pays en matière d'âge de départ à la retraite et de proportion d'actifs de plus de 60 ans, nous avons retenu par prudence la valeur moyenne obtenue par Kirsch *et al.* (2019) pour l'ensemble des patients, ce qui conduit à **12 444 €₂₀₁₈ pour les PP**.

Données sur la CI

Nous utilisons la perte de qualité de vie mesurée par les pondérations d'incapacité de l'IHME-GBD pour les différents états de sévérité : 0,019 pour l'état léger, 0,225 pour l'état modéré, et 0,408 pour l'état sévère. Le calcul de la perte d'AVCI moyenne par patient, en prenant en compte la répartition entre les trois états (moyenne de celles fournies en France dans Perez *et al.* 2013 ; et en Allemagne dans Kirsch *et al.* 2019) pour douze ans, conduit à un total de 2,771 AVCI, soit, pour une valeur de l'AVCI de 45 000 €₂₀₁₈, une **VEVE de 124 695 €₂₀₁₈ pour la CI**.

À titre de comparaison, Tachkov *et al.* (2017), sur la base de 426 patients bulgares et d'une pondération d'incapacité basée sur les réponses de 30 660 européens, estime le nombre d'AVCI vie entière à 0,62 pour les états légers, 6 pour les états modérés et 9 pour les états sévères, soit une moyenne pondérée de 5,66 AVCI, double de celle que nous retenons. Walton *et al.* (2024) estime la VEVE de la CI à 55 454 €₂₀₁₈, et *Asthma+Lung UK* (2023) à 1 918 €₂₀₁₈ par an, soit 23 619 €₂₀₁₈ sur une durée de douze ans.

A2.3 L'asthme chez l'enfant et l'adulte

Nous privilégions une évaluation fondée sur l'équation (EQ2) et nous nous appuyons sur l'étude Caractérisation des épisodes de pollution et évaluation des mesures mises en place (CEPEM) (Chanel, Benmarhnia et Host 2022), qui a réalisé une revue de la littérature (jusqu'en 2021) des études prévalentes ayant évalué les CS, PP et CI chez les enfants âgés de 18 ans et moins, et dans la population générale.

Données sur les CS et les PP

Les coûts médicaux directs et indirects annuels moyens d'un patient asthmatique de moins de 18 ans s'élevaient à 1 091 €₂₀₁₈, d'après les treize études examinées par le CEPEM. Trois études évaluent les coûts indirects associés aux pertes de production chez les parents et aboutissent à une moyenne de 116 €₂₀₁₈. Ce faible montant s'explique par le fait que tous les parents ne travaillent pas et/ou que toutes les hospitalisations n'entraînent pas une absence de travail (par exemple, 59,7% des enfants ont des parents économiquement actifs dans Dajnak *et al.* 2022 ; ou 25% des parents cessent effectivement de travailler dans Ungar et Coyte 2001).

Par ailleurs, Pamuk *et al.* (2021) comparent le coût de 74 enfants asthmatiques français (6-18 ans), 48 avec un asthme sévère et 26 avec un asthme non sévère. Le coût était de 3 982 €₂₀₁₈ par enfant sur une période de six mois pour les premiers (dont 3 821 €₂₀₁₈ de coûts médicaux directs et 162 € pour les coûts indirects) contre 363 €₂₀₁₈ pour les seconds. Sur une base annuelle, cela se traduit par 7 642 €₂₀₁₈ de coûts médicaux directs et 324 €₂₀₁₈ de PP pour l'asthme sévère, et 726 €₂₀₁₈ pour l'asthme non sévère. En tenant compte de la proportion d'asthme sévère chez les enfants (5%, selon Lezmi *et al.* 2021), les CS annuels moyens pondérés sont de 1 072 €₂₀₁₈.

Pour les valeurs en population générale, 40 études analysées dans CEPEM fournissent des estimations des coûts directs annuels (médicaux et non médicaux) par patient, avec une moyenne de 1 852 €₂₀₁₈. Parmi celles-ci, quatre études utilisent des données françaises (Com-Ruelle *et al.* 2002 ; Van Ganse *et al.* 2002 ; Chouaid *et al.* 2004 ; Afsset 2007) et estiment le coût médical direct annuel par patient asthmatique entre 792 €₂₀₁₈ et 1 029 €₂₀₁₈, avec une moyenne de 904 €₂₀₁₈. Ceci est en accord avec Rafenberg, Dixsaut, et Annesi-Maesano (2015), qui ont trouvé une moyenne de 814 €₂₀₁₈ pour l'asthme chez les adultes sur la base de Com-Ruelle *et al.* 2002 (données sur les coûts tenant compte de la sévérité).

C'est également comparable à Roche *et al.* (2023), qui comparent les dépenses de santé de 6 673 patients asthmatiques français (âgés de 18 à 69 ans) avec celles d'un groupe témoin de 6 673 patients non asthmatiques (après appariement parmi 162 725 participants), et trouvent une différence de 757 €₂₀₁₈ par patient et par an (pour les soins ambulatoires et l'hospitalisation), augmentant avec la sévérité de l'asthme.

La différence entre les études françaises et internationales peut s'expliquer par les différences de coûts entre les pays, en particulier les coûts d'hospitalisation plus élevés aux États-Unis. Nous nous fondons donc sur les valeurs françaises pour les CS d'un adulte.

Enfin, 23 études analysées dans CEPEM fournissent 24 estimations de coûts indirects annuels (PP) par patient, avec une moyenne de 1 290 €₂₀₁₈.

Une approche fondée sur l'équation (EQ2) et les CS et PP annuels moyens est appliquée. En retenant les durées de maladie chez l'enfant selon Birchby *et al.* (2023) (Birchby 2023) (soit 36,2 ans, dont 23,6 ans à l'âge adulte), et en privilégiant les valeurs françaises pour les CS en population générale, nous obtenons pour les enfants les valeurs de **35 073 €₂₀₁₈ pour les CS** (57 454 €₂₀₁₈ sur la base de l'ensemble des études) et de **31 899 €₂₀₁₈ pour les PP**. En privilégiant les valeurs françaises pour les CS en population générale, nous obtenons les valeurs de **21 331 €₂₀₁₈ pour les CS** (43 707 €₂₀₁₈ sur la base de l'ensemble des études) et de **30 435 €₂₀₁₈ pour les PP**.

Nous avons trouvé 2 études qui calculent une VEVE pour l'asthme chez les enfants, présentées ci-dessous à titre indicatif.

Peterson *et al.* (2017) calculent un coût vie entière pour un patient asthmatique américain de 18 ans, en se fondant sur les résultats de Barnett et Nurmagambetov (2011) (qui fait partie des études prises en compte dans la revue de littérature du CEPEM) et en utilisant un taux d'actualisation annuel de 3%. Ils estiment les coûts médicaux à 55 800 €₂₀₁₈ et les pertes de revenus à 5 103 €₂₀₁₈.

Belova *et al.* (2020), aux États-Unis, calculent une VEVE pour les classes d'âge d'apparition de la maladie jusqu'à plus de 60 ans, et en particulier trois classes dans les groupes d'âge 0-9 ans et 10-19 ans. Ils s'appuient sur les dépenses médicales pour les CS et sur des calculs fondés sur les probabilités de pertes de production associées aux parents, sur un taux d'actualisation de 3% par an et sur la distribution estimée de la durée de la maladie et des possibilités de rémission. Pour l'ensemble des classes d'âge, ils estiment en moyenne la VEVE à 11 591 €₂₀₁₈ pour les CS et 18 075 €₂₀₁₈ pour les PP. Elles sont plus faibles que les valeurs que nous retenons, essentiellement du fait de l'actualisation à 3% par an sur une longue durée.

Données sur la CI

Pour la CI, nous procédons à une évaluation fondée sur la durée moyenne de la maladie et la perte de qualité de vie mesurée par les pondérations d'incapacité de l'IHME-GBD. Celles-ci sont de 0,015 pour le traitement de l'asthme contrôlé, et de 0,036 pour l'asthme non contrôlé. À partir d'une enquête internet sur 1 024 adultes asthmatiques français (âgés de 18 à 50 ans), Raheison *et al.* (2017) ont considéré que 48% d'entre eux n'étaient pas contrôlés selon les critères du *Global Initiative for Asthma* (GINA). Par conséquent, la moyenne de 0,0255 par année avec asthme sera retenue. Cette valeur est inférieure à l'estimation de Masoli *et al.* (2004) selon laquelle 15 millions d'AVCI sont perdues chaque année dans le monde par les 300 millions d'asthmatiques (soit une valeur de 0,05 par asthmatique et par an, mais qui inclut une partie des AVP). Pour une durée moyenne de 36,2 ans, cela conduit à une perte de 0,908 AVCI, soit, en appliquant une valeur par AVCI de 45 000 €₂₀₁₈, une **valeur de la CI de 40 860 €₂₀₁₈** pour un enfant. Pour une durée moyenne de 23,6 ans, cela conduit à une perte de 0,592 AVCI, soit, une **VEVE pour la CI de 26 634 €₂₀₁₈** pour un adulte.

Notons que la revue de littérature du CEPEM fournit aussi des données concernant la composante immatérielle, que nous présentons ci-dessous à titre indicatif. Neuf valeurs sont obtenues pour les enfants de 18 ans et moins, à partir de cinq études de préférences déclarées, conduisant à une moyenne de 1 373 €₂₀₁₈. Pour les adultes, neuf études d'évaluation contingente fournissent 15 estimations de la composante intangible par patient, avec une moyenne de 1 922 €₂₀₁₈. En appliquant la même durée pour l'asthme que ci-dessus, nous obtenons une CI de 62 661 €₂₀₁₈, pour les enfants et 45 359 €₂₀₁₈ pour les adultes, soit environ 50% de plus que les valeurs sélectionnées sur la base des AVCI.

A2.4 L'ALRI

Ces affections regroupent les pneumopathies, les pneumonies, ainsi que les bronchites et bronchiolite aiguës. La plupart sont de gravité modérée et ne demandent qu'une consultation de généraliste et un traitement médical, mais certains cas nécessitent une visite aux urgences, voire une hospitalisation en pédiatrie. **Il s'agit de la seule maladie pour laquelle nous valorisons la survenue d'un cas, et non une VEVE.**

Données sur les CS et les PP

Nous avons choisi de nous fonder sur les quelques études ayant valorisé de tels épisodes aigus dans la littérature.

Kephalopoulos *et al.* (2006), citant une source italienne (*Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, nr. 276, 27.11. 2001), proposent un coût moyen par épisode de 317 €₂₀₁₈. EU-Trinomics (2022), citant

Hunt *et al.* (2016), proposent la valeur de 370 €₂₀₁₈. Van de Vel et Buekers (2021), pour la Belgique, et s'appuyant sur Cafe (2005), proposent de retenir (chez les 6-18 ans) 349 €₂₀₁₈ pour les CS. Au Royaume-Uni, Eaton, Hunt et Black (2023) évaluent les CS à 21 €₂₀₁₈, et Walton *et al.* (2024), se fondant sur Meier *et al.* (2005), proposent 224 €₂₀₁₈. Nous choisissons de prendre la moyenne arithmétique de ces 5 valeurs, soit **256 €₂₀₁₈ par cas pour les CS**, qui prend en compte les cas de gravité modérée et les cas les plus sévères.

Concernant les PP, compte tenu de la classe d'âge considérée (0-12 ans), nous faisons le même choix que pour l'asthme chez l'enfant, ce qui conduit à la valeur de **116 €₂₀₁₈ par épisode**.

Notons que deux études évoquent les PP associées à un ALRI : Van de Vel et Buekers (2021) utilisent 349 €₂₀₁₈, mentionnant que cela représente 1,5 jour d'arrêt pour les parents ou les personnes s'occupant des enfants, et Eaton, Hunt et Black (2023) proposent 336 €₂₀₁₈.

Données sur la CI

Nous procédons à une évaluation fondée sur la durée moyenne (une semaine) et la perte de qualité de vie mesurée par les pondérations d'incapacité de l'IHME-GBD. Concernant le stade de sévérité, nous nous appuyons sur GBD 2016 (2017) qui évalue, sur la base d'une méta analyse du ratio de sévérité des études le fournissant, la proportion d'infection respiratoire inférieure de gravité modérée à 85% (avec une pondération d'incapacité de 0,051) et celle de gravité sévère à 15% (avec une pondération d'incapacité de 0,133). Notons toutefois que les pathologies concernées couvrent, outre celles retenues dans la présente étude, la légionellose, la grippe, la pneumopathie congénitale et le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), et que la durée d'application proposée pour l'incapacité est de 60 jours. En appliquant cette répartition et ces pondérations pendant une semaine, nous obtenons une évaluation monétaire **de la CI de 55 €₂₀₁₈**.

À titre de comparaison, trois études ont utilisé une perte de bien-être pour un ALRI : Van de Vel et Buekers (2021) utilisent 349 €₂₀₁₈, Eaton, Hunt et Black (2023) proposent 22 €₂₀₁₈, et Walton *et al.* (2024), se fondant sur Dickie et Messman (2004), proposent 320 €₂₀₁₈.

A2.5 L'accident vasculaire cérébral (AVC)

En France, en 2018, l'incidence des AVC concerne les personnes de plus de 35 ans dans 97,8% des cas, et les personnes âgées de moins de 65 ans dans 26% des cas (Assurance maladie 2020). Notre analyse considérera donc que les CS observés pour tous les âges sont égaux à ceux des plus de 35 ans, et que les PP concernent 26% de la population.

Les conséquences en termes de santé, d'emploi et de perte de qualité de vie sont extrêmement hétérogènes d'un AVC à l'autre, et dépendent notamment de la rapidité de la première intervention médicale et du type d'AVC, ce qui se traduit dans la valorisation monétaire. Strliciu *et al.* (2021) présentent un examen systématique de 46 études du coût de la maladie pour les AVC et constatent de grandes différences dans le coût annuel par patient. Dans les pays à revenu élevé, il est de 22 428 €₂₀₁₈, la valeur la plus élevée étant enregistrée aux États-Unis (49 388 €₂₀₁₈). Le coût moyen sur la durée de vie est légèrement plus élevé pour l'AVC hémorragique (62 232 €₂₀₁₈) que pour l'AVC ischémique (55 983 €₂₀₁₈). La revue systématique des coûts associés au continuum de soins de l'AVC par Lucas-Noll *et al.* (2023) porte sur 25 articles, et confirme une variabilité importante, avec des coûts compris entre 586 € et 212 127 €₂₀₁₈. Elle estime la phase aiguë moyenne entre 32 229 et 53 789 €₂₀₁₈, puis les soins de la phase post-aiguë à 28 323 €₂₀₁₈ pour la réhabilitation de la première année, et 10 094 €₂₀₁₈ pour les soins informels.

Le coût annuel dépend également de la période d'estimation après la première hospitalisation pour cause d'AVC. Selon l'Assurance maladie (2024), les soins ambulatoires et hospitaliers annuels, les indemnités journalières de maladie et les pensions d'invalidité s'élèvent en moyenne à 12 690 €₂₀₁₈ par AVC aigu, mais à 2 697 €₂₀₁₈ pour les séquelles d'AVC (Assurance maladie 2024). Si certaines études prennent en compte cette hétérogénéité, en détaillant les coûts annuels pour les 3 ou 4

premières années (Persson, Ferraz-Nunes et Karlberg 2012 ; Ghatnekar *et al.* 2014), d'autres ne distinguent que la première année après la survenue de l'AVC des années suivantes (Cotté *et al.* 2014 ; Chevalier *et al.* 2014).

Calculs de VEVE pour les pays étrangers

Nous avons trouvé trois études calculant une VEVE, et une sur une période de trois ans, à partir des coûts annuels par année après la survenue de l'AVC, tenant compte de la probabilité de survie pendant les trois/quatre premières années et d'un coût annuel constant par la suite, dans une version simplifiée de l'équation (EQ1).

Persson, Ferraz-Nunes et Karlberg (2012) estiment les coûts sociétaux vie entière de 3 074 patients suédois ayant subi un premier AVC. L'étude est fondée sur les calculs des trois premières années, étendue à la durée de vie restante et actualisée à 3% par an. Ils trouvent un coût total moyen par patient de 95 995 €₂₀₁₈, dont 90% pour le coût médical (50% pour l'hôpital et 40% pour la réadaptation, les soins de longue durée et les soins informels, y compris les coûts municipaux), et 10% pour le coût indirect comprenant les PP (liées à la perte de revenu à 65 ans, l'âge légal de la retraite, et à la retraite prématurée). Ainsi, les CS représentent 86 396 €₂₀₁₈ et les PP 9 599 €₂₀₁₈.

Ghatnekar (2013) et Ghatnekar *et al.* (2014) calculent les coûts sociétaux moyens sur la durée de vie à partir d'une cohorte de 9 064 patients suédois suivis pendant quatre ans en 2009, puis extrapolent les coûts de la quatrième année à toutes les années suivantes de l'espérance de vie attendue, en utilisant un taux d'actualisation de 3% par an. Ils trouvent un coût total moyen par patient de 75 782 €₂₀₁₈, dont 79% pour le coût médical (y compris les soins à domicile et en institution), et 21% pour le coût indirect incluant les pertes de production (liées à la perte de revenus à 65 ans et à la retraite prématurée). Ainsi, les CS représentent 59 867 €₂₀₁₈ et les PP 15 914 €₂₀₁₈.

Kolominsky-Rabas *et al.* (2006) calculent le coût moyen vie entière sur la base de deux cohortes de patients allemands bénéficiant d'une assurance maladie obligatoire et ayant subi un premier AVC ischémique. Une première cohorte de 1 637 patients a permis d'estimer les probabilités de survie jusqu'à 10 ans et de les prévoir jusqu'à 30 ans, et une seconde cohorte de 821 patients (suivis pendant 5 ans) a permis de calculer les CS du point de vue de l'assurance maladie (coûts des hospitalisations, coûts des consultations externes, coûts de la réadaptation et coûts des soins infirmiers). Dans l'ensemble, les femmes étaient plus âgées que les hommes au moment du premier AVC ischémique (76,3 ans contre 70,6 ans). La durée moyenne de la maladie est estimée à 7,3 ans et le coût moyen non actualisé entre le début de la maladie et le décès du patient est estimé à 62 756 €₂₀₁₈. Il convient de noter que le calcul fondé sur la durée moyenne plutôt que sur les probabilités de survie prédites est de 16% plus élevé, tandis que le coût actualisé (à 3% par an) est 15% plus faible.

Enfin, une partie de la thèse de doctorat de Rudberg (2021) porte sur les coûts et la qualité de vie de 297 patients suédois suivis pendant 36 mois après leur AVC. Le coût total des soins hospitaliers (séjour et visite en ambulatoire) sur la période de suivi varie de 20 642 €₂₀₁₈ (dépendance la plus faible) à environ 49 451 €₂₀₁₈ (dépendance la plus forte).

Au final, la moyenne arithmétique des VEVE des deux études suédoises et de l'étude allemande conduit à 69 673 €₂₀₁₈, et est fondée sur le suivi de cohortes avec prise en compte des probabilités de survie observées/estimées (comme dans l'équation (EQ1)) mais pour des systèmes de santé étrangers.

Notons qu'Alva *et al.* (2015), dans le cadre d'une enquête anglaise suivant plus de 3 000 patients diabétiques, estiment le coût pour la première année après la survenue de l'AVC et les années suivantes. Ils s'établissent, selon Zhao *et al.* (2024), respectivement à 12 261 €₂₀₁₈ et 4 029 €₂₀₁₈, soit, pour une durée de la maladie de sept ans, une VEVE de 36 433 €₂₀₁₈.

Données sur les coûts annuels pour les CS et les PP en France

En France, nous n'avons pas trouvé d'étude qui calcule directement la VEVE à partir du suivi d'une cohorte de patients. Cependant, plusieurs études fournissent des données sur les coûts pour la première année et pour l'année suivante, ce qui permet un calcul fondé sur la durée moyenne comme dans l'équation (EQ2).

Spieler, Lanoe et Amarenco (2004) trouvent un coût annuel moyen pour la première année d'AVC de 20 240 €₂₀₁₈.

Gouépo *et al.* (2009) estiment le coût de l'AVC en France, et trouvent que les coûts médicaux directs associés aux cas incidents représentent 32,2%, les coûts médicaux directs associés aux coûts prévalents représentent 37,9%, les coûts médicaux indirects (rééducation et soins infirmiers et hébergement) 28,4%, la perte de productivité remboursée 0,4%, et la pension d'invalidité 1,1%. Le coût annuel direct d'un cas incident est estimé à 27 650 €₂₀₁₈, le coût annuel d'un patient prévalent est de 11 169 €₂₀₁₈ s'il est bénéficiaire du statut d'affection longue durée (55,7%), et de 4 465 €₂₀₁₈ s'il n'en est pas bénéficiaire (44,2%). En calculant la VEVE sur la base d'une durée moyenne D de 7 ans, nous obtenons 76 865 €₂₀₁₈. Pour ce qui est des PP, sur la base des remboursements des employeurs/des assurances sociales, d'un arrêt maladie d'une durée de 50 jours appliqué à la population de moins de 65 ans (25%), et en utilisant le salaire journalier moyen de 2018, nous obtenons 977 €₂₀₁₈ pour la première année.

Chevreur *et al.* (2013) estiment, à partir de données primaires françaises issues de bases de données nationales exhaustives, les coûts liés à l'AVC pour les soins de santé, les soins infirmiers et la perte de productivité en 2007. Le coût moyen d'un cas incident (pas nécessairement la première incidence) était de 18 456 €₂₀₁₈ par patient la première année, et le coût annuel d'un cas de prévalence de 8 958 €₂₀₁₈, y compris les coûts privés. Le coût des soins infirmiers est d'environ 6 550 €₂₀₁₈ par cas prévalent et par an en moyenne. L'application d'une durée moyenne de 7 ans conduit à une valeur des CS de 72 200 €₂₀₁₈ sans les coûts infirmiers, et de 111 504 €₂₀₁₈ avec. Les PP sont calculées uniquement pour le cas incident et s'élèvent à 936 €₂₀₁₈ en moyenne (pour la première année), en tenant compte du taux d'emploi et de l'âge du patient.

Chevalier *et al.* (2014) fournissent les dépenses médicales directes, couvertes par la Caisse nationale d'assurance maladie (donc du point de vue du système de santé), et celles de réadaptation dans des centres de soins de suite. La première année distingue les coûts ischémiques des coûts hémorragiques, et trois niveaux de sévérité (indépendant, handicap modéré et totalement dépendant), et les estimations s'échelonnent entre 12 424 €₂₀₁₈ et 38 969 €₂₀₁₈. Les coûts de suivi sont donnés par trimestre et par gravité, de 2 959 €₂₀₁₈ à 12 463 €₂₀₁₈.

Cotté *et al.* (2014) suivent pendant deux ans des patients hospitalisés pour fibrillation auriculaire, et calculent le coût de la première année pour les AVC ischémiques et hémorragiques (pas nécessairement la première incidence), et celui de la deuxième année. Sur la base de 1 257 patients ischémiques et 490 patients hémorragiques, ils ont constaté que les coûts de réadaptation aiguë et post-aiguë s'échelonnaient entre 6 006 €₂₀₁₈ (pour l'ischémie légère) et 31 432 €₂₀₁₈ (hémorragie sévère). Un AVC mortel implique des coûts de réadaptation moins élevés : 6 856 €₂₀₁₈ pour un AVC ischémique, 5 214 €₂₀₁₈ pour un AVC hémorragique. Sur la base de la répartition par type (17,6% pour l'hémorragique, 82,4% pour l'ischémique) et par gravité (en moyenne 20% de légers, 57% de modérés et 23% de graves) observée en France en 2017 (communication personnelle de Clémence Grave, 2023), nous obtenons une moyenne sur deux ans de 16 262 €₂₀₁₈ par patient victime d'un AVC.

Schmidt *et al.* (2015), sur la base de 29 999 patients français suivis un an après un AVC, estiment les coûts médicaux moyens pour la première année à 6 624 €₂₀₁₈ pour la phase aiguë, et 15 091 €₂₀₁₈ pour la période qui suit, soit un CS total pour la première année de 21 714 €₂₀₁₈.

Tuppin *et al.* (2016) utilisent la base de données française Sniiram pour 2013, qui fournit les dépenses de santé par pathologie pour les bénéficiaires du régime général (86% de la population française). Sur la base de cette perspective du système de santé, nous pouvons estimer un coût annuel moyen

par patient pour un cas incident d'AVC (pas nécessairement le premier cas) à 13 090 €₂₀₁₈ et le coût annuel pour les séquelles dues à l'AVC à 3 338 €₂₀₁₈. En appliquant la durée moyenne de sept ans, cela conduit à une valeur des CS de 36 455 €₂₀₁₈.

De Pouvourville (2016) s'appuie sur deux études pour calculer un VEVE sur une période de dix ans, en utilisant le taux d'actualisation en vigueur en France au moment des calculs (4% par an).

Sur la base des données de Chevalier *et al.* (2014) pour chacun des 2 types x 3 niveaux de gravité, la VEVE s'échelonne entre 24 606 et 108 961 €₂₀₁₈. En appliquant la répartition par type (d'après Grave, 2023), nous obtenons une VEVE moyenne de 80 745 €₂₀₁₈.

Sur la base de Gouépo *et al.* (2009) et pour 4 types de patients - ceux déclarés en affection de longue durée par type de logement (domicile et institutions) et ceux non déclarés par sévérité (légère et modérée) - les VEVE s'échelonnent entre 28 821 et 293 775 €₂₀₁₈. En appliquant la répartition de chacun des 4 types, les CS moyens s'élèvent à 108 016 €₂₀₁₈ en incluant les dépenses d'accueil en institutions.

Concernant les PP, Barral *et al.* (2021) estiment le coût moyen de la perte de productivité pour 222 patients français à 7 704 €₂₀₁₈ en moyenne par patient au cours de la première année suivant l'AVC ischémique, répartis en 5,4% pour le présentéisme, 71,2% pour l'absentéisme et 23,4% pour le temps de loisir (pour les personnes non actives). Pour les travailleurs (25,6% des patients), la perte de productivité est estimée à 21 187 €₂₀₁₈, soit 5 424 €₂₀₁₈ pour un patient victime d'un AVC. Les soins informels fournis par les aidants (25 heures par semaine en moyenne) sont estimés à 10 797 €₂₀₁₈. Ceci est cohérent avec l'étude de Kotseva *et al.* (2019) portant sur 198 patients de 7 pays européens (dont 29 patients français) retournant au travail dans l'année qui suit un AVC. En moyenne, le nombre de jours de travail perdus par patient était de 56 jours, et de douze jours pour les aidants (famille ou ami), soit 18 158 €₂₀₁₈ en les valorisant avec les salaires français.

Sur la base des 6 études françaises permettant le calcul d'une valeur économique sur la vie entière VEVE, nous obtenons une valeur moyenne sur 7 valeurs de 80 965 €₂₀₁₈. Nous retenons la moyenne arithmétique de ces 7 VEVE françaises et des trois études internationales pour **les CS, soit 77 200 €₂₀₁₈**. Sur la base des 3 études françaises qui calculent les PP pour la première année (et en les supposant similaires pour les 7 années) et des 2 études internationales qui calculent les PP vie entière, nous retenons **15 374 €₂₀₁₈ pour les PP**.

Données sur la CI

Pour ce qui concerne la CI, une communication personnelle avec Santé publique France (Grave 2023) fournit la moyenne annuelle des AVCI pour les patients français ayant subi un AVC en 2017, sur la base de la distribution par sévérité (avec 6 niveaux, d'asymptomatique à sévère plus des problèmes de cognition), et pour 2 types d'AVC (hémorragique et ischémique), sur la base des pondérations d'incapacité de l'IHME-GBD. La moyenne pondérée obtenue est de 0,104 par an, soit une perte de 0,728 AVCI pour une durée moyenne D de sept ans. Notons qu'il s'agit potentiellement d'une estimation conservatrice, une sous-estimation étant possible car l'état cognitif à un an n'est pas exhaustif mais estimé sur la base des antécédents. En appliquant une valeur d'AVCI de 45 000 €₂₀₁₈ à 0,728 AVCI, **la CI s'élève à 32 760 €₂₀₁₈**.

De plus, et à titre indicatif, Ghatnekar *et al.* (2013) estiment la perte moyenne à 2,5 QALY sur la durée de vie, sur la base du questionnaire EuroQoL-5D posé à des patients suédois 3 mois après le premier AVC, et suggèrent que cela pourrait légèrement surestimer la désutilité. Benković *et al.* (2023) estiment une perte de QALY de 0,373 pour la première année, sur la base du même instrument EuroQoL-5D et de 578 patients croates.

Enfin, il convient de mentionner l'étude d'Eaton, Hunt et Black (2023), qui estime les trois composantes. Les coûts médicaux directs annuels moyens sont de 21 833 €₂₀₁₈ pour la première année et de 9 369 €₂₀₁₈ pour les années suivantes, soit une VEVE de 78 047 €₂₀₁₈. Les PP sont estimées (pour les travailleurs) en moyenne à 44 202 €₂₀₁₈ pour la première année, puis

20 552 €₂₀₁₈ pour les années suivantes, d'où une VEVE pour les PP de 42 883 €₂₀₁₈ (en supposant 25,6% de travailleurs comme dans Barral *et al.* 2021). Enfin, la perte d'utilité annuelle moyenne associée à la perte de bien-être est de 17 933 €₂₀₁₈, d'où une VEVE pour la CI de 125 531 €₂₀₁₈ pour 7 années.

A2.6 L'infarctus aigu du myocarde

En France pour l'année 2018, selon Ameli (2023) et Assurance maladie (2024), l'incidence des IAM était de 100 060 personnes, dont 68,2% d'hommes, l'âge moyen de 69,2 ans, la part des 35 ans et plus de 99,28%, et celle des plus de 64 ans de 62,4% (dont 38,6% de femmes). De plus, 58% des personnes prises en charge avaient une autre maladie cardio-neurovasculaire (AVC, insuffisance cardiaque...) et 26% avaient un diabète. Notre analyse considèrera donc que les coûts de santé observés pour tous les âges sont égaux à ceux des 35 ans et plus, et que les PP concernent environ 38% de la population.

Des progrès majeurs ont été réalisés en termes de probabilité de survie suite à un IAM. Selon Puymirat *et al.* (2017), la probabilité de décès à 6 mois est passée d'environ 10% en 2005 à 5,8% en 2015 (sur une cohorte de de 14 423 patients). Vidal (2024) estime que 96% des personnes qui ont un infarctus survivent au-delà d'un mois et 89% survivent au-delà d'un an. Ces progrès dans la survie se traduisent par une augmentation des VEVE, car les progrès permettent en particulier de sauver des patients dans un état grave, donc plus susceptibles de rechutes ou d'opérations plus lourdes, et allongent la durée moyenne de la maladie. De façon générale, le traitement des IAM est un domaine où les CS par patient augmentent avec la complexification des actes opératoires.

Données sur les CS et les PP

Compte tenu de la définition d'un cas incident dans la présente étude (« une hospitalisation pour IAM d'un patient n'ayant jamais été hospitalisé pour IAM durant les dix années antérieures »), nous avons choisi de nous appuyer de façon privilégiée sur les données collectées par l'Assurance maladie (2024), en distinguant la phase aiguë (1 an) de la phase chronique (9 ans). Ainsi, en 2018, les CS pour syndrome coronarien aigu sont de 9 385 €₂₀₁₈ par patient (dont 8 317 €₂₀₁₈ pour hospitalisation), et les CS pour syndrome coronarien chronique de 1 512 €₂₀₁₈ par patient (dont 552 €₂₀₁₈ pour hospitalisation). Au final, le montant de la **VEVE d'un IAM s'élève à 23 093 €₂₀₁₈ pour les CS**. Selon la même logique, les PP sont évaluées à 526 €₂₀₁₈ pour la phase aiguë, et 163 €₂₀₁₈ pour la phase chronique, conduisant à **une VEVE de 1 993 €₂₀₁₈**.

Certaines études proposent directement une VEVE ou donnent des éléments permettant de calculer une VEVE. Dans EU-Trinomics (2022), il est mentionné une communication personnelle de Astrom (2005), qui évaluait les CS par cas d'IAM à 33 349 €₂₀₁₈, et une étude de BenMap (2022), qui l'évaluait à 49 794 €₂₀₁₈. Alva *et al.* (2015), dans le cadre d'une enquête anglaise sur le suivi de plus de 3 000 patients diabétiques, estiment à les coûts pour un IAM fatal, l'année d'un IAM non fatal et les années qui suivent. Ils s'établissent, selon Zhao *et al.* (2024), respectivement à 3 786 €₂₀₁₈, 10 851 €₂₀₁₈ et 3 903 €₂₀₁₈, soit, avec les probabilités de survie à un mois et à un an de Vidal (2024) et pour une durée de la maladie de dix ans, 41 833 €₂₀₁₈. Maniloff et Fann (2023) évaluent, sur un échantillon représentatif de patients américains et en utilisant une approche par régression, la somme des coûts médicaux directs, du coût de la prise en charge, et des PP par cas à 196 838 €₂₀₁₈. Walton *et al.* (2024) évaluent les seuls CS à 10 451 €₂₀₁₈.

D'autres études donnent des évaluations sur plusieurs années. O'Sullivan *et al.* (2011) évaluent les CS d'un IAM non-fatal sur trois ans à 75 143 €₂₀₁₈. Eaton, Hunt et Black (2023) évaluent le CS pour la première année à 13 062 €₂₀₁₈, et le coût des années suivantes d'un IAM qualifié de stable à 3 943 €₂₀₁₈, soit en évaluant la somme des CS sur dix ans, 48 554 €₂₀₁₈.

Enfin, certaines études ne calculent que le coût annuel sur un an ou pour une hospitalisation.

À l'international, Nicholson *et al.* (2016) effectuent une analyse de la littérature, et le suivi sur un an des CS consécutifs à un IAM aigu s'élèvent en moyenne, pour trois études américaines et une étude suisse, à 29 668 €₂₀₁₈. Ils notent en général, que les évaluations américaines sont environ deux fois plus élevées qu'en Europe, ce qui confirme l'intérêt de corriger du montant moyen des dépenses de santé pour faciliter la comparaison des évaluations. Ceci est confirmé par la revue de la littérature de Ryder *et al.* (2019), qui s'intéressent aux CS (hors traitement de longue durée, réadaptation et soins à domicile de longue durée) suivant une hospitalisation pour IAM. Pour la première année, ils s'élèvent en moyenne à 43 893 €₂₀₁₈ aux USA (trois études) et 13 918 €₂₀₁₈ pour une étude italienne. Pour les deux premières années, ils s'élèvent à 53 733 €₂₀₁₈ dans une étude américaine, et pour chaque année postérieure à la première, à 12 570 €₂₀₁₈ dans une étude américaine, et 2 768 €₂₀₁₈ dans une étude suédoise.

Pour la France, Philippe *et al.* (2017) suivent 1 920 patients ayant eu un IAM en France entre 2007 et 2011 (2/3 sont des hommes, l'âge moyen est de 67 ans, 20,6% ont un diabète, 37,6% une hypercholestérolémie et 82,4% une hypertension). Ils calculent le coût annuel l'année avant l'IAM et l'année après, et aboutissent à des CS annuels moyens de 8 771 €₂₀₁₈. À celui-ci, il faut ajouter le coût lié à l'hospitalisation pour l'IAM, qui est de 6 346 €₂₀₁₈. Cette dernière valeur est très proche de celle de Milcent (2017), qui estime, entre 2006 et 2011, le coût moyen par hospitalisation pour IAM sur 52 732 patients (âge moyen de 67,2 ans, durée moyenne de séjour 6,5 jours) à 6 361 €₂₀₁₈. Van de Vel et Buekers (2021) évaluent, pour la Belgique, le coût d'une hospitalisation pour IAM à 10 069 €₂₀₁₈. Enfin, Kopp *et al.* (2014) mentionnent que le Collège des économistes de la santé (<https://www.ces-asso.org/>) évalue le coût moyen de traitement d'une personne ayant eu un infarctus 4 951 €₂₀₁₈.

Concernant les PP, Walton *et al.* (2024) évaluent leur VEVE à 2 026 €₂₀₁₈, Eaton, Hunt et Black (2023) à 4 596 €₂₀₁₈ par an, soit sur la durée de dix ans, 45 960 €₂₀₁₈. Notons que Van de Vel et Buekers (2021) évaluent les PP pour la région Bruxelles Capitale sur la base d'une étude néerlandaise auprès de travailleurs hospitalisés pour IAM (donc plus jeune que la moyenne des IAM). Cette dernière estime que la durée moyenne des PP est de trois mois, mais que 15% des patients qui travaillaient ne reprennent finalement pas le travail. En tenant compte que 42% des IAM dans la région Bruxelles Capitale ont moins de 65 ans, Van de Vel et Buekers (2021) estiment le coût moyen des PP suite à une hospitalisation pour IAM à 7 016 €₂₀₁₈.

Données sur la CI

Pour la composante intangible, nous procédons à une évaluation fondée sur la durée moyenne de la maladie et la perte de qualité de vie mesurée par les pondérations d'incapacité de l'IHME-GBD. Celles-ci sont de 0,432 pendant les 2 premiers jours de l'IAM ; de 0,074 pendant les 26 jours suivants ; et le reste du temps à 0,049 par an pour une insuffisance cardiaque contrôlée et prise en charge médicalement. Cela conduit à 0,053 pour la première année et 0,049 ensuite, soit 0,494 AVCI sur les dix ans.

Toutefois, du fait des complications potentielles importantes consécutives à une IAM, nous prenons en compte les probabilités de survenue de deux d'entre elles - l'insuffisance cardiaque, et l'angine de poitrine - et les pondérations d'incapacité associées.

Concernant la survenue de l'angine de poitrine dans l'année qui suit un IAM, Maddox *et al.* (2008) l'estiment à 19,9% et Grodzinky *et al.* (2015) à 24,37%, tous deux sur des patients américains, et nous retiendrons une probabilité de 20%. Selon Owlia *et al.* (2019), la sévérité de l'angine de poitrine parmi les vétérans américains se répartit entre légère pour 28%, modérée pour 38% et sévère pour 34%, et nous retiendrons 1/3 pour chaque stade. Les pondérations d'incapacité de l'IHME-GBD sont de 0,08 pour le stade modéré et 0,167 pour le stade sévère, soit pour un patient ayant une angine de poitrine après une IAM sur les dix ans, 0,940 AVCI.

Concernant la survenue d'une insuffisance cardiaque dans l'année qui suit un IAM, Jenča *et al.* (2021) l'évaluent entre 20% et 30% (puis 1,3 à 2,2% pour chaque année suivante) dans une revue de la littérature, Hellermann *et al.* (2022) entre 14% et 36% dans une revue de la littérature, Smeets *et al.*

(2019) à 20% parmi des patients flamands, Jullière *et al.* (2012) à 37,5% sur des patients français, et Gerber *et al.* (2016) à 34,7% sur un suivi de 7,6 ans en moyenne. Selon Smeets *et al.* (2019), la sévérité de l'insuffisance cardiaque se répartit entre modérée pour 90% et sévère pour 10%. Les pondérations d'incapacité de l'IHME-GBD sont de 0,072 pour le stade modéré et 0,179 pour le stade sévère, soit pour un patient ayant une insuffisance cardiaque après une IAM, une valeur de 0,797 AVCI sur les dix ans. Au final, en considérant que 50% des patients n'auront pas de complication après un IAM, 20% une angine de poitrine et 30% une insuffisance cardiaque, nous obtenons une moyenne pondérée par patient de 0,674 AVCI, soit, en appliquant une valeur par AVCI de 45 000 €₂₀₁₈, une **valeur de la CI de 30 339 €₂₀₁₈**

A2.7 L'hypertension artérielle

En France pour l'année 2018, selon Assurance maladie (2024), le nombre de patients traités pour hypertension était de 7,25 millions de personnes, dont 40,9% d'hommes, l'âge moyen de 67,3 ans, la part des 18 ans et plus de 99,82%, celle des plus de 64 ans de 59,5%. Notre analyse considérera donc que les coûts de santé observés pour tous les âges sont égaux à ceux des 18 ans et plus, et que les PP concernent environ 40% de la population.

Selon Olié *et al.* (2023), une personne sur deux serait non détectée, non traitée, ou n'adhérerait pas de façon satisfaisante au traitement, ce qui implique une sous-estimation de l'importance de l'hypertension artérielle dans la population française.

Compte tenu de la définition d'un cas incident dans la présente étude, nous avons choisi de nous appuyer de façon privilégiée sur les données collectées par l'Assurance maladie (2024). Cela permet également de limiter le double comptage des coûts, l'hypertension étant précurseur d'autres maladies, IAM et AVC, valorisées dans le présent rapport. Ce faisant, nous ne valorisons pas les coûts résultant de l'augmentation de la probabilité de survenue de ces affections chez les patients dont le traitement pour hypertension est associé à l'exposition à la pollution. Ainsi, en 2018, les CS pour l'hypertension artérielle sont, selon Assurance maladie (2024) de 478 €₂₀₁₈ par patient (dont 30 €₂₀₁₈ pour hospitalisation). Au final, le montant la VEVE d'un patient traité pour hypertension artérielle s'élève à **7 266 €₂₀₁₈ pour les CS**. Selon la même logique, les PP sont évaluées à 90 €₂₀₁₈ par an, conduisant à une **VEVE de 1 368 €₂₀₁₈**.

Quelques études proposent des CS et PP pour l'hypertension artérielle. Van de Vel et Buekers (2021) évaluent les CS pour la région Bruxelles Capitale à 184 €₂₀₁₈, et évoque une étude en Finlande les chiffrant à 237 €₂₀₁₈. Ils utilisent une valeur de 47 €₂₀₁₈ pour les PP, et évaluent le coût de l'absentéisme et du présentéisme à 298 €₂₀₁₈. Ils se fondent en particulier pour ce calcul sur le fait que 47% des patients, sont actifs, et sur les données de Goetzel *et al.* (2004), qui évaluent chez les travailleurs américains, les PP pour absentéisme à 102 €₂₀₁₈ par an, et les pertes pour présentéisme à 497 €₂₀₁₈ par an. Enfin, Eaton, Hunt et Black (2023) évaluent les CS annuels par patient à 518 €₂₀₁₈, et les PP à 334 €₂₀₁₈ par an.

Données sur la CI

Dans la mesure où 94% de la VEVE des CS concernent des soins de ville, nous considérons que leur impact en termes de bien-être est minime, et **nous avons donc choisi de ne pas évaluer monétairement la CI**.

A2.8 Le diabète de type 2

En France pour l'année 2018, selon Assurance maladie (2024), 3,8 millions de Français suivaient un traitement contre le diabète, dont 48,7% d'hommes, l'âge moyen était de 67,2 ans, la part des 45 ans et plus de 93,9%, et celle des plus de 64 ans de 62,2%. De plus, 58% des personnes prises en charge avaient une autre maladie cardio-vasculaire (AVC, insuffisance cardiaque, etc.) et 26% avaient

un diabète. Notre analyse considérera donc que les coûts de santé observés pour tous les âges sont égaux à ceux des 45 ans et plus, et que les pertes de production concernent environ 38% de la population.

D'après Inserm (2019), après dix à vingt ans de déséquilibre glycémique, des complications graves peuvent survenir : athérosclérose (augmentant la probabilité d'infarctus du myocarde ou d'AVC), rétinopathies (déficience visuelle voire cécité), insuffisances rénales et amputation des membres inférieurs. Ainsi, parmi les 7 000 patients ayant un diabète de type 2 de l'étude Code 2 (Wallemacq *et al.* 2009), 72% des sujets avaient au moins une complication, même mineure. Ceci est également trouvé dans Alva *et al.* (2015), dans le cadre d'une enquête anglaise sur le suivi de patients diabétiques, qui trouvent (pour un suivi de 10 ans) des complications sévères dans 32% des cas, dont 9% d'infarctus du myocarde, 6,4% d'insuffisances cardiaques, 8,7% cardiopathies ischémiques et 3,2% d'AVC. Les données d'Assurance maladie (2023) indiquent que, parmi les patients pris en charge pour diabète, 15% ont également une maladie coronaire chronique, 12% une maladie respiratoire chronique (hors mucoviscidose), 10% un trouble du rythme cardiaque, 5% une artériopathie périphérique (pouvant conduire à l'amputation) et 5% une insuffisance cardiaque chronique.

Ceci conduit à trois conséquences : le coût du seul traitement du diabète de type 2 ne représente qu'une partie des CS associés, la réduction de l'espérance de vie associée à ces complications peut être importante (les femmes auraient 60% de risque de mourir prématurément, et les hommes 44% selon Stedman *et al.* 2022), et il convient de prendre en compte la perte d'utilité associée à ces complications dans la CI.

Données sur les CS et les PP

Nous commençons par calculer la VEVE des CS à partir des données collectées par l'Assurance maladie (2024), qui représentera une borne inférieure. Ainsi, en 2018, les CS pour diabète de type 2 sont de 1 998 €₂₀₁₈ par patient (dont 195 €₂₀₁₈ pour hospitalisation), soit une VEVE de 19 980 €₂₀₁₈ pour les CS. Selon la même logique, les PP sont évaluées à 137 €₂₀₁₈ par an et par patient, conduisant à une VEVE de 1 644 €₂₀₁₈.

Pour ce qui est des études françaises disponibles dans la littérature, Wallemacq *et al.* (2005), sur 751 patients français de l'étude Code 2 (*Cost of Diabetes in Europe – Type 2*), âgés en moyenne de 64 ans, dont 52% d'hommes, et suivis en moyenne depuis 9,1 ans, établissent des CS moyens annuels de 4 278 €₂₀₁₈, y compris les complications.

Ricci *et al.* (2010), sur la base de l'étude ENTRED (Échantillon national témoin représentatif des personnes diabétiques), établissent le remboursement moyen annuel des soins des personnes diabétiques de type 2 à 4 890 €₂₀₁₈, sur 3 466 patients. Ce chiffre est également repris dans Druet *et al.* (2013) et Chevreul *et al.* (2014).

Charbonnel *et al.* (2017, 2018) comparent les dépenses médicales globales de 25 987 patients atteints de diabète (âge moyen 67,5 ans, dont 54% d'hommes) à celles de 76 406 personnes non diabétiques, appariés par âge, sexe et région de résidence. La différence est de 2 946 €₂₀₁₈ par patient et par an pour les patients diabétiques, principalement due aux hospitalisations, aux médicaments et aux soins infirmiers.

À partir des données de la Cnam de 2012, présentées dans de Lagasnerie *et al.* (2018) et Charmeux (2020), parmi les 10,4 milliards €₂₀₁₈ attribuables au diabète chez 3 millions de patients diabétiques, (soit environ 3 460 €₂₀₁₈ par an et par patient), 23% sont spécifiques au diabète, et 77% liés aux complications du diabète ou aux problèmes de santé qui lui sont associés.

Reznik *et al.* (2022), dans l'étude APIDIA qui prend la suite de l'étude ENTRED, étudient à partir de l'échantillon généraliste des bénéficiaires, les dépenses de santé de 27 243 patients atteints d'un diabète de type 2, d'âge moyen 67,6 ans. Elles s'établissent à 5 399 €₂₀₁₈ par an. Enfin, Chevreul *et al.* (2014) estiment les PP à 531 €₂₀₁₈ par an.

Sur la base de ces 5 sources de données, nous estimons que les CS moyens d'un patient atteint de diabète de type 2 s'élèvent à 4 298 €₂₀₁₈.

La revue de la littérature de Soares Andrade *et al.* (2022) confirme une importante variabilité entre les pays européens et pour un même pays, selon l'année d'étude et la méthodologie utilisée. Marcellusi *et al.* (2016) estiment le coût d'un patient diabétique de type 2 à 3 779 €₂₀₁₈, et les PP à 2 711 €₂₀₁₈ par an, et évaluent que la retraite anticipée s'élève à 16 564 €₂₀₁₈ par patient concerné. Van de Vel *et al.* (2021) estiment, pour un patient belge, le CS à 3 121 €₂₀₁₈ par an, et les PP à 4 508 €₂₀₁₈.

EU-Trinomics (2022), reprenant les valeurs de Hex *et al.* (2012), propose 3 351 €₂₀₁₈, et le même montant pour les PP. Honeycutt *et al.* (2009) utilisent deux approches pour estimer le coût d'un patient à partir des données de l'US MEPS (Medical Expenditure Panel Surveys) de 1998 à 2003, soit 162 648 observations. Ils obtiennent (pour tous les âges), 4 791 €₂₀₁₈ à partir d'une approche fondée sur une régression économétrique, et 3 367 €₂₀₁₈ avec une approche fondée directement sur les coûts.

L'*American Diabetes Association* (2018) compare les dépenses des personnes diabétiques (y compris diabète de type 1) à celles d'une population d'âge et de sexe similaires, et estime que le diabète est responsable d'un excès de dépenses estimé à 8 360 €₂₀₁₈ par an et par personne. Les coûts indirects (associés à l'emploi) sont aussi estimés, et peuvent être exprimés par patient et par an. Les PP dues aux absences représentent 116 €₂₀₁₈, la baisse de productivité lorsqu'au travail représente 948 €₂₀₁₈, et la réduction de l'emploi du fait de l'invalidité 1 322 €₂₀₁₈. Pour le Royaume-Uni, Eaton, Hunt et Black (2023) évaluent les CS annuels par patient à 3 996 €₂₀₁₈ et les PP à 3 303 €₂₀₁₈ ; et Walton *et al.* (2024) évaluent, sur la base de Hex *et al.* (2009), les CS vie entière à 18 129 €₂₀₁₈, et les PP à 17 062 €₂₀₁₈. Zhao *et al.* (2024), enfin, évalue la VEVE à 67 717 €₂₀₁₈ en utilisant une actualisation à 3,5% par an, sur la base de sept modèles internationaux indépendants de diabète de type 2. Cinq d'entre eux l'évaluent entre 35 466 €₂₀₁₈ et 47 170 €₂₀₁₈, un à 12 914 €₂₀₁₈ et le dernier à 250 959 €₂₀₁₈ (voir détail dans leur table « *Supplément 3* »).

Nous retenons la moyenne des études françaises pour établir la **VEVE des CS du diabète de type 2 à 51 576 €₂₀₁₈**. **Pour les PP**, nous retenons la valeur de Chevreul *et al.* (2014), soit 531 €₂₀₁₈ par an, ce qui conduit à une **VEVE de 6 372 €₂₀₁₈**.

Données sur la CI

Pour la CI, tout comme pour l'IAM, nous procédons à une évaluation fondée sur la durée moyenne de la maladie et la perte de qualité de vie mesurée par les pondérations d'incapacité de l'IHME-GBD associées au diabète de type 2 pour différents états. Toutefois, cela implique 26 pondérations, de 0 (cas asymptomatique) jusqu'à 0,631 (insuffisance rénale terminale sous dialyse et anémie sévère). Nous ne tiendrons donc compte de la perte d'utilité que pour les trois principales complications (polyneuropathie avec ulcération du pied sans amputation (pied diabétique), neuropathie simple, et perte de la vision).

Wallemacq *et al.* (2009), parmi les 7 000 patients européens de l'étude Code 2, trouvent une prévalence des neuropathies de 28%, des rétinopathies de 20% (et de cécité, de 2%) et des maladies vasculaires périphériques de 18%. Alva *et al.* (2015), dans le cadre d'une enquête anglaise sur le suivi pendant plus de dix ans de patients diabétiques, font état de 36,7% de complications (cf. Table 5 de leur supplément), dont 178 (5,8%) de perte de la vision d'un œil.

En France, Fagot-Campagna *et al.* (2009) et Schlienger (2013), sur la base des enquêtes françaises ENTRED 2007, établissent que les neuropathies douloureuses touchent 20% des patients diabétiques de type 2, que 15 % des patients présenteront des ulcérations du pied dans leur vie, et que la prévalence d'une perte de vision à un œil est de 4%.

Nous considérons, pour le calcul de la CI, que ces états sont mutuellement exclusifs et qu'ils surviennent à la moitié de la durée de la maladie (donc après six ans). Nous supposons donc que 39% des diabétiques subiront une complication pendant six ans en moyenne, dont les poids d'incapacité s'élèvent à 0,133 pour la neuropathie, 0,15 pour l'ulcération du pied et 0,184 pour la perte

de vision d'un œil. En considérant la pondération d'incapacité de 0,049 associé à un traitement sans complication du diabète (qui concerne tous les patients pendant les 6 premières années, et 61% d'entre eux pendant les 6 années suivantes), nous obtenons une moyenne pondérée par patient de 0,812 AVCI, soit, en appliquant une valeur par AVCI de 45 000 €₂₀₁₈, une **valeur de la CI de 36 544 €₂₀₁₈**.

À titre de comparaison, Eaton, Hunt et Black (2023) évaluent la CI annuelle par patient à 1 669 €₂₀₁₈, et Walton *et al.* (2024) à 234 611 €₂₀₁₈ par cas sur la base de Birchby (2023).

Références

- Afsset, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. 2007. "Impacts économiques des pathologies liées à la pollution Étude d'impact sur les coûts que représentent pour l'Assurance maladie certaines pathologies liées à la pollution Illustration avec l'asthme et le cancer." In, 137.
- Alva ML, Gray A, Mihaylova B, Leal J, Holman RR (2015) The impact of diabetes-related complications on healthcare costs : new results from the UKPDS (UKPDS 84). *Diabetic Medicine* 32(4): 459-466. 10.1111/dme.12647
- Amalric, F. 2007. "Analyse économique des coûts du cancer en France. Impact sur la qualité de vie, prévention, dépistage, soins, recherche." In, 146.
- Ameli (2023) Définition et facteurs favorisant de l'infarctus du myocarde, <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/infarctus-myocarde/definition-survenue-facteurs-favorisants>
- Ameli (2024) Bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) et bronchite chronique. <https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/bpco-bronchite-chronique>
- American Diabetes Association. Economic Costs of Diabetes in the U.S. in 2017. *Diabetes Care* 2018; 41: 917-28
- Assurance maladie. 2020. "Personnes prises en charge pour accident vasculaire cérébral (AVC) aigu en 2018." In, 3.
- Assurance maladie. 2024. 'Data pathologies', Caisse nationale de l'Assurance maladie (Cnam), Accessed octobre 2024. <https://data.ameli.fr/pages/data-pathologies/>
- Asthma+Lung UK (2023) Investing in breath: Measuring the economic cost of asthma and COPD in the UK and identifying ways to reduce it through better diagnosis and care - Technical Report <https://www.asthmaandlung.org.uk/investing-breath-measuring-economic-cost-asthma-copd-uk-identifying-ways-reduce-it-through-better#:~:text=The%20total%20economic%20cost%20of>
- Barnett, S. B., and T. A. Nurmamagambetov. 2011. 'Costs of asthma in the United States: 2002-2007', *J Allergy Clin Immunol*, 127: 145-52.
- Barral, M., H. Rabier, A. Termoz, H. Serrier, C. Colin, J. Haesebaert, L. Derex, N. Nighoghossian, A. M. Schott, M. Viprey, and Group Stroke69 Study. 2021. 'Patients' productivity losses and informal care costs related to ischemic stroke: a French population-based study', *Eur J Neurol*, 28: 548-57.
- Belova, A., N. Fann, J. Haskell, B. Hubbell, and T. Narayan. 2020. 'Estimating Lifetime Cost of Illness. An Application to Asthma', *Ann Am Thorac Soc*, 17: 1558-69.
- Benković, V., M. Parker, T. Novaković, A. Meštrović, and H. Budinčević. 2023. 'The cost of ischaemic stroke in Croatia', *Eur Stroke J*, 8: 21-27.
- BenMAP. (2022). Environmental Benefits Mapping and Analysis Program – _Community Edition. Retrieved from https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-04/documents/benmap-ce_user_manual_march_2015.pdf
- Birchby, D., Sendall, J., Stedman, J. . 2023. "Air Quality damage cost update 2023 –FINAL Report." In, 68p.
- CAFE (2005). Methodology for the Cost-Benefit Analysis for CAFE. Volume 3: Uncertainty in the CAFE CBA. Report ED51014. AEA Technology Environment Report, Oxon, par Holland, M., Hurley, F., Hunt, A., *et al.* https://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/activities/pdf/cba_method_vol3.pdf
- Chanel, O., T. Benmarhnia, and S. Host. 2022. "Évaluation économique des impacts sanitaires des mesures limitant la circulation dans la métropole du Grand Paris (CEPEM)." In, 47. ADEME-PRIMEQUAL.
- Charbonnel, B., Simon, D., Dallongeville, J. *et al.* (2018) Direct Medical Costs of Type 2 Diabetes in France: An Insurance Claims Database Analysis. *PharmacoEconomics Open* 2, 209–219. <https://doi.org/10.1007/s41669-017-0050-3>
- Charbonnel, B., Simon, D., Dallongeville, J., Bureau, I., Gourmelen, J., & Detournay, B. (2017). Coût du diabète de type 2 en France: une analyse des données de l'EGB. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 11, IIS24-IIS27.
- Charmeux, C. (2020). *Vécu de l'introduction d'un traitement injectable chez le patient diabétique de type 2: étude au centre hospitalier de Saint-Avold* (Thèse, Université de Lorraine), juin
- Chen W, FitzGerald JM, Sin DD, *et al.* (2017) Excess economic burden of comorbidities in COPD: a 15 year population-based study. *Eur Respir J*. 50(1).
- Chen, S., Kuhn, M., Prettnner, K., Yu, F., Yang, T., Bärnighausen, T., ... & Wang, C. (2023). The global economic burden of chronic obstructive pulmonary disease for 204 countries and territories in 2020–50: a health-augmented macroeconomic modelling study. *The Lancet Global Health*, 11(8), e1183-e1193.
- Chevalier, J., O. Delaitre, F. Hammès, and G. de Pourville. 2014. 'Cost-effectiveness of dabigatran versus vitamin K antagonists for the prevention of stroke in patients with atrial fibrillation: a French payer perspective', *Arch Cardiovasc Dis*, 107: 381-90.
- Chevreur, K., Berg Brigham, K., & Bouché, C. (2014). The burden and treatment of diabetes in France. *Globalization and health*, 10, 1-9.
- Chevreur, K., I. Durand-Zaleski, A. Gouepo, E. Fery-Lemonnier, M. Hommel, and F. Woimant. 2013. 'Cost of stroke in France', *Eur J Neurol*, 20: 1094-100.
- Chouaid, C., and A. Vergnenègre. 2018. 'Les coûts du cancer du poumon', *Revue des Maladies Respiratoires Actualités*, 10: 192-97.

- Chouaid, C., A. Vergnenègre, V. Vandewalle, F. Liebaert, and A. Khelifa. 2004. 'Coûts de l'asthme en France : modélisation médico-économique par un modèle de Markov', *Revue des Maladies Respiratoires*, 21: 493-99.
- Com-Ruelle, L., N. Grandfils, F. Midy, and R. Sitta. 2002. 'Les déterminants du coût médical de l'asthme en Île-de-France', *Biblio*, 1397: 1-118.
- Cotté, F. E., G. Chaize, I. Kachaner, A. F. Gaudin, A. Vainchtock, and I. Durand-Zaleski. 2014. 'Incidence and cost of stroke and hemorrhage in patients diagnosed with atrial fibrillation in France', *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 23: e73-83.
- Cucchi, I. ; Chanel, O. ; Benmati, M. ; Brulfert, G. ; Schaffar, R. ; Zufferey, J. ; *et al.* 2021. "Evaluation des impacts sur la santé de l'exposition chronique aux particules fines et au dioxyde d'azote sur la partie suisse du Grand Genève / Evaluation of the health impacts of chronic exposure to fine particles and nitrogen dioxide in the Swiss part of Greater Geneva." In, 61.
- Dajnak, D. ; Kitwiron, N. ; Assareh, N. ; Stewart, G. ; Hicks, W. ; Evangelopoulos, D. ; ... & Beevers, S. 2022. "Pathway to WHO: achieving clean air in the UK." In, 136.
- Defossez, Gautier, Sandra Le Guyader-Peyrou, Zoé Uhry, Pascale Grosclaude, Marc Colonna, Emmanuelle Dantony, Patricia Delafosse, Florence Molinié, Anne-Sophie Woronoff, Anne-Marie Bouvier, Nadine Bossard, Laurent Remonet, and Alain Monnereau. 2019. "Estimations nationales de l'incidence et de la mortalité par cancer en France métropolitaine entre 1990 et 2018 - Volume 1 : Tumeurs solides : Étude à partir des registres des cancers du réseau Francim" In, 372 p. Saint-Maurice: Santé publique France.
- Delafosse, Patricia, Gautier Defossez, Florence Molinié, Tania D'Almeida, Camille Lecoffre, Lionel Lafay, Morgane Mounier, Gaëlle Coureau, Brigitte Trétarre, cancers Réseau français des registres des, Lyon Service de Biostatistique-Bioinformatique des Hospices civils de, France Santé publique, and cancer Institut national du. 2020. "Survie des personnes atteintes de cancer en France métropolitaine 1989-2018 – Poumon." In, 12 p. Boulogne-Billancourt: Inca.
- De Lagasnerie, G., Aguadé, AS., Denis, P. *et al.* The economic burden of diabetes to French national health insurance: a new cost-of-illness method based on a combined medicalized and incremental approach. *Eur J Health Econ* 19, 189–201 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10198-017-0873-y>
- De Pourville, G. 2016. 'Coût de la prise en charge des accidents vasculaires cérébraux en France', *Archives of Cardiovascular Diseases Supplements*, 8: 161-68.
- Detournay, B., Pribil, C., Fournier, M. T., Housset, B., Huchon, G., Huas, D., ... & SCOPE Group. (2004). The SCOPE study: health-care consumption related to patients with chronic obstructive pulmonary disease in France. *Value in health*, 7(2), 168-174.
- Dickie M, Messman VL. (2004) Parental altruism and the value of avoiding acute illness: are kids worth more than parents? *Journal of Environmental Economics and Management*. 48(3):1146-74. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069604000154>
- Dieguez, G. ; Ferro, C. ; Pyenson, B. S. 2017. "À multi-year look at the cost burden of cancer care." In, 1-4.
- Druet, C., Bourdel-Marchasson, I., Weill, A., Eschwege, E., Penfornis, A., Fosse, S., ... & Fagot-Campagna, A. (2013). Le diabète de type 2 en France : épidémiologie, évolution de la qualité de la prise en charge, poids social et économique. *Entred 2007. La Presse Médicale*, 42(5), 830-838
- Eaton, E., A. Hunt, and D. Black. 2023. 'Developing and testing an environmental economics approach to the valuation and application of urban health externalities', *Front Public Health*, 11: 1070200.
- Endo, M., Y. Haruyama, M. Takahashi, C. Nishiura, N. Kojimahara, and N. Yamaguchi. 2016. 'Returning to work after sick leave due to cancer: a 365-day cohort study of Japanese cancer survivors', *J Cancer Surviv*, 10: 320-9.
- EU Trisomics -European Commission - DG Environment / Trinomics (2022) Study to support the impact assessment for a revision of the EU Ambient Air Quality Directives *Specific Request Nr 28 under Framework Service Contract No ENV/F1/FRA/2019/0001 Economic analysis of environmental policies and analytical support in the context of Better Regulation*, October
- Fagot-Campagna A, Fosse S, Roudier C, Ramon I, Penfornis A, Lecomte P, Bourdel-Marchasson I, Chantry M, Deligne J, Fournier C, Poutignat N, Weill A, Paumier A, Eschewège E, pour le Comité scientifique d'Entred (2009) Caractéristiques, risque vasculaire et complications chez les personnes diabétiques en France métropolitaine: d'importantes évolutions entre Entred 2001 et Entred 2007. *Bull Epidemiol Hebd*, 42–43:450–455.
- GBD 2016 (2017) 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* 2017; 390: 1211–59.
- Gerber, Y., Weston, S. A., Enriquez-Sarano, M., Berardi, C., Chamberlain, A. M., Manemann, S. M., & Roger, V. L. (2016). Mortality associated with heart failure after myocardial infarction: a contemporary community perspective. *Circulation: Heart Failure*, 9(1), e002460.
- Ghatnekar, O. 2013. 'The burden of stroke in Sweden: studies on costs and quality of life based on Riks-Stroke, the Swedish stroke register (Doctoral dissertation)', Umeå university.
- Ghatnekar, O., U. Persson, K. Asplund, and E. L. Glader. 2014. 'Costs for stroke in Sweden 2009 and developments since 1997', *Int J Technol Assess Health Care*, 30: 203-9.
- Goetzel, R.Z., Long, S.R., Ozminkowski, R.J., Hawkins, K., Wang, S., Lynch, W., (2004). Health, Absence, Disability, and Presenteeism Cost Estimates of Certain Physical and Mental Health Conditions Affecting U.S. Employers. *J. Occup. Environ. Med.* 46, 398–412. <https://doi.org/10.1097/01.jom.0000121151.40413.bd>
- Gouépo, A. ; Chevreul, K.; Durand-Zaleski, I. 2009. Étude économique sur la prise en charge des accidents vasculaires cérébraux. In Fery-Lemonnier E. La prévention et la prise en charge des accidents vasculaires cérébraux en France.
- Grave, C. 2023. "Identification des niveaux de sévérité des AVC en France permettant de calculer les YLD AVC (Personal communication). In.: Santé publique France - Direction des maladies non transmissibles et traumatismes.
- Grodzinsky, A., Arnold, S. V., Gosch, K., Spertus, J. A., Foody, J. M., Beltrame, J., & Kosiborod, M. (2015). Angina frequency after acute myocardial infarction in patients without obstructive coronary artery disease. *European Heart Journal—Quality of Care and Clinical Outcomes*, 1(2), 92-99.
- Hellermann JP, Jacobsen SJ, Gersh BJ, Rodeheffer RJ, Reeder GS, Roger VL. (2002) Heart failure after myocardial infarction: a review. *Am J Med* 113:324–30.

- Hex N, Bartlett C, Wright D, Taylor M, Varley D. (2012). Estimating the current and future costs of Type 1 and Type 2 diabetes in the UK, including direct health costs and indirect societal and productivity costs. *Diabet Med.*; 29(7):855-62.
- Honeycutt, A. A., Segel, J. E., Hoerger, T. J., & Finkelstein, E. A. (2009). Comparing cost-of-illness estimates from alternative approaches: an application to diabetes. *Health services research*, 44(1), 303-320.
- Hunt, A., Ferguson J., Hurley F., Searl A. (2016), Social costs of morbidity impacts of air pollution, OECD Environment Working Papers, No. 99, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jm55j7cq0lv-en>
- Inserm (2019) Diabète de type 2 Un trouble du métabolisme principalement lié au mode de vie <https://www.inserm.fr/dossier/diabete-type-2/>
- Jenča, D., Melenovský, V., Stehlik, J., Staněk, V., Kettner, J., Kautzner, J., & Wohlfahrt, P. (2021). Heart failure after myocardial infarction: incidence and predictors. *ESC heart failure*, 8(1), 222-237.
- Juillièrè Y, Cambou JP, Bataille V, et al. (2012) Heart failure in acute myocardial infarction: a comparison between patients with or without heart failure criteria from the FAST-MI registry. *Rev Esp Cardiol*; 65:326–33.
- Kephalopoulos, S., Koistinen, K., & Kotzias, D. (2006). Strategies to Determine and Control the Contributions of Indoor Air Pollution to Total Inhalation Exposure (STRATEX) European Collaborative Action. *Urban Air Indoor Environment and Human Exposure, Environment and Quality of Life Report*, (25-EUR), 22503.
- Kim, S. Y., J. H. Park, K. H. Kang, I. Hwang, H. K. Yang, Y. J. Won, H. G. Seo, D. Lee, and S. J. Yoon. 2015. 'The economic burden of cancer in Korea in 2009', *Asian Pac J Cancer Prev*, 16: 1295-301.
- Kirsch, F., Schramm, A., Schwarzkopf, L., Lutter, J. I., Szentes, B., Huber, M., & Leidl, R. (2019). Direct and indirect costs of COPD progression and its comorbidities in a structured disease management program: results from the LQ-DMP study. *Respiratory research*, 20, 1-15.
- Kolominsky-Rabas, P. L., P. U. Heuschmann, D. Marschall, M. Emmert, N. Baltzer, B. Neundörfer, O. Schöffski, and K. J. Krobot. 2006. 'Lifetime cost of ischemic stroke in Germany: results and national projections from a population-based stroke registry: the Erlangen Stroke Project', *Stroke*, 37: 1179-83.
- Kopp, P., Kirchner, S., Boulanger, G., Pernelet-Joly, V., Bayeux, T., Vergriette, B., & Mandin, C. (2014). Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur. *ANSES Editions*, 96 p. avril
- Kotseva, K., L. Gerlier, E. Sidelnikov, L. Kutikova, M. Lamotte, P. Amarenco, and L. Annemans. 2019. 'Patient and caregiver productivity loss and indirect costs associated with cardiovascular events in Europe', *Eur J Prev Cardiol*, 26: 1150-57.
- Kutikova, L., L. Bowman, S. Chang, S. R. Long, C. Obasaju, and W. H. Crown. 2005. 'The economic burden of lung cancer and the associated costs of treatment failure in the United States', *Lung Cancer*, 50: 143-54.
- Laurendeau, C., Chouaid, C., Roche, N., Terrioux, P., Gourmelen, J., & Detournay, B. (2015). Prise en charge et coûts de la bronchopneumopathie chronique obstructive en France en 2011. *Revue des Maladies Respiratoires*, 32(7), 682-691.
- Lezmi G, Lejeune S, Pin I, Blanchon S, Bouazza N, Jolaine V, Marguet C, Houdoin V, Berger P, Fayon M, Dubus JC, Reix P, Pellan M, Brouard J, Chiron R, Giovannini-Chami L, Deschildre A, de Blic J ; COBRAPed Study Group. Factors Associated with Asthma Severity in Children: Data from the French COBRAPed Cohort. *J Allergy Clin Immunol Pract*. 2021 May; 9(5):1969-1979. doi: 10.1016/j.jaip.2020.12.027. Epub 2020 Dec 24. PMID: 33359443.
- Løkke, A., Lange, P., Lykkegaard, J., Ibsen, R., Andersson, M., de Fine Licht, S., & Hilberg, O. (2021). Economic burden of COPD by disease severity—a nationwide cohort study in Denmark. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*, 603-613.
- Lucas-Noll, J., J. L. Clua-Espuny, M. Lleixà-Fortuño, E. Gavalda-Espelta, L. Queralt-Tomas, A. Panisello-Tafalla, and M. Carles-Lavila. 2023. 'The costs associated with stroke care continuum: a systematic review', *Health Econ Rev*, 13: 32.
- Maddox, T. M., Reid, K. J., Spertus, J. A., Mittleman, M., Krumholz, H. M., Parashar, S., ... & Rumsfeld, J. S. (2008). Angina at 1 year after myocardial infarction: prevalence and associated findings. *Archives of internal medicine*, 168(12), 1310-1316.
- Maniloff, P., & Fann, N. (2023). Estimates of the cost of illness of myocardial infarction, asthma and stroke. *Applied Economics*, 56(48), 5743–5753.
- Marcellusi A, Viti R, Mecozzi A, Mennini FS. The direct and indirect cost of diabetes in Italy: a prevalence probabilistic approach. *Eur J Health Econ*. 2016 Mar ;17(2):139-47. doi:10.1007/s10198-014-0660-y. Epub 2014 Nov 27. PMID: 25427540.
- Mariotto, A. B., K. R. Yabroff, Y. Shao, E. J. Feuer, and M. L. Brown. 2011. 'Projections of the cost of cancer care in the United States: 2010-2020', *J Natl Cancer Inst*, 103: 117-28.
- Masoli, M., D. Fabian, S. Holt, and R. Beasley. 2004. 'The global burden of asthma: executive summary of the GINA Dissemination Committee report', *Allergy*, 59: 469-78.
- Milcent, C. (2017). « Premier bilan de la tarification à l'activité (T2A) sur la variabilité des coûts hospitaliers », *Économie & prévision*, 2017/1 (n° 210), p. 45-67.
- Meier GC, Watkins J, McEwan P, Pockett RD. Resource use and direct medical costs of acute respiratory illness in the UK based on linked primary and secondary care records from 2001 to 2009. *PLOS ONE*. 2020; 15(8):e0236472. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236472>
- Nicholson, G., Gandra, S. R., Halbert, R. J., Richhariya, A., & Nordyke, R. J. (2016). Patient-level costs of major cardiovascular conditions: a review of the international literature. *ClinicoEconomics and Outcomes Research*, 495-506.
- OCDE. 2021. Health at a Glance 2021.
- Ohno, S., Y. Chen, H. Sakamaki, N. Matsumaru, and K. Tsukamoto. 2020. 'Factors associated with humanistic burden and indirect cost among patients with cancer in Japan', *J Med Econ*, 23: 1570-78.
- O'Sullivan, A. K., Rubin, J., Nyambose, J., Kuznik, A., Cohen, D. J., & Thompson, D. (2011). Cost estimation of cardiovascular disease events in the US. *Pharmacoeconomics*, 29, 693-704.
- Olié, V., Grave, C., Gabet, A., Chatignoux, E., Gautier, A., & Bonaldi, C. (2023). Épidémiologie de l'hypertension artérielle en France: prévalence élevée et manque de sensibilisation de la population. *Bull Épidémiol Hebd*, 8, 130-8.
- Owlia, M., Dodson, J. A., King, J. B., Derington, C. G., Herrick, J. S., Sedlis, S. P., ... & Bress, A. P. (2019). Angina severity, mortality, and healthcare utilization among veterans with stable angina. *Journal of the American Heart Association*, 8(15), e012811.

- Pamuk, G., M. Le Bourgeois, R. Abou Taam, J. de Blic, C. Delacourt, and G. Lezmi. 2021. 'The economic burden of severe asthma in children: a comprehensive study', *J Asthma*, 58: 1467-77.
- Park, J., and K. A. Look. 2019. 'Health Care Expenditure Burden of Cancer Care in the United States', *Inquiry*, 56: 46958019880696.
- Perez, T., Serrier, P., Pribil, C., & Mahdad, A. (2013). BPCO et qualité de vie: impact de la maladie en médecine générale en France. *Revue des maladies respiratoires*, 30(1), 22-32
- Persson, J., J. Ferraz-Nunes, and I. Karlberg. 2012. 'Economic burden of stroke in a large county in Sweden', *BMC Health Serv Res*, 12: 341.
- Peterson, C., DeGue, S., Florence, C., Lokey, C. N. (2017). Lifetime economic burden of rape among US adults. *American journal of preventive medicine*, 52(6), 691-701
- Philippe, F., Blin, P., Bouée, S., Laurendeau, C., Torretton, E., Gourmelin, J., & Steg, G. (2017, April). Coût des consommations de soins après un infarctus du myocarde en France: une estimation à partir de l'échantillon généraliste des bénéficiaires (EGB). In *Annales de Cardiologie et d'Angéologie* (Vol. 66, No. 2, pp. 74-80). Elsevier Masson.
- Puymirat, E., Simon, T., Cayla, G., Cottin, Y., Elbaz, M., Coste, P., Lemesle, G., & FAST-MI investigators (2017). Changes in patient characteristics, management, and 6-month outcomes over a period of 20 years in the FAST-MI Program (French Registry of Acute ST-Elevation or Non-ST-Elevation Myocardial Infarction) 1995 to 2015. *Circulation*, 136, 1908-1919.
- Rafenberg, C., G. Dixsaut, and I. Annesi-Maesano. 2015. 'Évaluation à minima du coût de la pollution atmosphérique pour le système de soin français', *Environnement, Risques & Santé*, 14: 135-50.
- Raherison, C., P. Mayran, A. Jeziorski, A. Deccache, and A. Didier. 2017. 'Patient asthmatique : contrôle, ressenti et observance. Résultats français de l'enquête REALISE™', *Revue des Maladies Respiratoires*, 34: 19-28.
- Rehman, A. U., Hassali, M. A. A., Muhammad, S. A., Harun, S. N., Shah, S., & Abbas, S. (2020a). The economic burden of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in Europe: results from a systematic review of the literature. *The European Journal of Health Economics*, 21, 181-194.
- Rehman, A., Ahmad Hassali, M. A., Muhammad, S. A., Shah, S., Abbas, S., Hyder Ali, I. A. B., & Salman, A. (2020b). The economic burden of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in the USA, Europe, and Asia: results from a systematic review of the literature. *Expert review of pharmacoeconomics & outcomes research*, 20(6), 661-672.
- Reznik, Y., Naiditch, N., Thébaud, J. F., Havet, A., Bénard, S., & Riveline, J. P. (2022). Actualisation des données épidémiologiques du diabète en France: l'étude APIDIA 2017. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 16(7), 642-651
- Ricci, P., Chantry, M., Detournay, B., Poutignat, N., Kusnik-Joinville, O., Raimond, V., ... & Weill, A. (2010). Analyse économique des soins des personnes traitées pour diabète (études Entred 2001 et 2007). *Pratiques et Organisation des soins*, 41(1), 1-10.
- Roche, N., R. Nadif, C. Fabry-Vendrand, L. Pillot, G. Thabut, C. Teissier, S. Bouee, M. Goldberg, and M. Zins. 2023. 'Asthma burden according to treatment steps in the French population-based cohort CONSTANCES', *Respir Med*, 206: 107057.
- Roche, N., Caron, A., Emery, C., Torretton, E., Brisacier, A. C., Thissier, F., ... & Raherison-Semjen, C. (2024). Évaluation médicoéconomique du PRADO-BPCO, programme d'accompagnement post-exacerbation. *Revue des Maladies Respiratoires* 41 (2024) 409—420
- Roelen, C. A., P. C. Koopmans, J. W. Groothoff, J. J. van der Klink, and U. Bultmann. 2011. 'Sickness absence and full return to work after cancer: 2-year follow-up of register data for different cancer sites', *Psychooncology*, 20: 1001-6.
- Rudberg, A. S. 2021. 'Long-Term Aspects of Stroke: Survival, Health-Related Quality of Life and Costs (Doctoral dissertation)', Karolinska Institutet (Sweden).
- Ryder, S., Fox, K., Rane, P., Armstrong, N., Wei, C. Y., Deshpande, S., ... & Kleijnen, J. (2019). A systematic review of direct cardiovascular event costs: an international perspective. *Pharmacoeconomics*, 37, 895-919
- Schlienger, J. L. (2013). Complications du diabète de type 2. *La presse médicale*, 42(5), 839-848.
- Schmidt, A., C. Heroum, D. Caumette, K. Le Lay, and S. Benard. 2015. 'Acute Ischemic Stroke (AIS) patient management in French stroke units and impact estimation of thrombolysis on care pathways and associated costs', *Cerebrovasc Dis*, 39: 94-101.
- Smeets, M., Vaes, B., Mamouris, P., Van Den Akker, M., Van Pottelbergh, G., Goderis, G., ... & Henrard, S. (2019). Burden of heart failure in Flemish general practices: a registry-based study in the Intego database. *BMJ open*, 9(1), e022972.
- Soares Andrade CA, Shahin B, Dede O, Akpeji AO, Ajene CL, Albano Israel FE, Varga O. The burden of type 2 diabetes mellitus in states of the European Union and United Kingdom at the national and subnational levels: A systematic review. *Obes Rev*. 2023 Sep ;24(9):e13593. doi: 10.1111/obr.13593. Epub 2023 Jul 4. PMID: 37401729.
- Spieler, J. F., J. L. Lanoe, and P. Amarenco. 2004. 'Costs of stroke care according to handicap levels and stroke subtypes', *Cerebrovasc Dis*, 17: 134-42.
- Stedman, M., Heald, A. H., & Whyte, M. (2022). Early death and loss of life expectancy years in type 2 diabetes are linked to local population demographics and lifestyle, September, Hybrid 58th EASD Annual Meeting <https://www.easd.org/media-centre/home.html#!resources/early-death-and-loss-of-life-expectancy-years-in-type-2-diabetes-are-linked-to-local-population-demographics-and-lifestyle-22c8d546-a1b3-4e9a-bca3-5c180e5b20e2>
- Strilciuc, S., D. A. Grad, C. Radu, D. Chira, A. Stan, M. Ungureanu, A. Gheorghe, and F. D. Muresanu. 2021. 'The economic burden of stroke: a systematic review of cost of illness studies', *J Med Life*, 14: 606-19.
- Syse, A., S. Tretli, and Ø Kravdal. 2008. 'Cancer's impact on employment and earnings—a population-based study from Norway', *J Cancer Surviv*, 2: 149-58.
- Tachkov, K., Kamusheva, M., Pencheva, V., & Mitov, K. (2017). Evaluation of the economic and social burden of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31(4), 855-861.
- The Economist Intelligence Unit. 2009. Breakaway: The global burden of cancer—challenges and opportunities. In, 72.
- Tuppin, P., S. Riviere, A. Rigault, S. Tala, J. Drouin, L. Pestel, P. Denis, C. Gastaldi-Menager, C. Gissot, Y. Juilliere, and A. Fagot-Campagna. 2016. 'Prevalence and economic burden of cardiovascular diseases in France in 2013 according to the national health insurance scheme database', *Arch Cardiovasc Dis*, 109: 399-411.

- Ungar, W. J., and P. C. Coyte. 2001. Prospective study of the patient-level cost of asthma care in children, *Pediatr Pulmonol*, 32: 101-8.
- Van de Vel K., Buekers J. (2021), Interdiction progressive des véhicules thermiques dans la Région de Bruxelles- Capitale : impact sur la santé, étude réalisée pour Bruxelles Environnement, 2021/HEALTH/R/2237, VITO NV.
- Van Ganse, E., L. Laforest, G. Pietri, J. P. Boissel, F. Gormand, R. Ben-Joseph, and P. Ernst. 2002. 'Persistent asthma: disease control, resource utilisation and direct costs', *Eur Respir J*, 20: 260-7.
- Vayr, F., F. Savall, L. Bigay-Game, J. M. Soulat, C. Chouaid, and F. Herin. 2019. 'Lung cancer survivors and employment: A systematic review', *Lung Cancer*, 131: 31-39. Vidal (2024) Infarctus du myocarde, <https://www.vidal.fr/maladies/coeur-circulation-veines/apres-infarctus-myocarde.html>
- Wallemacq, C., Van Gaal, L. F., & Scheen, A. (2005). Le cout du diabete de type 2: resume de l'enquete europeenne CODE- et analyse de la situation en Belgique. *Revue Médicale de Liège*, 60(5-6).
- Walton, H., Dajnak, D., Holland, M., Evangelopoulos, D., Wood, D., Brand, C., & Beevers, S. D. (2024) Health and Associated Economic Benefits of Reduced Air Pollution and Increased Physical Activity from Climate Change Policies. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4930508> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4930508>
- Yang, S. C., W. W. Lai, T. I. Wu, J. S. Hwang, J. D. Wang, and F. Wang. 2023. 'Losses of lifetime employment duration and productivity for patients with different subtypes and stages of lung cancer', *Eur J Health Econ*.
- Zhao, T., Tew, M., Feenstra, T. *et al.* (2024) The Impact of Unrelated Future Medical Costs on Economic Evaluation Outcomes for Different Models of Diabetes. *Appl Health Econ Health Policy* 22, 861–869. <https://doi.org/10.1007/s40258-024-00914-z>

Annexe 3. Tableaux d'évaluation économique par classe de densité

A3.1 Impacts à long terme des PM_{2,5} et du cancer du poumon

Tableau A1 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour cancer du poumon (35 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	569 (372 - 779)	20 (13 - 28)	31 (20 - 42)	41 (27 - 56)	3 (2 - 5)	5 (3 - 7)	7 (4 - 9)	16 (10 - 22)	24 (16 - 33)	32 (21 - 44)
Rural sous faible influence d'un pôle	368 (240 - 503)	13 (9 - 18)	20 (13 - 27)	26 (17 - 36)	2 (1 - 3)	3 (2 - 4)	4 (3 - 6)	10 (7 - 14)	15 (10 - 21)	21 (13 - 28)
Rural sous forte influence d'un pôle	408 (267 - 558)	15 (10 - 20)	22 (14 - 30)	29 (19 - 40)	2 (2 - 3)	4 (2 - 5)	5 (3 - 7)	11 (7 - 16)	17 (11 - 23)	23 (15 - 31)
Urbain densité intermédiaire	1 174 (768 - 1 603)	42 (28 - 58)	63 (41 - 87)	85 (55 - 115)	7 (5 - 9)	10 (7 - 14)	14 (9 - 19)	33 (22 - 45)	49 (32 - 67)	66 (43 - 90)
Urbain dense	507 (332 - 691)	18 (12 - 25)	27 (18 - 37)	37 (24 - 50)	3 (2 - 4)	4 (3 - 6)	6 (4 - 8)	14 (9 - 19)	21 (14 - 29)	28 (19 - 39)
Urbain dense au sein d'une métropole	1 077 (708 - 1 464)	39 (25 - 53)	58 (38 - 79)	78 (51 - 105)	6 (4 - 9)	9 (6 - 13)	13 (8 - 17)	30 (20 - 41)	45 (30 - 61)	60 (40 - 82)
France hexagonale	4 103 (2 688 - 5 599)	148 (97 - 202)	222 (145 - 302)	295 (194 - 403)	24 (16 - 33)	36 (24 - 49)	48 (32 - 66)	115 (75 - 157)	172 (113 - 235)	230 (151 - 314)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A2 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour cancer du poumon (35 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	393 (256 - 542)	14 (9 - 20)	21 (14 - 29)	28 (18 - 39)	2 (2 - 3)	3 (2 - 5)	5 (3 - 6)	11 (7 - 15)	17 (11 - 23)	22 (14 - 30)
Rural sous faible influence d'un pôle	262 (171 - 361)	9 (6 - 13)	14 (9 - 19)	19 (12 - 26)	2 (1 - 2)	2 (2 - 3)	3 (2 - 4)	7 (5 - 10)	11 (7 - 15)	15 (10 - 20)
Rural sous forte influence d'un pôle	290 (189 - 399)	10 (7 - 14)	16 (10 - 22)	21 (14 - 29)	2 (1 - 2)	3 (2 - 4)	3 (2 - 5)	8 (5 - 11)	12 (8 - 17)	16 (11 - 22)
Urbain densité intermédiaire	859 (559 - 1 179)	31 (20 - 42)	46 (30 - 64)	62 (40 - 85)	5 (3 - 7)	8 (5 - 10)	10 (7 - 14)	24 (16 - 33)	36 (23 - 50)	48 (31 - 66)
Urbain dense	382 (249 - 524)	14 (9 - 19)	21 (13 - 28)	28 (18 - 38)	2 (1 - 3)	3 (2 - 5)	4 (3 - 6)	11 (7 - 15)	16 (10 - 22)	21 (14 - 29)
Urbain dense au sein d'une métropole	845 (553 - 1 155)	30 (20 - 42)	46 (30 - 62)	61 (40 - 83)	5 (3 - 7)	7 (5 - 10)	10 (6 - 14)	24 (15 - 32)	35 (23 - 49)	47 (31 - 65)
France hexagonale	3 032 (1 977 - 4 160)	109 (71 - 150)	164 (107 - 225)	218 (142 - 300)	18 (12 - 24)	27 (17 - 37)	36 (23 - 49)	85 (55 - 116)	127 (83 - 175)	170 (111 - 233)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A3 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour cancer du poumon (35 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)- Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	12 (8 - 17)	0,4 (0 - 1)	0,6 (0 - 1)	0,9 (1 - 1)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,3 (0 - 0)	0,5 (0 - 1)	0,7 (0 - 1)
Rural sous faible influence d'un pôle	18 (11 - 24)	0,6 (0 - 1)	1,0 (1 - 1)	1,3 (1 - 2)	0,1 (0 - 0)	0,2 (0 - 0)	0,2 (0 - 0)	0,5 (0 - 1)	0,8 (0 - 1)	1,0 (1 - 1)
Rural sous forte influence d'un pôle	17 (11 - 24)	0,6 (0 - 1)	0,9 (1 - 1)	1,2 (1 - 2)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,2 (0 - 0)	0,5 (0 - 1)	0,7 (0 - 1)	1,0 (1 - 1)
Urbain densité intermédiaire	100 (64 - 139)	3,6 (2 - 5)	5,4 (3 - 8)	7,2 (5 - 10)	0,6 (0 - 1)	0,9 (1 - 1)	1,2 (1 - 2)	2,8 (2 - 4)	4,2 (3 - 6)	5,6 (4 - 8)
Urbain dense	67 (43 - 92)	2,4 (2 - 3)	3,6 (2 - 5)	4,8 (3 - 7)	0,4 (0 - 1)	0,6 (0 - 1)	0,8 (1 - 1)	1,9 (1 - 3)	2,8 (2 - 4)	3,8 (2 - 5)
Urbain dense au sein d'une métropole	243 (157 - 336)	8,7 (6 - 12)	13,1 (8 - 18)	17,5 (11 - 24)	1,4 (1 - 2)	2,1 (1 - 3)	2,9 (2 - 4)	6,8 (4 - 9)	10,2 (7 - 14)	13,6 (9 - 19)
France hexagonale	456 (295 - 632)	16,4 (11 - 23)	24,6 (16 - 34)	32,8 (21 - 46)	2,7 (2 - 4)	4 (3 - 6)	5,4 (3 - 7)	12,8 (8 - 18)	19,2 (12 - 27)	25,5 (17 - 35)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies à la centaine de milliers la plus proche.

A3.2 Impacts à long terme des PM_{2,5} et de la BPCO

Tableau A4 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour BPCO (40 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	3 327 (2 490 - 4 107)	138 (103 - 170)	206 (154 - 255)	275 (206 - 340)	27 (20 - 33)	40 (30 - 49)	53 (40 - 66)	277 (207 - 342)	416 (311 - 513)	554 (415 - 684)
Rural sous faible influence d'un pôle	1 906 (1 428 - 2 351)	79 (59 - 97)	118 (89 - 146)	158 (118 - 194)	15 (11 - 19)	23 (17 - 28)	30 (23 - 38)	159 (119 - 196)	238 (179 - 294)	318 (238 - 392)
Rural sous forte influence d'un pôle	1 882 (1 410 - 2 322)	78 (58 - 96)	117 (87 - 144)	156 (117 - 192)	15 (11 - 19)	23 (17 - 28)	30 (23 - 37)	157 (117 - 193)	235 (176 - 290)	314 (235 - 387)
Urbain densité intermédiaire	6 817 (5 113 - 8 400)	282 (211 - 347)	423 (317 - 521)	564 (423 - 694)	55 (41 - 67)	82 (61 - 101)	109 (82 - 134)	568 (426 - 700)	852 (639 - 1 050)	1 136 (852 - 1 400)
Urbain dense	2 711 (2 036 - 3 336)	112 (84 - 138)	168 (126 - 207)	224 (168 - 276)	22 (16 - 27)	33 (24 - 40)	43 (33 - 53)	226 (170 - 278)	339 (255 - 417)	452 (339 - 556)
Urbain dense au sein d'une métropole	5 599 (4 214 - 6 877)	231 (174 - 284)	347 (261 - 426)	463 (348 - 568)	45 (34 - 55)	67 (51 - 83)	90 (67 - 110)	467 (351 - 573)	700 (527 - 860)	933 (702 - 1 146)
France hexagonale	22 242 (16 692 - 27 393)	919 (690 - 1 132)	1 379 (1 035 - 1 698)	1 839 (1 380 - 2 264)	178 (134 - 219)	267 (200 - 329)	356 (267 - 438)	1 853 (1 391 - 2 283)	2 780 (2 087 - 3 424)	3 707 (2 782 - 4 565)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A5 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour BPCO (40 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	2 299 (1 714 - 2 850)	95 (71 - 118)	143 (106 - 177)	190 (142 - 236)	18 (14 - 23)	28 (21 - 34)	37 (27 - 46)	192 (143 - 237)	287 (214 - 356)	383 (286 - 475)
Rural sous faible influence d'un pôle	1 361 (1 015 - 1 685)	56 (42 - 70)	84 (63 - 104)	113 (84 - 139)	11 (8 - 13)	16 (12 - 20)	22 (16 - 27)	113 (85 - 140)	170 (127 - 211)	227 (169 - 281)
Rural sous forte influence d'un pôle	1 341 (1 001 - 1 660)	55 (41 - 69)	83 (62 - 103)	111 (83 - 137)	11 (8 - 13)	16 (12 - 20)	21 (16 - 27)	112 (83 - 138)	168 (125 - 208)	223 (167 - 277)
Urbain densité intermédiaire	4 995 (3 732 - 6 178)	206 (154 - 255)	310 (231 - 383)	413 (309 - 511)	40 (30 - 49)	60 (45 - 74)	80 (60 - 99)	416 (311 - 515)	624 (467 - 772)	832 (622 - 1 030)
Urbain dense	2 052 (1 535 - 2 535)	85 (63 - 105)	127 (95 - 157)	170 (127 - 210)	16 (12 - 20)	25 (18 - 30)	33 (25 - 41)	171 (128 - 211)	257 (192 - 317)	342 (256 - 422)
Urbain dense au sein d'une métropole	5 599 (3 296 - 5 421)	231 (136 - 224)	347 (204 - 336)	463 (272 - 448)	45 (26 - 43)	67 (40 - 65)	90 (53 - 87)	467 (275 - 452)	700 (412 - 678)	933 (549 - 903)
France hexagonale	16 445 (12 292 - 20 329)	680 (508 - 840)	1 020 (762 - 1 260)	1 359 (1 016 - 1 681)	132 (98 - 163)	197 (148 - 244)	263 (197 - 325)	1 370 (1 024 - 1 694)	2 056 (1 537 - 2 541)	2 741 (2 049 - 3 388)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A6 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour BPCO (40 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	73 (54 - 91)	3,0 (2 - 4)	4,5 (3 - 6)	6,0 (4 - 8)	0,6 (0 - 1)	0,9 (1 - 1)	1,2 (1 - 1)	6,1 (4 - 8)	9,1 (7 - 11)	12,2 (9 - 15)
Rural sous faible influence d'un pôle	89 (66 - 112)	3,7 (3 - 5)	5,5 (4 - 7)	7,4 (5 - 9)	0,7 (1 - 1)	1,1 (1 - 1)	1,4 (1 - 2)	7,4 (5 - 9)	11,1 (8 - 14)	14,8 (11 - 19)
Rural sous forte influence d'un pôle	82 (61 - 102)	3,4 (3 - 4)	5,1 (4 - 6)	6,8 (5 - 8)	0,7 (0 - 1)	1,0 (1 - 1)	1,3 (1 - 2)	6,8 (5 - 8)	10,3 (8 - 13)	13,7 (10 - 17)
Urbain densité intermédiaire	591 (438 - 736)	24,4 (18 - 30)	36,6 (27 - 46)	48,9 (36 - 61)	4,7 (4 - 6)	7,1 (5 - 9)	9,5 (7 - 12)	49,2 (36 - 61)	73,9 (55 - 92)	98,5 (73 - 123)
Urbain dense	378 (280 - 471)	15,6 (12 - 19)	23,4 (17 - 29)	31,2 (23 - 39)	3,0 (2 - 4)	4,5 (3 - 6)	6,0 (4 - 8)	31,5 (23 - 39)	47,3 (35 - 59)	63,0 (47 - 78)
Urbain dense au sein d'une métropole	1 262 (937 - 1 570)	52,2 (39 - 65)	78,2 (58 - 97)	104,3 (77 - 130)	10,1 (7 - 13)	15,1 (11 - 19)	20,2 (15 - 25)	105,2 (78 - 131)	157,8 (117 - 196)	210,3 (156 - 262)
France hexagonale	2 475 (1 836 - 3 082)	102,3 (76 - 127)	153,5 (114 - 191)	204,6 (152 - 255)	19,8 (15 - 25)	29,7 (22 - 37)	39,6 (29 - 49)	206,2 (153 - 257)	309,4 (230 - 385)	412,5 (306 - 514)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies à la centaine de milliers la plus proche.

A3.3 Impacts à long terme des PM_{2,5} et de l'asthme chez l'enfant

Tableau A7 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour asthme de l'enfant (0-17 ans), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	3 885 (1 347 - 6 104)	91 (31 - 142)	136 (47 - 214)	181 (63 - 285)	83 (29 - 130)	124 (43 - 195)	166 (57 - 260)	106 (37 - 167)	159 (55 - 250)	212 (74 - 334)
Rural sous faible influence d'un pôle	3 146 (1 095 - 4 926)	73 (26 - 115)	110 (38 - 172)	147 (51 - 230)	67 (23 - 105)	101 (35 - 158)	134 (47 - 210)	86 (30 - 135)	129 (45 - 202)	172 (60 - 269)
Rural sous forte influence d'un pôle	4 073 (1 416 - 6 383)	95 (33 - 149)	143 (50 - 223)	190 (66 - 298)	87 (30 - 136)	130 (45 - 204)	174 (60 - 272)	111 (39 - 174)	167 (58 - 262)	223 (77 - 349)
Urbain densité intermédiaire	10 893 (3 809 - 16 980)	254 (89 - 396)	381 (133 - 594)	508 (178 - 792)	232 (81 - 362)	349 (122 - 543)	465 (163 - 724)	298 (104 - 464)	447 (156 - 696)	595 (208 - 928)
Urbain dense	5 516 (1 939 - 8 555)	129 (45 - 200)	193 (68 - 299)	257 (90 - 399)	118 (41 - 183)	177 (62 - 274)	235 (83 - 365)	151 (53 - 234)	226 (79 - 351)	302 (106 - 468)
Urbain dense au sein d'une métropole	12 028 (4 264 - 18 504)	281 (99 - 432)	421 (149 - 648)	561 (199 - 864)	257 (91 - 395)	385 (136 - 592)	513 (182 - 790)	329 (117 - 506)	493 (175 - 759)	658 (233 - 1 012)
France hexagonale	39 541 (13 870 - 61 451)	923 (324 - 1 434)	1 384 (485 - 2 151)	1 845 (647 - 2 868)	844 (296 - 1 311)	1 265 (444 - 1 966)	1 687 (592 - 2 622)	1 081 (379 - 1 680)	1 621 (569 - 2 519)	2 162 (758 - 3 359)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A8 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour asthme de l'enfant (0-17 ans), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	2 736 (931 - 4 376)	64 (22 - 102)	96 (33 - 153)	128 (43 - 204)	58 (20 - 93)	88 (30 - 140)	117 (40 - 187)	75 (25 - 120)	112 (38 - 179)	150 (51 - 239)
Rural sous faible influence d'un pôle	2 275 (777 - 3 624)	53 (18 - 85)	80 (27 - 127)	106 (36 - 169)	49 (17 - 77)	73 (25 - 116)	97 (33 - 155)	62 (21 - 99)	93 (32 - 149)	124 (42 - 198)
Rural sous forte influence d'un pôle	2 924 (998 - 4 664)	68 (23 - 109)	102 (35 - 163)	136 (47 - 218)	62 (21 - 99)	94 (32 - 149)	125 (43 - 199)	80 (27 - 127)	120 (41 - 191)	160 (55 - 255)
Urbain densité intermédiaire	8 079 (2 774 - 12 812)	189 (65 - 299)	283 (97 - 448)	377 (129 - 598)	172 (59 - 273)	259 (89 - 410)	345 (118 - 547)	221 (76 - 350)	331 (114 - 525)	442 (152 - 700)
Urbain dense	4 220 (1 457 - 6 660)	98 (34 - 155)	148 (51 - 233)	197 (68 - 311)	90 (31 - 142)	135 (47 - 213)	180 (62 - 284)	115 (40 - 182)	173 (60 - 273)	231 (80 - 364)
Urbain dense au sein d'une métropole	9 514 (3 313 - 14 889)	222 (77 - 347)	333 (116 - 521)	444 (155 - 695)	203 (71 - 318)	304 (106 - 476)	406 (141 - 635)	260 (91 - 407)	390 (136 - 610)	520 (181 - 814)
France hexagonale	29 749 (10 249 - 47 025)	694 (239 - 1 097)	1 041 (359 - 1 646)	1 388 (478 - 2 194)	635 (219 - 1 003)	952 (328 - 1 505)	1 269 (437 - 2 006)	813 (280 - 1 285)	1 220 (420 - 1 928)	1 626 (560 - 2 571)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A9 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour asthme de l'enfant (0-17 ans), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈)- Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	94 (31 - 155)	2,2 (1 - 4)	3,3 (1 - 5)	4,4 (1 - 7)	2,0 (1 - 3)	3,0 (1 - 5)	4,0 (1 - 7)	2,6 (1 - 4)	3,9 (1 - 6)	5,1 (2 - 8)
Rural sous faible influence d'un pôle	151 (50 - 249)	3,5 (1 - 6)	5,3 (2 - 9)	7,0 (2 - 12)	3,2 (1 - 5)	4,8 (2 - 8)	6,4 (2 - 11)	4,1 (1 - 7)	6,2 (2 - 10)	8,3 (3 - 14)
Rural sous forte influence d'un pôle	154 (51 - 253)	3,6 (1 - 6)	5,4 (2 - 9)	7,2 (2 - 12)	3,3 (1 - 5)	4,9 (2 - 8)	6,6 (2 - 11)	4,2 (1 - 7)	6,3 (2 - 10)	8,4 (3 - 14)
Urbain densité intermédiaire	960 (318 - 15 75)	22,4 (7 - 37)	33,6 (11 - 55)	44,8 (15 - 73)	20,5 (7 - 34)	30,7 (10 - 50)	41,0 (14 - 67)	26,2 (9 - 43)	39,4 (13 - 65)	52,5 (17 - 86)
Urbain dense	741 (245 - 1 217)	17,3 (6 - 28)	25,9 (9 - 43)	34,6 (11 - 57)	15,8 (5 - 26)	23,7 (8 - 39)	31,6 (10 - 52)	20,3 (7 - 33)	30,4 (10 - 50)	40,5 (13 - 67)
Urbain dense au sein d'une métropole	2 674 (893 - 4 355)	62,4 (21 - 102)	93,6 (31 - 152)	124,8 (42 - 203)	57,0 (19 - 93)	85,6 (29 - 139)	114,1 (38 - 186)	73,1 (24 - 119)	109,6 (37 - 179)	146,2 (49 - 238)
France hexagonale	4 774 (1 588 - 7 804)	111,4 (37 - 182)	167,1 (56 - 273)	222,8 (74 - 364)	101,8 (34 - 166)	152,8 (51 - 250)	203,7 (68 - 333)	130,5 (43 - 213)	195,7 (65 - 320)	261 (87 - 427)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies à la centaine de milliers la plus proche.

A3.4 Impacts à long terme des PM_{2,5} et de l'AVC

Tableau A10 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour AVC (35 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	1 420 (1 096 - 1 726)	73 (56 - 89)	109 (84 - 133)	146 (113 - 177)	14 (11 - 17)	21 (16 - 26)	28 (22 - 35)	31 (24 - 38)	47 (36 - 57)	62 (48 - 76)
Rural sous faible influence d'un pôle	834 (645 - 1 013)	43 (33 - 52)	64 (50 - 78)	86 (66 - 104)	8 (6 - 10)	13 (10 - 15)	17 (13 - 20)	18 (14 - 22)	28 (21 - 33)	37 (28 - 45)
Rural sous forte influence d'un pôle	815 (630 - 990)	42 (32 - 51)	63 (49 - 76)	84 (65 - 102)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)	16 (13 - 20)	18 (14 - 22)	27 (21 - 33)	36 (28 - 44)
Urbain densité intermédiaire	2 877 (2 224 - 3 491)	148 (114 - 179)	222 (171 - 269)	295 (228 - 358)	29 (22 - 35)	43 (33 - 52)	58 (44 - 70)	63 (49 - 77)	95 (73 - 115)	127 (98 - 154)
Urbain dense	1 325 (1 026 - 1 607)	68 (53 - 82)	102 (79 - 124)	136 (105 - 165)	13 (10 - 16)	20 (15 - 24)	26 (21 - 32)	29 (23 - 35)	44 (34 - 53)	58 (45 - 71)
Urbain dense au sein d'une métropole	2 745 (2 128 - 3 322)	141 (109 - 171)	211 (164 - 256)	282 (218 - 341)	27 (21 - 33)	41 (32 - 50)	55 (43 - 66)	60 (47 - 73)	91 (70 - 110)	121 (94 - 146)
France hexagonale	10 016 (7 749 - 12 149)	514 (398 - 624)	771 (597 - 935)	1 028 (796 - 1 247)	100 (77 - 121)	150 (116 - 182)	200 (155 - 243)	220 (170 - 267)	331 (256 - 401)	441 (341 - 535)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A11 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour AVC (35 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	978 (752 - 1 192)	50 (39 - 61)	75 (58 - 92)	100 (77 - 122)	10 (8 - 12)	15 (11 - 18)	20 (15 - 24)	22 (17 - 26)	32 (25 - 39)	43 (33 - 52)
Rural sous faible influence d'un pôle	593 (457 - 723)	30 (23 - 37)	46 (35 - 56)	61 (47 - 74)	6 (5 - 7)	9 (7 - 11)	12 (9 - 14)	13 (10 - 16)	20 (15 - 24)	26 (20 - 32)
Rural sous forte influence d'un pôle	579 (446 - 705)	30 (23 - 36)	45 (34 - 54)	59 (46 - 72)	6 (4 - 7)	9 (7 - 11)	12 (9 - 14)	13 (10 - 16)	19 (15 - 23)	25 (20 - 31)
Urbain densité intermédiaire	2 096 (1 615 - 2 552)	108 (83 - 131)	161 (124 - 197)	215 (166 - 262)	21 (16 - 26)	31 (24 - 38)	42 (32 - 51)	46 (36 - 56)	69 (53 - 84)	92 (71 - 112)
Urbain dense	998 (770 - 1 214)	51 (40 - 62)	77 (59 - 93)	102 (79 - 125)	10 (8 - 12)	15 (12 - 18)	20 (15 - 24)	22 (17 - 27)	33 (25 - 40)	44 (34 - 53)
Urbain dense au sein d'une métropole	2 745 (1 664 - 2 614)	141 (85 - 134)	211 (128 - 201)	282 (171 - 268)	27 (17 - 26)	41 (25 - 39)	55 (33 - 52)	60 (37 - 58)	91 (55 - 86)	121 (73 - 115)
France hexagonale	7 396 (5 704 - 8 999)	380 (293 - 462)	569 (439 - 693)	759 (586 - 924)	74 (57 - 90)	111 (86 - 135)	148 (114 - 180)	163 (125 - 198)	244 (188 - 297)	325 (251 - 396)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A12 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour AVC (35 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	27 (21 - 33)	1,4 (1 - 2)	2,1 (2 - 3)	2,8 (2 - 3)	0,3 (0 - 0)	0,4 (0 - 0)	0,5 (0 - 1)	0,6 (0 - 1)	0,9 (1 - 1)	1,2 (1 - 1)
Rural sous faible influence d'un pôle	37 (28 - 45)	1,9 (1 - 2)	2,8 (2 - 3)	3,8 (3 - 5)	0,4 (0 - 0)	0,6 (0 - 1)	0,7 (1 - 1)	0,8 (1 - 1)	1,2 (1 - 1)	1,6 (1 - 2)
Rural sous forte influence d'un pôle	34 (26 - 41)	1,7 (1 - 2)	2,6 (2 - 3)	3,5 (3 - 4)	0,3 (0 - 0)	0,5 (0 - 1)	0,7 (1 - 1)	0,7 (1 - 1)	1,1 (1 - 1)	1,5 (1 - 2)
Urbain densité intermédiaire	232 (178 - 284)	11,9 (9 - 15)	17,9 (14 - 22)	23,8 (18 - 29)	2,3 (2 - 3)	3,5 (3 - 4)	4,6 (4 - 6)	5,1 (4 - 6)	7,7 (6 - 9)	10,2 (8 - 12)
Urbain dense	173 (133 - 212)	8,9 (7 - 11)	13,3 (10 - 16)	17,8 (14 - 22)	1,7 (1 - 2)	2,6 (2 - 3)	3,5 (3 - 4)	3,8 (3 - 5)	5,7 (4 - 7)	7,6 (6 - 9)
Urbain dense au sein d'une métropole	621 (476 - 759)	31,9 (24 - 39)	47,8 (37 - 58)	63,8 (49 - 78)	6,2 (5 - 8)	9,3 (7 - 11)	12,4 (10 - 15)	13,7 (10 - 17)	20,5 (16 - 25)	27,3 (21 - 33)
France hexagonale	1 123 (861 - 1 375)	57,6 (44 - 71)	86,5 (66 - 106)	115,3 (88 - 141)	11,2 (9 - 14)	16,8 (13 - 21)	22,5 (17 - 27)	24,7 (19 - 30)	37,1 (28 - 45)	49,4 (38 - 60)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies à la centaine de milliers la plus proche.

A3.5 Impacts à long terme des PM_{2,5} et IAM

Tableau A13 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour IAM (30 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	1 228 (502 – 1 951)	19 (8 - 30)	28 (12 - 45)	38 (15 - 60)	2 (1 - 3)	2 (1 - 4)	3 (1 - 5)	25 (10 - 39)	37 (15 - 59)	49 (20 - 78)
Rural sous faible influence d'un pôle	717 (294 – 1 137)	11 (5 - 17)	16 (7 - 26)	22 (9 - 35)	1 (0 - 2)	1 (1 - 2)	2 (1 - 3)	14 (6 - 23)	22 (9 - 34)	29 (12 - 45)
Rural sous forte influence d'un pôle	711 (291 – 1 128)	11 (4 - 17)	16 (7 - 26)	22 (9 - 35)	1 (0 - 2)	1 (1 - 2)	2 (1 - 3)	14 (6 - 23)	21 (9 - 34)	28 (12 - 45)
Urbain densité intermédiaire	2 438 (999 – 3 859)	37 (15 - 59)	56 (23 - 89)	75 (31 - 118)	3 (1 - 5)	5 (2 - 8)	7 (3 - 10)	49 (20 - 77)	73 (30 - 116)	98 (40 - 154)
Urbain dense	1 007 (414 – 1 590)	15 (6 - 24)	23 (10 - 37)	31 (13 - 49)	1 (1 - 2)	2 (1 - 3)	3 (1 - 4)	20 (8 - 32)	30 (12 - 48)	40 (17 - 64)
Urbain dense au sein d'une métropole	2 043 (843 – 3 214)	31 (13 - 49)	47 (19 - 74)	63 (26 - 99)	3 (1 - 4)	4 (2 - 6)	5 (2 - 9)	41 (17 - 64)	61 (25 - 96)	82 (34 - 129)
France hexagonale	8 145 (3 342 – 12 881)	125 (51 - 198)	187 (77 - 296)	250 (102 - 395)	11 (4 - 17)	16 (7 - 26)	22 (9 - 34)	163 (67 - 258)	244 (100 - 386)	326 (134 - 515)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A14 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour IAM (30 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	843 (342 - 1 349)	13 (5 - 21)	19 (8 - 31)	26 (10 - 41)	1 (0 - 2)	2 (1 - 3)	2 (1 - 4)	17 (7 - 27)	25 (10 - 40)	34 (14 - 54)
Rural sous faible influence d'un pôle	509 (207 - 813)	8 (3 - 12)	12 (5 - 19)	16 (6 - 25)	1 (0 - 1)	1 (0 - 2)	1 (1 - 2)	10 (4 - 16)	15 (6 - 24)	20 (8 - 33)
Rural sous forte influence d'un pôle	503 (204 - 803)	8 (3 - 12)	12 (5 - 18)	15 (6 - 25)	1 (0 - 1)	1 (0 - 2)	1 (1 - 2)	10 (4 - 16)	15 (6 - 24)	20 (8 - 32)
Urbain densité intermédiaire	1 772 (721 - 2 825)	27 (11 - 43)	41 (17 - 65)	54 (22 - 87)	2 (1 - 4)	4 (1 - 6)	5 (2 - 8)	35 (14 - 56)	53 (22 - 85)	71 (29 - 113)
Urbain dense	758 (309 - 1 206)	12 (5 - 18)	17 (7 - 28)	23 (9 - 37)	1 (0 - 2)	2 (1 - 2)	2 (1 - 3)	15 (6 - 24)	23 (9 - 36)	30 (12 - 48)
Urbain dense au sein d'une métropole	2 043 (654 - 2 532)	31 (10 - 39)	47 (15 - 58)	63 (20 - 78)	3 (1 - 3)	4 (1 - 5)	5 (2 - 7)	41 (13 - 51)	61 (20 - 76)	82 (26 - 101)
France hexagonale	5 982 (2 438 - 9 527)	92 (37 - 146)	138 (56 - 219)	183 (75 - 292)	8 (3 - 13)	12 (5 - 19)	16 (7 - 25)	120 (49 - 191)	179 (73 - 286)	239 (98 - 381)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A15 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour IAM (30 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	22 (9 - 36)	0,3 (0 - 1)	0,5 (0 - 1)	0,7 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,4 (0 - 1)	0,7 (0 - 1)	0,9 (0 - 1)
Rural sous faible influence d'un pôle	31 (13 - 51)	0,5 (0 - 1)	0,7 (0 - 1)	1,0 (0 - 2)	0 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,6 (0 - 1)	0,9 (0 - 2)	1,2 (1 - 2)
Rural sous forte influence d'un pôle	28 (11 - 45)	0,4 (0 - 1)	0,6 (0 - 1)	0,9 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,6 (0 - 1)	0,8 (0 - 1)	1,1 (0 - 2)
Urbain densité intermédiaire	193 (79 - 312)	3,0 (1 - 5)	4,4 (2 - 7)	5,9 (2 - 10)	0,3 (0 - 0)	0,4 (0 - 1)	0,5 (0 - 1)	3,9 (2 - 6)	5,8 (2 - 9)	7,7 (3 - 12)
Urbain dense	133 (53 - 215)	2,0 (1 - 3)	3,1 (1 - 5)	4,1 (2 - 7)	0,2 (0 - 0)	0,3 (0 - 0)	0,4 (0 - 1)	2,7 (1 - 4)	4,0 (2 - 6)	5,3 (2 - 9)
Urbain dense au sein d'une métropole	453 (183 - 729)	6,9 (3 - 11)	10,4 (4 - 17)	13,9 (6 - 22)	0,6 (0 - 1)	0,9 (0 - 1)	1,2 (0 - 2)	9,1 (4 - 15)	13,6 (5 - 22)	18,1 (7 - 29)
France hexagonale	860 (346 - 1 388)	13,2 (5 - 21)	19,8 (8 - 32)	26,4 (11 - 43)	1,1 (0 - 2)	1,7 (1 - 3)	2,3 (1 - 4)	17,2 (7 - 28)	25,8 (10 - 42)	34,4 (14 - 56)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies à la centaine de milliers la plus proche.

A3.6 Impacts à long terme des PM_{2,5} et HTA

Tableau A16 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour HTA (18 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	11 092 (3 568 – 17 934)	54 (17 - 87)	81 (26 - 131)	108 (35 - 175)	10 (3 - 17)	16 (5 - 25)	21 (7 - 33)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous faible influence d'un pôle	7 104 (2 291 – 11 456)	35 (11 - 56)	52 (17 - 84)	69 (22 - 112)	7 (2 - 11)	10 (3 - 16)	13 (4 - 21)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous forte influence d'un pôle	7 569 (2 440 – 12 209)	37 (12 - 59)	55 (18 - 89)	74 (24 - 119)	7 (2 - 11)	11 (3 - 17)	14 (5 - 23)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain densité intermédiaire	22 304 (7 211 – 35 880)	109 (35 - 175)	163 (53 - 262)	217 (70 - 349)	21 (7 - 33)	31 (10 - 50)	42 (13 - 67)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain dense	10 036 (3 255 – 16 099)	49 (16 - 78)	73 (24 - 118)	98 (32 - 157)	9 (3 - 15)	14 (5 - 23)	19 (6 - 30)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain dense au sein d'une métropole	19 896 (6 487 – 31 752)	97 (32 - 155)	145 (47 - 232)	194 (63 - 309)	19 (6 - 30)	28 (9 - 44)	37 (12 - 59)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
France hexagonale	78 001 (25 253 – 125 329)	380 (123 - 610)	569 (184 - 915)	759 (246 – 1 220)	73 (24 - 117)	109 (35 - 175)	146 (47 - 234)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A17 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour HTA (18 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	7 685 (2 446 – 12 548)	37 (12 - 61)	56 (18 - 92)	75 (24 - 122)	7 (2 - 12)	11 (3 - 18)	14 (5 - 23)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous faible influence d'un pôle	5 087 (1 624 – 8 283)	25 (8 - 40)	37 (12 - 60)	50 (16 - 81)	5 (2 - 8)	7 (2 - 12)	9 (3 - 15)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous forte influence d'un pôle	5 403 (1 724 – 8 800)	26 (8 - 43)	39 (13 - 64)	53 (17 - 86)	5 (2 - 8)	8 (2 - 12)	10 (3 - 16)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain densité intermédiaire	16 368 (5 239 – 26 587)	80 (25 - 129)	119 (38 - 194)	159 (51 - 259)	15 (5 - 25)	23 (7 - 37)	31 (10 - 50)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain dense	7 591 (2 437 – 12 296)	37 (12 - 60)	55 (18 - 90)	74 (24 - 120)	7 (2 - 11)	11 (3 - 17)	14 (5 - 23)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain dense au sein d'une métropole	19 896 (5 045 – 25 187)	97 (25 - 123)	145 (37 - 184)	194 (49 - 245)	19 (5 - 24)	28 (7 - 35)	37 (9 - 47)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
France hexagonale	57 764 (18 514 – 93 701)	281 (90 - 456)	422 (135 - 684)	562 (180 - 912)	54 (17 - 87)	81 (26 - 131)	108 (35 - 175)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A18 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour HTA (18 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	252 (79 - 419)	1,2 (0 - 2)	1,8 (1 - 3)	2,5 (1 - 4)	0,2 (0 - 0)	0,4 (0 - 1)	0,5 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous faible influence d'un pôle	363 (114 - 601)	1,8 (1 - 3)	2,6 (1 - 4)	3,5 (1 - 6)	0,3 (0 - 1)	0,5 (0 - 1)	0,7 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous forte influence d'un pôle	339 (106 - 563)	1,6 (1 - 3)	2,5 (1 - 4)	3,3 (1 - 5)	0,3 (0 - 1)	0,5 (0 - 1)	0,6 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain densité intermédiaire	1 997 (627 – 3 304)	9,7 (3 - 16)	14,6 (5 - 24)	19,4 (6 - 32)	1,9 (1 - 3)	2,8 (1 - 5)	3,7 (1 - 6)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain dense	1 351 (424 – 2 237)	6,6 (2 - 11)	9,9 (3 - 16)	13,1 (4 - 22)	1,3 (0 - 2)	1,9 (1 - 3)	2,5 (1 - 4)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain dense au sein d'une métropole	4 518 (1 424 – 7 447)	22,0 (7 - 36)	33,0 (10 - 54)	44,0 (14 - 72)	4,2 (1 - 7)	6,3 (2 - 10)	8,4 (3 - 14)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
France hexagonale	8 820 (2 773 – 14 571)	42,9 (13 - 71)	64,4 (20 - 106)	85,8 (27 - 142)	8,2 (3 - 14)	12,3 (4 - 20)	16,5 (5 - 27)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont à la centaine de milliers la plus proche.

A3.7 Impacts à long terme des PM_{2,5} et diabète de type 2

Tableau A19 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour diabète de type 2 (45 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique PM_{2,5} (3 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	1 864 (590 – 3 166)	65 (20 - 110)	97 (31 - 165)	129 (41 - 220)	7 (2 - 13)	11 (4 - 19)	15 (5 - 25)	46 (15 - 78)	69 (22 - 117)	92 (29 - 156)
Rural sous faible influence d'un pôle	1 146 (363 – 1 943)	40 (13 - 67)	60 (19 - 101)	79 (25 - 135)	5 (1 - 8)	7 (2 - 12)	9 (3 - 16)	28 (9 - 48)	42 (13 - 72)	57 (18 - 96)
Rural sous forte influence d'un pôle	1 191 (378 – 2 020)	41 (13 - 70)	62 (20 - 105)	83 (26 - 140)	5 (2 - 8)	7 (2 - 12)	10 (3 - 16)	29 (9 - 50)	44 (14 - 75)	59 (19 - 100)
Urbain densité intermédiaire	4 091 (1 300 – 6 926)	142 (45 - 240)	213 (68 - 360)	284 (90 - 480)	16 (5 - 28)	25 (8 - 42)	33 (10 - 55)	101 (32 - 171)	151 (48 - 256)	202 (64 - 342)
Urbain dense	2 012 (640 – 3 399)	70 (22 - 118)	105 (33 - 177)	139 (44 - 236)	8 (3 - 14)	12 (4 - 20)	16 (5 - 27)	50 (16 - 84)	74 (24 - 126)	99 (32 - 168)
Urbain dense au sein d'une métropole	4 171 (1 332 – 7 021)	145 (46 - 243)	217 (69 - 365)	289 (92 - 487)	17 (5 - 28)	25 (8 - 42)	33 (11 - 56)	103 (33 - 173)	154 (49 - 260)	206 (66 - 346)
France hexagonale	14 476 (4 604 – 24 475)	502 (160 - 848)	753 (239 – 1 273)	1 004 (319 – 1 697)	58 (18 - 98)	87 (28 - 147)	116 (37 - 196)	357 (114 - 604)	536 (170 - 906)	714 (227 – 1 207)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A20 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour diabète de type 2 (45 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS PM_{2,5} (5 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	1 283 (404 - 2 193)	44 (14 - 76)	67 (21 - 114)	89 (28 - 152)	5 (2 - 9)	8 (2 - 13)	10 (3 - 18)	32 (10 - 54)	47 (15 - 81)	63 (20 - 108)
Rural sous faible influence d'un pôle	814 (257 - 1 390)	28 (9 - 48)	42 (13 - 72)	56 (18 - 96)	3 (1 - 6)	5 (2 - 8)	7 (2 - 11)	20 (6 - 34)	30 (10 - 51)	40 (13 - 69)
Rural sous forte influence d'un pôle	844 (266 - 1 441)	29 (9 - 50)	44 (14 - 75)	59 (18 - 100)	3 (1 - 6)	5 (2 - 9)	7 (2 - 12)	21 (7 - 36)	31 (10 - 53)	42 (13 - 71)
Urbain densité intermédiaire	2 984 (942 - 5 085)	103 (33 - 176)	155 (49 - 264)	207 (65 - 353)	12 (4 - 20)	18 (6 - 31)	24 (8 - 41)	74 (23 - 125)	110 (35 - 188)	147 (46 - 251)
Urbain dense	1 514 (479 - 2 575)	52 (17 - 89)	79 (25 - 134)	105 (33 - 179)	6 (2 - 10)	9 (3 - 15)	12 (4 - 21)	37 (12 - 64)	56 (18 - 95)	75 (24 - 127)
Urbain dense au sein d'une métropole	4 171 (1 035 - 5 527)	145 (36 - 192)	217 (54 - 287)	289 (72 - 383)	17 (4 - 22)	25 (6 - 33)	33 (8 - 44)	103 (26 - 136)	154 (38 - 204)	206 (51 - 273)
France hexagonale	10 702 (3 383 - 18 211)	371 (117 - 631)	557 (176 - 947)	742 (235 - 1 263)	43 (14 - 73)	64 (20 - 109)	86 (27 - 146)	264 (83 - 449)	396 (125 - 674)	528 (167 - 898)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche.

Tableau A21 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de PM_{2,5} pour diabète de type 2 (45 ans et plus), à partir des taux d'incidence départementaux, France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario cible intermédiaire OMS PM_{2,5} (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	40 (13 - 70)	1,4 (0 - 2)	2,1 (1 - 4)	2,8 (1 - 5)	0,2 (0 - 0)	0,2 (0 - 0)	0,3 (0 - 1)	1,0 (0 - 2)	1,5 (0 - 3)	2,0 (1 - 3)
Rural sous faible influence d'un pôle	55 (17 - 95)	1,9 (1 - 3)	2,9 (1 - 5)	3,8 (1 - 7)	0,2 (0 - 0)	0,3 (0 - 1)	0,4 (0 - 1)	1,4 (0 - 2)	2,0 (1 - 4)	2,7 (1 - 5)
Rural sous forte influence d'un pôle	51 (16 - 88)	1,8 (1 - 3)	2,7 (1 - 5)	3,5 (1 - 6)	0,2 (0 - 0)	0,3 (0 - 1)	0,4 (0 - 1)	1,3 (0 - 2)	1,9 (1 - 3)	2,5 (1 - 4)
Urbain densité intermédiaire	354 (111 - 611)	12,3 (4 - 21)	18,4 (6 - 32)	24,5 (8 - 42)	1,4 (0 - 2)	2,1 (1 - 4)	2,8 (1 - 5)	8,7 (3 - 15)	13,1 (4 - 23)	17,5 (5 - 30)
Urbain dense	267 (83 - 461)	9,3 (3 - 16)	13,9 (4 - 24)	18,5 (6 - 32)	1,1 (0 - 2)	1,6 (0 - 3)	2,1 (1 - 4)	6,6 (2 - 11)	9,9 (3 - 17)	13,2 (4 - 23)
Urbain dense au sein d'une métropole	940 (294 - 1 617)	32,6 (10 - 56)	48,9 (15 - 84)	65,2 (20 - 112)	3,8 (1 - 6)	5,6 (2 - 10)	7,5 (2 - 13)	23,2 (7 - 40)	34,8 (11 - 60)	46,4 (15 - 80)
France hexagonale	1 708 (533 - 2 943)	59,0 2(18 - 102)	88,8 (28 - 153)	118,4 (37 - 204)	6,8 (2 - 12)	10,2 (3 - 18)	13,7 (4 - 24)	42,1 (13 - 73)	63,2 (20 - 109)	84,3 (26 - 145)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies à la centaine de milliers la plus proche.

A3.8 Impacts à long terme du NO₂ et de l'asthme de l'enfant

Tableau A22 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour asthme de l'enfant (0-17 ans), France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique NO₂ (1 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	1 462 (762 - 2 473)	34 (18 - 58)	51 (27 - 87)	68 (36 - 115)	31 (16 - 53)	47 (24 - 79)	62 (33 - 106)	40 (21 - 68)	60 (31 - 101)	80 (42 - 135)
Rural sous faible influence d'un pôle	1 306 (682 - 2 199)	30 (16 - 51)	46 (24 - 77)	61 (32 - 103)	28 (15 - 47)	42 (22 - 70)	56 (29 - 94)	36 (19 - 60)	54 (28 - 90)	71 (37 - 120)
Rural sous forte influence d'un pôle	1 835 (960 - 3 084)	43 (22 - 72)	64 (34 - 108)	86 (45 - 144)	39 (20 - 66)	59 (31 - 99)	78 (41 - 132)	50 (26 - 84)	75 (39 - 126)	100 (52 - 169)
Urbain densité intermédiaire	6 500 (3 431 - 10 784)	152 (80 - 252)	228 (120 - 377)	303 (160 - 503)	139 (73 - 230)	208 (110 - 345)	277 (146 - 460)	178 (94 - 295)	267 (141 - 442)	355 (188 - 590)
Urbain dense	4 257 (2 274 - 6 940)	99 (53 - 162)	149 (80 - 243)	199 (106 - 324)	91 (49 - 148)	136 (73 - 222)	182 (97 - 296)	116 (62 - 190)	175 (93 - 285)	233 (124 - 379)
Urbain dense au sein d'une métropole	10 728 (5 811 - 17 152)	250 (136 - 400)	375 (203 - 600)	501 (271 - 800)	229 (124 - 366)	343 (186 - 549)	458 (248 - 732)	293 (159 - 469)	440 (238 - 703)	586 (318 - 938)
Ensemble urbain*	21 485 (11 516 - 34 876)	501 (269 - 814)	752 (403 - 1 221)	1 003 (537 - 1 628)	458 (246 - 744)	688 (369 - 1 116)	917 (491 - 1 488)	587 (315 - 953)	881 (472 - 1 430)	1 175 (630 - 1 907)
France hexagonale	26 087 (13 921 - 42 633)	609 (325 - 995)	913 (487 - 1 492)	1 217 (650 - 1 990)	557 (297 - 910)	835 (445 - 1 364)	1 113 (594 - 1 819)	713 (381 - 1 165)	1 070 (571 - 1 748)	1 426 (761 - 2 331)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche. * Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines

Tableau A23 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour asthme de l'enfant (0-17 ans), France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS NO₂ (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	64 (33 - 110)	1 (1 - 3)	2 (1 - 4)	3 (2 - 5)	1 (1 - 2)	2 (1 - 4)	3 (1 - 5)	2 (1 - 3)	3 (1 - 5)	3 (2 - 6)
Rural sous faible influence d'un pôle	125 (65 - 214)	3 (2 - 5)	4 (2 - 7)	6 (3 - 10)	3 (1 - 5)	4 (2 - 7)	5 (3 - 9)	3 (2 - 6)	5 (3 - 9)	7 (4 - 12)
Rural sous forte influence d'un pôle	200 (104 - 343)	5 (2 - 8)	7 (4 - 12)	9 (5 - 16)	4 (2 - 7)	6 (3 - 11)	9 (4 - 15)	5 (3 - 9)	8 (4 - 14)	11 (6 - 19)
Urbain densité intermédiaire	2 013 (1 046 - 3 421)	47 (24 - 80)	70 (37 - 120)	94 (49 - 160)	43 (22 - 73)	64 (33 - 109)	86 (45 - 146)	55 (29 - 94)	83 (43 - 140)	110 (57 - 187)
Urbain dense	2 218 (1 164 - 3 715)	52 (27 - 87)	78 (41 - 130)	104 (54 - 173)	47 (25 - 79)	71 (37 - 119)	95 (50 - 159)	61 (32 - 102)	91 (48 - 152)	121 (64 - 203)
Urbain dense au sein d'une métropole	6 877 (3 660 - 11 278)	160 (85 - 263)	241 (128 - 395)	321 (171 - 526)	147 (78 - 241)	220 (117 - 361)	293 (156 - 481)	188 (100 - 308)	282 (150 - 462)	376 (200 - 617)
Ensemble urbain*	11 109 (5 869 - 18 415)	259 (137 - 430)	389 (205 - 645)	518 (274 - 859)	237 (125 - 393)	355 (188 - 589)	474 (250 - 786)	304 (160 - 503)	455 (241 - 755)	607 (321 - 1 007)
France hexagonale	11 498 (6 071 - 19 082)	268 (142 - 445)	402 (212 - 668)	537 (283 - 890)	245 (130 - 407)	368 (194 - 611)	491 (259 - 814)	314 (166 - 522)	471 (249 - 782)	629 (332 - 1 043)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche. * Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines

Tableau A24 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour asthme de l'enfant (0-17 ans), France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous faible influence d'un pôle	0 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous forte influence d'un pôle	2 (1 - 3)	0 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)	0,1 (0 - 0)
Urbain densité intermédiaire	35 (18 - 60)	0,8 (0 - 1)	1,2 (1 - 2)	1,6 (1 - 3)	0,7 (0 - 1)	1,1 (1 - 2)	1,5 (1 - 3)	1 (0 - 2)	1,4 (1 - 2)	1,9 (1 - 3)
Urbain dense	285 (147 - 487)	6,6 (3 - 11)	10 (5 - 17)	13,3 (7 - 23)	6,1 (3 - 10)	9,1 (5 - 16)	12,2 (6 - 21)	7,8 (4 - 13)	11,7 (6 - 20)	15,6 (8 - 27)
Urbain dense au sein d'une métropole	2 605 (1 366 - 4 366)	60,8 (32 - 102)	91,2 (48 - 153)	121,6 (64 - 204)	55,6 (29 - 93)	83,4 (44 - 140)	111,1 (58 - 186)	71,2 (37 - 119)	106,8 (56 - 179)	142,4 (75 - 239)
Ensemble urbain*	2 925 (1 531 - 4 913)	68 (36 - 115)	102 (54 - 172)	136 (71 - 229)	62 (33 - 105)	94 (49 - 157)	125 (65 - 210)	80 (42 - 134)	120 (63 - 201)	160 (84 - 269)
France hexagonale	2 927 (1 532 - 4 917)	68 (36 - 115)	102 (54 - 172)	137 (71 - 229)	62 (33 - 105)	94 (49 - 157)	125 (65 - 210)	80 (42 - 134)	120 (63 - 202)	160 (84 - 269)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies à la centaine de milliers la plus proche. * Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines

A3.9 Impacts à long terme du NO₂ et de l'ALRI

Tableau A25 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour ALRI (0-12 ans), France hexagonale (2016-2019) (en milliers €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique NO₂ (1 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	346 (121 - 581)	60 (21 - 101)	90 (31 - 151)	120 (42 - 201)	28 (10 - 46)	42 (15 - 70)	55 (19 - 93)	14 (5 - 23)	21 (7 - 35)	28 (10 - 46)
Rural sous faible influence d'un pôle	296 (104 - 495)	51 (18 - 86)	77 (27 - 129)	103 (36 - 172)	24 (8 - 40)	36 (12 - 59)	47 (17 - 79)	12 (4 - 20)	18 (6 - 30)	24 (8 - 40)
Rural sous forte influence d'un pôle	361 (127 - 604)	63 (22 - 105)	94 (33 - 157)	125 (44 - 209)	29 (10 - 48)	43 (15 - 72)	58 (20 - 97)	14 (5 - 24)	22 (8 - 36)	29 (10 - 48)
Urbain densité intermédiaire	1 712 (610 - 2 830)	297 (106 - 491)	445 (159 - 736)	593 (211 - 981)	137 (49 - 226)	205 (73 - 340)	274 (98 - 453)	68 (24 - 113)	103 (37 - 170)	137 (49 - 226)
Urbain dense	1 394 (504 - 2 269)	242 (87 - 393)	362 (131 - 590)	483 (175 - 787)	112 (40 - 182)	167 (60 - 272)	223 (81 - 363)	56 (20 - 91)	84 (30 - 136)	112 (40 - 182)
Urbain dense au sein d'une métropole	2 986 (1 098 - 4 772)	518 (190 - 827)	776 (285 - 1 241)	1 035 (381 - 1 654)	239 (88 - 382)	358 (132 - 573)	478 (176 - 764)	119 (44 - 191)	179 (66 - 286)	239 (88 - 382)
Ensemble urbain*	6 092 (2 212 - 9 872)	1 056 (383 - 1 711)	1 584 (575 - 2 567)	2 112 (767 - 3 422)	487 (177 - 790)	731 (265 - 1 185)	975 (354 - 1 580)	244 (88 - 395)	366 (133 - 592)	487 (177 - 790)
France hexagonale	7 094 (2 565 - 11 552)	1 230 (445 - 2 002)	1 844 (667 - 3 004)	2 459 (889 - 4 005)	568 (205 - 924)	851 (308 - 1 386)	1 135 (410 - 1 848)	284 (103 - 462)	426 (154 - 693)	568 (205 - 924)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au millier le plus proche. * Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines.

Tableau A26 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour ALRI (0-12 ans), France hexagonale (2016-2019) (en milliers €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS NO₂ (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	15 (5 - 26)	3 (1 - 5)	4 (1 - 7)	5 (2 - 9)	1 (0 - 2)	2 (1 - 3)	2 (1 - 4)	1 (0 - 1)	1 (0 - 2)	1 (0 - 2)
Rural sous faible influence d'un pôle	31 (11 - 53)	5 (2 - 9)	8 (3 - 14)	11 (4 - 18)	2 (1 - 4)	4 (1 - 6)	5 (2 - 8)	1 (0 - 2)	2 (1 - 3)	2 (1 - 4)
Rural sous forte influence d'un pôle	39 (14 - 66)	7 (2 - 11)	10 (4 - 17)	14 (5 - 23)	3 (1 - 5)	5 (2 - 8)	6 (2 - 11)	2 (1 - 3)	2 (1 - 4)	3 (1 - 5)
Urbain densité intermédiaire	541 (189 - 913)	94 (33 - 158)	141 (49 - 237)	188 (66 - 317)	43 (15 - 73)	65 (23 - 110)	87 (30 - 146)	22 (8 - 37)	32 (11 - 55)	43 (15 - 73)
Urbain dense	728 (257 - 1 214)	126 (45 - 210)	189 (67 - 316)	252 (89 - 421)	58 (21 - 97)	87 (31 - 146)	116 (41 - 194)	29 (10 - 49)	44 (15 - 73)	58 (21 - 97)
Urbain dense au sein d'une métropole	1 925 (693 - 3 148)	334 (120 - 546)	501 (180 - 818)	667 (240 - 1 091)	154 (55 - 252)	231 (83 - 378)	308 (111 - 504)	77 (28 - 126)	116 (42 - 189)	154 (55 - 252)
Ensemble urbain*	3 194 (1 139 - 5 275)	554 (197 - 914)	830 (296 - 1 372)	1 107 (395 - 1 829)	256 (91 - 422)	383 (137 - 633)	511 (182 - 844)	128 (46 - 211)	192 (68 - 317)	256 (91 - 422)
France hexagonale	3 279 (1 169 - 5 420)	568 (203 - 939)	853 (304 - 1 409)	1 137 (405 - 1 879)	262 (94 - 434)	393 (140 - 650)	525 (187 - 867)	131 (47 - 217)	197 (70 - 325)	262 (94 - 434)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au millier le plus proche. * Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines

Tableau A27 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour ALRI (0-12 ans), France hexagonale (2016-2019) (en milliers €₂₀₁₈) - Scénario cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous faible influence d'un pôle	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous forte influence d'un pôle	0 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain densité intermédiaire	10 (3 - 16)	1,7 (1 - 3)	2,6 (1 - 4)	3,5 (1 - 6)	0,8 (0 - 1)	1,2 (0 - 2)	1,6 (0 - 3)	0,4 (0 - 1)	0,6 (0 - 1)	0,8 (0 - 1)
Urbain dense	94 (33 - 160)	16,3 (6 - 28)	24,4 (9 - 42)	32,6 (11 - 55)	7,5 (3 - 13)	11,3 (4 - 19)	15 (5 - 26)	3,8 (1 - 6)	5,6 (2 - 10)	7,5 (3 - 13)
Urbain dense au sein d'une métropole	747 (264 - 1 246)	129,5 (46 - 216)	194,2 (69 - 324)	259 (92 - 432)	59,8 (21 - 100)	89,6 (32 - 150)	119,5 (42 - 199)	29,9 (11 - 50)	44,8 (16 - 75)	59,8 (21 - 100)
Ensemble urbain*	851 (300 - 1 423)	148 (52 - 247)	221 (78 - 370)	295 (104 - 493)	68 (24 - 114)	102 (36 - 171)	136 (48 - 228)	34 (12 - 57)	51 (18 - 85)	68 (24 - 114)
France hexagonale	851 (300 - 1 424)	148 (52 - 247)	221 (78 - 370)	295 (104 - 494)	68 (24 - 114)	102 (36 - 171)	136 (48 - 228)	34 (12 - 57)	51 (18 - 85)	68 (24 - 114)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au millier le plus proche. * Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines

A3.10 Impacts à long terme du NO₂ et de l'asthme de l'adulte

Tableau A28 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour asthme de l'adulte (18-39), France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario sans pollution anthropique NO₂ (1 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	661 (71 - 1 277)	9 (1 - 18)	14 (1 - 27)	19 (2 - 36)	13 (1 - 26)	20 (2 - 38)	26 (3 - 51)	12 (1 - 23)	18 (2 - 34)	24 (3 - 46)
Rural sous faible influence d'un pôle	540 (59 - 1 035)	8 (1 - 14)	11 (1 - 22)	15 (2 - 29)	11 (1 - 21)	16 (2 - 31)	22 (2 - 41)	10 (1 - 19)	15 (2 - 28)	19 (2 - 37)
Rural sous forte influence d'un pôle	680 (74 - 1 302)	10 (1 - 18)	14 (2 - 27)	19 (2 - 36)	14 (1 - 26)	20 (2 - 39)	27 (3 - 52)	12 (1 - 23)	18 (2 - 35)	24 (3 - 47)
Urbain densité intermédiaire	2 896 (320 - 5 443)	41 (4 - 76)	61 (7 - 114)	81 (9 - 152)	58 (6 - 109)	87 (10 - 163)	116 (13 - 218)	52 (6 - 98)	78 (9 - 147)	104 (12 - 196)
Urbain dense	2 046 (231 - 3 762)	29 (3 - 53)	43 (5 - 79)	57 (6 - 105)	41 (5 - 75)	61 (7 - 113)	82 (9 - 150)	37 (4 - 68)	55 (6 - 102)	74 (8 - 135)
Urbain dense au sein d'une métropole	5 549 (645 - 9 905)	78 (9 - 139)	117 (14 - 208)	155 (18 - 277)	111 (13 - 198)	166 (19 - 297)	222 (26 - 396)	100 (12 - 178)	150 (17 - 267)	200 (23 - 357)
Ensemble urbain*	10 491 (1 196 - 19 109)	147 (17 - 268)	220 (25 - 401)	294 (33 - 535)	210 (24 - 382)	315 (36 - 573)	420 (48 - 764)	189 (22 - 344)	283 (32 - 516)	378 (43 - 688)
France hexagonale	12 372 (1 400 - 22 723)	173 (20 - 318)	260 (29 - 477)	346 (39 - 636)	247 (28 - 454)	371 (42 - 682)	495 (56 - 909)	223 (25 - 409)	334 (38 - 614)	445 (50 - 818)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche. * Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines

Tableau A29 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour asthme de l'adulte (18-39), France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario VG OMS NO₂ (10 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	29 (3 - 56)	0 (0 - 1)	1 (0 - 1)	1 (0 - 2)	1 (0 - 1)	1 (0 - 2)	1 (0 - 2)	1 (0 - 1)	1 (0 - 2)	1 (0 - 2)
Rural sous faible influence d'un pôle	55 (6 - 107)	1 (0 - 1)	1 (0 - 2)	2 (0 - 3)	1 (0 - 2)	2 (0 - 3)	2 (0 - 4)	1 (0 - 2)	1 (0 - 3)	2 (0 - 4)
Rural sous forte influence d'un pôle	77 (8 - 150)	1 (0 - 2)	2 (0 - 3)	2 (0 - 4)	2 (0 - 3)	2 (0 - 5)	3 (0 - 6)	1 (0 - 3)	2 (0 - 4)	3 (0 - 5)
Urbain densité intermédiaire	904 (97 - 1 755)	13 (1 - 25)	19 (2 - 37)	25 (3 - 49)	18 (2 - 35)	27 (3 - 53)	36 (4 - 70)	16 (2 - 32)	24 (3 - 47)	33 (3 - 63)
Urbain dense	1 052 (115 - 2 005)	15 (2 - 28)	22 (2 - 42)	29 (3 - 56)	21 (2 - 40)	32 (3 - 60)	42 (5 - 80)	19 (2 - 36)	28 (3 - 54)	38 (4 - 72)
Urbain dense au sein d'une métropole	3 601 (405 - 6 649)	50 (6 - 93)	76 (9 - 140)	101 (11 - 186)	72 (8 - 133)	108 (12 - 199)	144 (16 - 266)	65 (7 - 120)	97 (11 - 180)	130 (15 - 239)
Ensemble urbain*	5 557 (617 - 10 410)	78 (9 - 146)	117 (13 - 219)	156 (17 - 291)	111 (12 - 208)	167 (19 - 312)	222 (25 - 416)	100 (11 - 187)	150 (17 - 281)	200 (22 - 375)
France hexagonale	5 717 (634 - 10 724)	80 (9 - 150)	120 (13 - 225)	160 (18 - 300)	114 (13 - 214)	172 (19 - 322)	229 (25 - 429)	103 (11 - 193)	154 (17 - 290)	206 (23 - 386)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies au million le plus proche. * Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines

Tableau A30 - Impacts économiques annuels potentiels de la réduction des niveaux moyens annuels de NO₂ pour asthme de l'adulte (18-39), France hexagonale (2016-2019) (en millions €₂₀₁₈) - Scénario cible intermédiaire OMS NO₂ (20 µg/m³)

Classe de densité	Nombre de nouveaux cas évités	Coûts sanitaires (CS)			Pertes de production (PP)			Composante intangible (CI)		
		Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute	Estimation basse	Estimation centrale	Estimation haute
Rural autonome peu dense à très peu dense	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous faible influence d'un pôle	0 (0 - 1)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Rural sous forte influence d'un pôle	1 (0 - 2)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)	0 (0 - 0)
Urbain densité intermédiaire	17 (2 - 33)	0,2 (0 - 0)	0,4 (0 - 1)	0,5 (0 - 1)	0,3 (0 - 1)	0,5 (0 - 1)	0,7 (0 - 1)	0,3 (0 - 1)	0,5 (0 - 1)	0,6 (0 - 1)
Urbain dense	128 (14 - 251)	1,8 (0 - 4)	2,7 (0 - 5)	3,6 (0 - 7)	2,6 (0 - 5)	3,8 (0 - 8)	5,1 (1 - 10)	2,3 (0 - 5)	3,5 (0 - 7)	4,6 (1 - 9)
Urbain dense au sein d'une métropole	1 436 (157 - 2 731)	20,1 (2 - 38)	30,2 (3 - 57)	40,2 (4 - 76)	28,7 (3 - 55)	43,1 (5 - 82)	57,4 (6 - 109)	25,8 (3 - 49)	38,8 (4 - 74)	51,7 (6 - 98)
Ensemble urbain*	1 581 (172 - 3 016)	22 (2 - 42)	33 (4 - 63)	44 (5 - 84)	32 (3 - 60)	47 (5 - 90)	63 (7 - 121)	28 (3 - 54)	43 (5 - 81)	57 (6 - 109)
France hexagonale	1 582 (173 - 3 018)	22 (2 - 42)	33 (4 - 63)	44 (5 - 85)	32 (3 - 60)	47 (5 - 91)	63 (7 - 121)	28 (3 - 54)	43 (5 - 81)	57 (6 - 109)

Estimations basse, centrale et haute du nombre de cas central, et (entre parenthèses) de sa borne inférieure et supérieure établies à partir de l'IC à 95% du RR. Les valeurs sont arrondies à la centaine de milliers la plus proche. * Ensemble urbain correspond à une analyse réalisée seulement pour les zones urbaines

Pour en savoir plus :

Programme de surveillance (Psas)

[Air : Pollution atmosphérique – Santé publique France \(santepubliquefrance.fr\)](http://santepubliquefrance.fr)

Projet EMAPEC

[Estimating the morbidity from air pollution and its economic costs \(who.int\)](http://who.int)