Santé publique France

SANTÉ ENVIRONNEMENT

DÉCEMBRE 2025

ÉTUDES ET ENQUÊTES

BASSINS INDUSTRIELS ET SANTÉ : PREMIÈRE ÉTUDE NATIONALE MULTISITES SUR L'ÉTAT DE SANTÉ DES POPULATIONS AUTOUR DES GRANDS BASSINS INDUSTRIELS

En partenariat avec l'Ineris

Résumé

Bassins industriels et santé : première étude nationale multisites sur l'état de santé des populations autour des grands bassins industriels

Cette étude multisites vise à étudier pour la première fois en France, l'association entre la proximité de grands bassins industriels et la santé des populations riveraines, en s'intéressant à plusieurs indicateurs de santé (pathologies respiratoires, santé périnatale, mortalité toutes causes - hors morts violentes) et également à apporter des premiers éléments en termes de faisabilité et d'interprétation épidémiologique, en vue du déploiement d'une surveillance sanitaire nationale autour des bassins industriels. Il s'agit d'une étude nationale écologique, de type géographique, basée sur le recueil passif (sur l'ensemble de la France hexagonale – Corse comprise) et à l'échelle communale, des données disponibles en termes de rejets industriels, d'une part et des données sanitaires issues du système national des données de santé (SNDS), d'autre part.

Pour approcher l'exposition des populations, l'Ineris a proposé la définition d'une zone d'exposition autour des grands bassins et une méthode de construction d'indicateurs de scores de pression environnementale à partir des données de recensement annuel des rejets industriels (BDREP) et de l'inventaire national spatialisé (INS) (2). Parallèlement, des algorithmes ont été définis pour chaque indicateur de santé pour les extraire du SNDS. De plus, de nombreux facteurs d'ajustement (facteurs de risque et facteurs de confusion) ont été identifiés et utilisés dans les modèles d'analyses multivariées.

À l'issue de l'étude, plusieurs résultats et enseignements se dégagent :

- Il existe des limites quant à l'utilisation de la BDREP dans le cadre d'une étude épidémiologique, au regard de l'objectif réglementaire de cette base (données non exhaustives des rejets industriels). L'INS n'a pas présenté ce problème de complétude, ce qui a permis de définir des scores communaux de pression industrielle pour toutes les communes de France hexagonale. Toutefois, l'INS comporte d'autres limites (absence de mise à jour depuis 2012, absence de données des territoires d'outre-mer, etc.).
- En prenant en compte les scores communaux de pression industrielle, aucun surrisque lié à l'exposition aux bassins industriels n'est observé. En revanche, dans les communes à score INS élevé, il est observé un surrisque d'asthme de l'enfant pour les communes exposées à un bassin industriel par rapport à celles non exposées à un bassin. Ce résultat n'est pas retrouvé avec les scores construits à partir de la BDREP.
- En prenant en compte une proximité à un bassin, un surrisque d'asthme chez l'enfant, mais aussi de morbidité respiratoire chronique chez les adultes âgés de 40 ans ou plus est également observé dans les communes situées à proximité d'un bassin industriel par rapport à l'ensemble des communes à distance d'une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) ou d'un bassin. Des surrisques de morbidité respiratoire chronique chez les moins de 40 ans et de prématurité sont également suggérés.
- De façon plus générale à la problématique industrielle, un surrisque pour l'ensemble des indicateurs de santé étudiés (asthme, morbidité respiratoire chronique, prématurité, petit poids pour l'âge gestationnel (PAG) et mortalité toutes causes hors morts violentes), pour des expositions à des rejets industriels plus importants, estimées par le score INS, a été identifié. Ces résultats ne sont pas retrouvés avec les scores basés sur la BDREP.
- Un surrisque de l'ensemble des indicateurs (sauf les cas de PAG) est observé dans les communes à proximité d'une industrie classée IED (*Industrial Emission Directive*) et/ou Seveso, par rapport à l'ensemble des communes à distance d'une industrie.
- Un surrisque d'asthme et de mortalité toutes causes hors morts violentes est également observé dans les communes à proximité d'une ICPE (non IED ou Seveso). Des surrisques de morbidité respiratoire chronique chez les adultes de 40 ans et plus et de prématurité sont également suggérés.

Les résultats sont à considérer avec précaution au vu des limites identifiées des bases de données d'émissions utilisées, des résultats qui diffèrent selon l'indicateur de pression industrielle pris en compte et du design même de l'étude qui ne permet pas d'établir de lien causal mais suggère une association entre une exposition et une pathologie.

La réalisation de cette étude, en réponse à l'appel à projets du GD4H et de l'HDH, a permis d'apporter des enseignements quant à la mobilisation les données disponibles. Elle a contribué à mieux cerner la problématique posée, non seulement autour des bassins industriels, mais aussi des installations industrielles en général. Cette étude liste un certain nombre de préconisations dans le cadre de l'utilisation des données et de leur interopérabilité.

MOTS-CLÉS : BASSIN INDUSTRIEL, SANTÉ, RIVERAINS, ÉTUDE ÉCOLOGIQUE, ENVIRONNEMENT

Citation suggérée : Roudier C, Goria S, Hardy P, Stempfelet M, Ben Raies J, *et al.* Bassins industriels et santé : première étude nationale multisites sur l'état de santé des populations autour des grands bassins industriels. Saint-Maurice : Santé publique France, 2025. 146 p. www.santepubliquefrance.fr

ISSN : 2609-2174 - ISBN-NET : 978-2-37986-052-2 / RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE / DÉPÔT LÉGAL : DÉCEMBRE 2025

Abstract

Industrial basins and health: first national multi-site study on the health status of populations living near large industrial basins

This multi-site study aims to examine, for the first time in France, the association between proximity to large industrial basins and the health of neighboring populations, focusing on several health indicators (respiratory diseases, perinatal health, all-cause mortality - excluding violent deaths) and also to provide initial findings in terms of feasibility and epidemiological interpretation, with a view to rolling out national health monitoring around industrial basins. This is a national ecological study, of a geographical nature, based on the passive collection (across mainland France, including Corsica) and at the municipal level, of available data on industrial discharges on the one hand, and health data from the national health data system (SNDS) on the other.

To assess population exposure, INERIS proposed defining an exposure zone around major industrial areas and a method for constructing environmental pressure score indicators based on data from the annual industrial discharge census (BDREP) and the national spatial inventory (INS) (2). At the same time, algorithms were defined for each health indicator in order to extract them from the SNDS. In addition, numerous adjustment factors (risk factors and confounding factors) were identified and used in the multivariate analysis models.

At the end of the study, several results and lessons emerged:

- There are limitations to the use of the BDREP in the context of an epidemiological study, given the regulatory purpose of this database (non-exhaustive data on industrial discharges). The INS did not present this problem of completeness, which made it possible to define municipal industrial pressure scores for all municipalities in mainland France. However, the INS has other limitations (no updates since 2012, no data for overseas territories, etc.).
- Taking into account the municipal industrial pressure scores, no increased risk linked to exposure to industrial basins was observed. On the other hand, in municipalities with high INS scores, there is an increased risk of asthma in children in municipalities exposed to an industrial basin compared to those not exposed to a basin. This result is not found with scores constructed from the BDREP.
- Taking into account proximity to a basin, an increased risk of asthma in children, but also of chronic respiratory morbidity in adults aged 40 and over, is also observed in municipalities located near an industrial basin compared to all municipalities located far from a facility classified for environmental protection (ICPE) or a basin. An increased risk of chronic respiratory morbidity in people under 40 and of prematurity is also suggested.
- More generally, with regard to industrial issues, an increased risk for all health indicators studied (asthma, chronic respiratory morbidity, prematurity, low birth weight for gestational age (LBWA), and all-cause mortality excluding violent deaths) has been identified for exposure to higher industrial emissions, as estimated by the INS score. These results are not found with scores based on the BDREP.
- An excess risk for all indicators (except cases of LGA) is observed in municipalities located near an IED (Industrial Emission Directive) and/or Seveso classified industry, compared to all municipalities located far from an industry.
- An excess risk of asthma and all-cause mortality excluding violent deaths is also observed in municipalities located near an ICPE (non-IED or Seveso). Excess risks of chronic respiratory morbidity in adults aged 40 and over and of prematurity are also suggested.

The results should be viewed with caution given the identified limitations of the emissions databases used, the results that differ depending on the industrial pressure indicator taken into account, and the design of the study itself, which does not allow a causal link to be established but suggests an association between exposure and disease.

This study, conducted in response to the GD4H and HDH call for projects, provided insights into the use of available data. It helped to better understand the issue at stake, not only in relation to industrial basins, but also to industrial facilities in general. This study lists a number of recommendations regarding the use of data and its interoperability.

KEYWORDS: INDUSTRIAL BASIN, HEALTH, RESIDENTS, ECOLOGICAL STUDY, ENVIRONMENT

Auteurs

Candice Roudier[1], Sarah Goria[2], Perrine Hardy[1], Morgane Stempfelet[1], Jébraïel Ben Raies[2], Pauline Morel[1], Marie-Laure Bidondo[2], Cécile Kairo[1]

[1]Direction santé environnement travail (Dset), Santé publique France
[2]Direction appui, traitements et analyses de données (Data), Santé publique France

En collaboration avec l'Ineris (Institut national de l'environnement industriel et des risques) : Sabine Guérin, Mamadou Bailo Balde, Laure Malherbe

Relecteurs

Sarah Habran, Institut scientifique de service public, Belgique - pour le Conseil scientifique sur les études multicentriques autour des bassins industriels et des sols pollués

Guillaume Boulanger, Dset, Santé publique France

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier Marie Gombert (IGN), Grégory Fifre (Météo-France), Antonio Spanu (RNSA), Aurélien Chayre (Solagro), Florian Couvidat (Ineris), Pr Denis Charpin (Assistance publique – Hôpitaux de Marseille), Martin Paumelle (Université de Lille), ainsi que Mathilde Pascal, Lucie Adélaïde, Yaya Barry, Elodie Lebreton, Marie-Christine Delmas, Pascal Jehannin, Laurence Pascal, Morgane Trouillet, Nathalie Thomas, Stéphanie Rivière, Lisa Cahour, Delphine Serra, Laetitia Haroutunian, Laurence Guldner, de Santé publique France pour leur expertise, leur appui et leur collaboration sur cette étude.

Nous remercions aussi l'ensemble des experts du Conseil scientifique sur les études multicentriques autour des bassins industriels et des sols pollués pour leur appui méthodologique sur l'étude : Sophie Barral (Ville de Paris), Michèle Bisson (Ineris), Stéphane Buteau (Université de Montréal), Aline Coftier (BRGM), Marc Colonna (Registre du Cancer de l'Isère), Thomas Coudon (Centre Léon Bérard), Robert Garnier (Hôpital Fernand Vidal), Vincent Grammont (Ineris), Maxime Jeanjean (Institut Écocitoyen), Caroline Lanier (Université de Lille), Franck Marot (Ademe), Florent Occelli (Univeristé de Lille), Sandra Perez (Université Côte d'Azur).

Enfin, nous remercions Paul Grignon, Marie Ramon-Daré du *Green Data For Health* (GD4H) et Maxime Caillet et Aurélien Cosnefroy du *Health Data Hub* (HDH) pour leur suivi dans le cadre de l'appel à projet « la donnée pour la recherche et l'innovation en santé environnement ».

Abréviations

ALD	Affection longue durée
APL	Indicateur d'accessibilité potentielle localisée
AASQA	Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air
ATC	*Anatomical Therapeutic Chemical*
BDREP	Base de données du registre des émissions polluantes
BIS	Bassins industriels et Santé
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive
BYM	Besag York Mollié
CHIMERE	Modèle Chimie-Transport
CIM-10	Classification internationale des maladies, 10e révision
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
Cnam	Caisse nationale d'assurance maladie
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
COVNM	Composés organiques volatils non méthaniques
Data	Direction Appui, traitement et analyse de données
Dset	Direction santé environnement travail
DCIR	Datamart de consommation interrégime
DIC	*Deviance Information Criteria*
Drees	Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques
DROM	Départements et régions d'outre-mer
EQIS-PA	Évaluation quantitative d'impact sur la santé de la pollution de l'air
E-PRTR	*European Pollutant Release and Transfer Register*
FDEP	Indice de désavantage social
F-EDI	*French European Deprivation Index*
GD4H	*Green Data For Health*
Géodip	Géolocaliser et diagnostiquer la precarite énergétique
HDH	*Health Data Hub*
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
ICSHNet	*Indutrially Contaminated Sites and Health Network*
IC95 %	Intervalle de confiance à 95 %
IED	*Industrial Emissions Directive*
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
IFT	Indice de fréquence de traitement phytosanitaire
Ineris	Institut national de l'environnement industriel et des risques
INLA	*Integrated Nested Laplace Approximation*
INS	Inventaire national spatialisé
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
IRA	Infection respiratoire aiguë
Irdes	Institut de recherche et de documentation en économie de la santé
Irep	Registre français des rejets et transferts de polluants
NA	Non attribué
NO_2	Dioxyde d'azote
NO_x	Oxydes d'azote

OMS	Organisation mondiale de la santé
O_3	Ozone
PAG	Petit poids pour l'âge gestationnel
$PM_{2,5}$	Particules de diamètre inférieur à 2,5 µm
PM_{10}	Particules de diamètre inférieur à 10 µm
PMSI	Programme de médicalisation des systèmes d'information
P25, P50, P75, P90	Percentiles 25, 50, 75, 90 de la distribution
RR	Risque relatif
RAEP	Risque d'allergie à l'exposition au pollen
RNSA	Réseau national de surveillance aérobiologique
SAU	Surface agricole utile
SA	Semaines d'aménorrhées
SDES	Service des données et études statistiques
SIG	Système d'information géographique
SNAP	*Selected Nomenclature for Air Pollutants*
SNDS	Système national des données de santé
SMR	Taux de mortalité standardisé
SO_2	Dioxyde de soufre
SO_x	Oxydes de soufre
TMJA	Trafic moyen journalier annuel
Vads	Voies aéro-digestives supérieures

Sommaire

Résumé 2
Abstract 4
Auteurs 5
Relecteurs 5
Remerciements 5
Abréviations 6
Sommaire 8

1. PRÉAMBULE 10

2. CONTEXTE ET OBJECTIFS 11

2.1 La problématique des bassins industriels 11
2.2 Étude proposée par Santé publique France et l'Ineris à l'appel à projets ouvert par le *Health Data Hub* et le *Green Data for Health* de 2022 12
2.3 Objectifs de l'étude 12
2.4 Travaux préalables à l'étude d'association entre la proximité des grands bassins et la santé des populations 13

3. MÉTHODE 14

3.1 Type d'étude 14
3.2 Population et zone d'étude 14
3.3 Définition de la zone exposée aux grands bassins industriels 14
3.4 Définition de la zone non exposée aux grands bassins industriels 15
3.5 Indicateurs de pression industrielle 16
3.5.1 Principe de calculs de scores de pression industrielle à partir des bases de données BDREP et INS 16
3.5.2 Principe de l'utilisation de l'indicateur basé sur la proximité à une installation industrielle ou un bassin 19
3.6 Données de santé 20
3.6.1 Sources de données 20
3.6.2 Sélection des indicateurs de santé à étudier 20
3.6.3 Construction des indicateurs sanitaires 21
3.7 Autres facteurs pris en compte 22
3.7.1 Facteurs de risque environnementaux spécifiques par indicateur sanitaire 22
3.7.2 Facteurs de confusion communs à l'ensemble des indicateurs sanitaires étudiés 32
3.8 Analyses statistiques 32
3.8.1 Modèles d'analyses multivariées 32
3.8.2 Scénarios d'études 33
3.8.3 Périodes d'exposition prises en compte suivant les indicateurs sanitaires 34
3.8.4 Analyses de sensibilité 36

4. RÉSULTATS 37

4.1 Analyses descriptives 37
4.1.1 Description de la population d'étude et de la zone d'étude 38
4.1.2 Description des indicateurs de pression industrielle sur l'ensemble de la zone d'étude 39
4.1.3 Description des indicateurs sanitaires 47
4.1.4 Description des facteurs de risque identifiés 58
4.2 Analyses multivariées 60
4.2.1 Asthme de l'enfant 60
4.2.2 Morbidité respiratoire chez les moins de 40 ans (asthme) 63

4.2.3 Morbidité respiratoire chronique chez les 40 ans et plus 66
4.2.4 Santé périnatale - Prématurité 69
4.2.5 Santé périnatale - PAG 72
4.2.6 Mortalité toutes causes 75

5. DISCUSSION 78

5.1 Résultats principaux 78
5.2 Forces et limites de l'étude 85
5.2.1 Design de l'étude 85
5.2.2 Exploitation et mobilisation des données environnementales 85
5.2.3 Définition des indicateurs sanitaires et mobilisation des données 89
5.2.4 Construction des facteurs de risque environnementaux et facteurs de confusion et mobilisation des données 90
5.2.5 Interopérabilité et croisement des données 91
5.3 Perspectives et préconisations 91
5.3.1 Perspectives pour des études futures – faisabilité de mettre en œuvre une surveillance autour des bassins industriels 91
5.3.2 Perspectives et préconisations dans le cadre de la mobilisation des données et de leur croisement 91

6. CONCLUSION 94

Références bibliographiques 96

ANNEXES 100

Annexe 1. Les grands bassins industriels identifiés en France par SIG 100
Annexe 2. Synthèse des travaux de l'Ineris pour le volet 1 de l'étude BIS 101
Annexe 3. Liste des classes thérapeutiques considérées - Médicaments pour les maladies obstructives des voies respiratoires 104
Annexe 4. Principaux résultats de la revue de la littérature sur les facteurs de risque suspectés de l'asthme de l'enfant 106
Annexe 5. Caractéristiques de la population d'étude 108
Annexe 6. Description des Scores de pression industrielle (BDREP ou INS) 109
Annexe 7. Analyses - asthme de l'enfant 113
Annexe 8. Analyses – Morbidité respiratoire chronique chez les adultes de moins de 40 ans (asthme de l'adulte) 118
Annexe 9. Analyses – Morbidité respiratoire chronique chez les adultes de 40 ans ou plus 121
Annexe 10. Analyses – Prématurité 124
Annexe 11. Analyses - PAG 129
Annexe 12. Analyses - mortalité toutes causes 134
Annexe 13. Essai de prise en compte du cumul de pression industrielle dans les bassins – variante du scénario 1 (scénario 1b) 138

1. PRÉAMBULE

Santé publique France et l'Ineris (Institut national de l'environnement industriel et des risques) ont été lauréats du premier appel à projets conjoint du *Health Data Hub* (HDH) et du *Green Data For Health* (GD4H), concernant le croisement des données sanitaires et environnementales avec le projet Bassins industriels et santé (BIS), au côté de trois autres projets[1].

Le projet BIS a pour objectif d'étudier l'impact des grands bassins industriels, en tant que déterminants d'inégalités sociales et territoriales de santé. Il vise également à apporter des premiers éléments, en termes de faisabilité et d'interprétation épidémiologique, en vue du déploiement d'une surveillance sanitaire nationale autour des bassins industriels.

Il comprend deux études :

- une première qui vise à étudier, pour la première fois en France, l'état de santé de la population autour des grands bassins industriels, via la mise en œuvre d'une étude multisites de type écologique entre la proximité d'un grand bassin industriel et des indicateurs de santé, volet qui fait l'objet de ce rapport ;
- une seconde, focalisée sur l'asthme de l'enfant, qui vise à étudier les variations spatio-temporelles de la distribution des cas d'asthme de l'enfant, et à évaluer l'association entre l'incidence de l'asthme chez les enfants et l'exposition aux facteurs de risques environnementaux incluant les bassins industriels via une étude de corrélation écologique géographique, à l'échelle des communes (1).

Le projet Bassins industriels et santé, d'une durée de vingt mois, a bénéficié d'un soutien financier du HDH et d'un appui technique du GD4H concernant l'accès aux données environnementales

Santé publique France s'est associée à l'Ineris afin de réaliser l'étude épidémiologique de type multisites autour des grands bassins industriels identifiés en France.

[1] https://www.ecologie.gouv.fr/presse/annonce-laureats-lappel-projets-donnee-recherche-linnovation-sante-environnement-du-health

2. CONTEXTE ET OBJECTIFS

2.1 La problématique des bassins industriels

D'un point de vue de la santé publique, apprécier l'impact sur la santé des bassins industriels est complexe. S'ils sont générateurs d'emploi et favorisent l'installation d'une population importante à proximité, les bassins industriels constituent néanmoins des zones géographiques parfois très étendues, cumulant des pollutions environnementales, d'une part à travers les émissions industrielles et d'autre part, par les activités annexes qui en découlent, telles qu'un important trafic routier. Ces zones sont souvent perçues comme sources d'inégalités socio-territoriales de santé et génératrices de nuisances sonores, olfactives, visuelles, induisant un état de santé dégradé de la population riveraine. Comme le souligne le groupe de travail *Industrially Contaminated Sites and Health Network* (ICSHNet) mis en place par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Institut supérieur de santé italien sur l'impact sanitaire des sites industriels contaminés, dans son rapport de 2018, en raison de « *la concomitance de l'exposition à de multiples polluants et d'un désavantage social, les sites contaminés peuvent parfois être perçus comme des* « points chauds » *avec des environnements et un état de santé dégradés* ». Il est ainsi recommandé « *d'étudier les données factuelles sur les effets et les impacts sur la santé (…), en considérant le contexte social, et notamment le fait que ces zones industrielles soient génératrices d'emploi* » (2). Plusieurs études ont d'ailleurs mis en évidence des risques plus élevés d'incidence ou de mortalité pour plusieurs indicateurs de santé respiratoire associés à la proximité résidentielle de complexes industriels (3, 4). Néanmoins, ces études restent relativement rares. Par ailleurs, les retours d'expérience des études écologiques mises en place localement autour de sites industriels ont mis en évidence les limites et difficultés d'interprétation de ce type d'étude réalisée autour d'un seul site ou d'un seul bassin (manque de puissance statistique pour mettre en évidence un éventuel surrisque, biais écologique…). L'impact sur la santé d'une exposition en lien avec un bassin industriel est donc largement méconnu.

De ce fait, Santé publique France a engagé une réflexion sur la mise en place d'une surveillance sanitaire autour des bassins industriels français et a souhaité pour cela, pouvoir s'appuyer sur l'expertise d'un Conseil scientifique garant de la cohérence, de la pertinence et de la qualité scientifique de nos travaux. Ce conseil scientifique sur les études multicentriques autour des bassins industriels et des sols pollués a été constitué en avril 2021. Ce dernier a été mobilisé dans le cadre de cette étude afin d'apporter une expertise scientifique sur le protocole et l'interprétation des résultats.

Devant l'absence de définition notamment réglementaire d'un bassin industriel, Santé publique France a considéré, à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), des zones de forte densité d'installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) répondant à des critères de dangerosité des directives européennes :

- d'une part, par rapport aux rejets de polluants et émissions industrielles (2010/75/UE directive révisée en 2024, dite IED – *Industrial Emission Directive*) et,
- d'autre part, par rapport à la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs (2012/18/UE, dite Seveso 3).

Ce sont donc 42 grands bassins industriels caractérisés par de fortes densités d'ICPE de type Seveso et/ou de type IED qui ont ainsi été identifiés par Santé publique France sur l'ensemble du territoire français (Figure 1) à partir des données de la base ICPE 2016 (5). La liste de ces bassins est présentée en Annexe 1.

Il a été proposé d'étudier ces bassins de façon combinée afin de pallier les limites des études menées autour d'une seule zone industrielle (notamment le manque de puissance pour mettre en

évidence un éventuel surrisque), en analysant les données pour l'ensemble des grands bassins industriels.

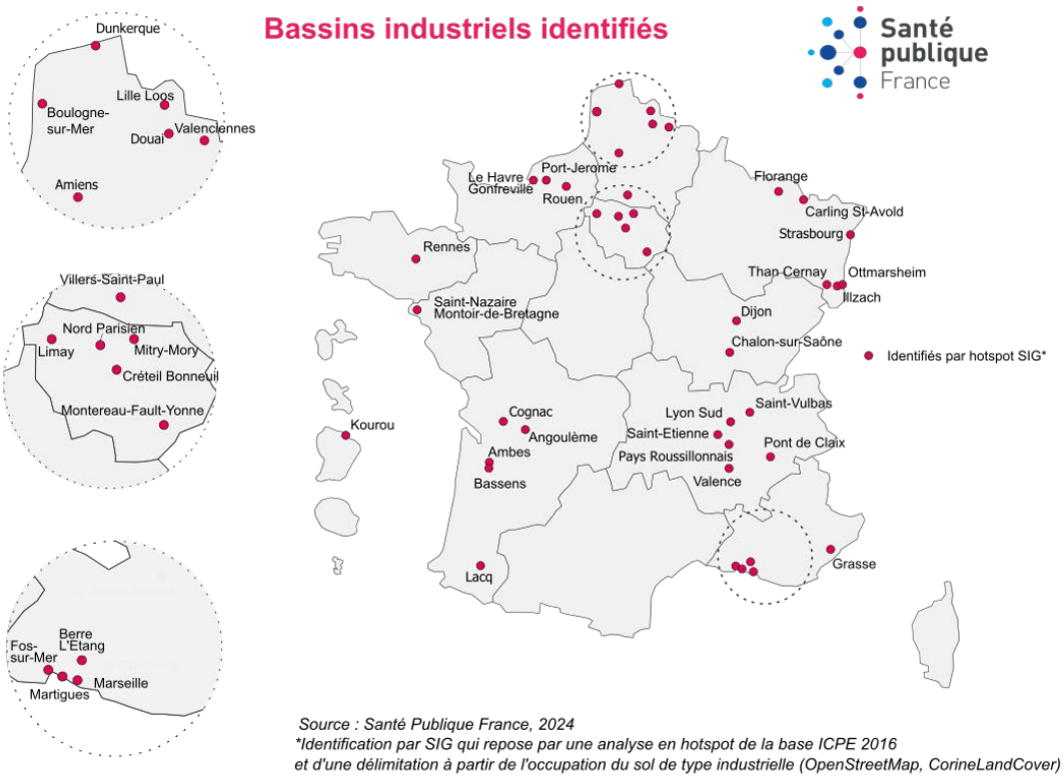


Figure 1. Grands bassins industriels identifiés en France

2.2 Étude proposée par Santé publique France et l'Ineris à l'appel à projets ouvert par le *Health Data Hub* et le *Green Data for Health* de 2022

Dans le but de déployer une surveillance nationale sanitaire autour de l'ensemble des bassins industriels, une réflexion a été commencée, en se focalisant sur les plus grands bassins industriels, afin d'étudier la faisabilité du croisement de données de nature très différente dans un objectif opérationnel de santé publique. Ainsi, l'étude a testé le croisement des données disponibles caractérisant les émissions atmosphériques d'origine industrielle d'une part, et les données de santé disponibles (indicateurs sanitaires) pour la population d'autre part. L'ensemble des données environnementales et sanitaires a été recueilli ou assigné à l'échelle communale pour chaque année ou par période de plusieurs années. Concernant les données caractérisant l'environnement, la recherche d'indicateurs d'exposition ou de proxy d'exposition a été un objectif fort du projet.

2.3 Objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude multisites autour des grands bassins industriels est d'étudier l'association entre la proximité des grands bassins industriels et la santé des populations riveraines à travers plusieurs indicateurs de santé priorisés (cf. paragraphe 3.6.2) :

- les pathologies respiratoires, avec un focus sur l'asthme de l'enfant ;
- la santé périnatale (prématurité et petit poids pour l'âge gestationnel (PAG)) ;
- la mortalité toutes causes, hors morts violentes.

2.4 Travaux préalables à l'étude d'association entre la proximité des grands bassins et la santé des populations

Pendant la première période de l'étude, les travaux des équipes de Santé publique France et de l'Ineris se sont concentrés sur le choix des données pertinentes à récupérer et/ou extraire, pour la construction d'indicateurs d'exposition / de pression aux activités industrielles et d'autres indicateurs environnementaux, puis sur la méthode de construction de ces indicateurs.

Les travaux de construction des indicateurs d'exposition /pression aux activités industrielles ont fait l'objet d'une note méthodologique *Bassins Industriels et Santé (BIS) Volet 1 Construction d'indicateurs liés aux émissions atmosphériques industrielles (6)* ; une note de synthèse est disponible en Annexe 2.

Au final, il n'a pas été possible dans le temps dédié d'utiliser ou construire un indicateur d'exposition des bassins permettant d'estimer l'exposition aux polluants dans l'air pour les riverains pour le projet BIS du fait de l'absence de données de surveillance environnementale spécifique pour chacun des bassins étudiés dans BIS. Ainsi, les travaux de l'Ineris ont eu pour objectif de construire plutôt des indicateurs de pression environnementale liés aux émissions atmosphériques industrielles et aux activités connexes, à partir de plusieurs bases de données environnementales, pour les grands bassins industriels définis et décrits par Santé publique France.

Après étude des différentes possibilités en termes de méthode (modélisation des sources fixes dans les grands bassins, recherche des données disponibles dans les bases de données…) et du temps imparti, c'est finalement l'utilisation de la base de données du registre des émissions polluantes (BDREP) et de l'inventaire national spatialisé (INS) qui a été retenue.

Ces 2 bases recensent des rejets déclarés ou estimés, en quantité par année (de 2003-2022 pour la BDREP et pour l'année 2012 pour l'INS), à différentes échelles (ICPE pour la BDREP, communale pour l'INS). Ce ne sont pas des concentrations des polluants et ne permettent donc pas de définir des indicateurs d'exposition.

Des indicateurs de pression industrielle sous forme de scores ont ainsi été construits pour chaque commune de France, à partir des données disponibles dans ces 2 bases pour une liste de polluants sélectionnés.

En seconde approche, un essai de score de « cumul » des pressions industrielles a été construit pour chaque bassin industriel, en sommant les scores individuels (BDREP ou INS) des communes hébergeant un bassin.

3. MÉTHODE

3.1 Type d'étude

L'étude BIS est une étude multisites écologique, de type géographique, basée sur des données sanitaires et environnementales, dont l'unité spatiale est la commune. Il ne s'agit donc pas d'une étude à l'échelle de l'individu mais bien à l'échelle des communes. Le choix de cette échelle géographique, la plus fine possible dans le cadre d'une telle étude, vise à diminuer autant que possible le biais écologique. Les indicateurs de santé de la population dite exposée à l'influence des grands bassins industriels sont comparés à ceux issus d'une population considérée comme n'étant pas exposée à ce même déterminant environnemental.

Du fait du design écologique de l'étude, il n'a pas été possible d'estimer l'exposition professionnelle de la population travaillant dans les bassins industriels qui nécessiterait de disposer de données individuelles.

3.2 Population et zone d'étude

La population étudiée est la population générale de France hexagonale (adultes et enfants) résidant à proximité des grands bassins industriels (population exposée) et à distance (population non exposée) entre 2012 et 2021. Les données de recensement de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) de 2012 à 2021 ont été utilisées pour les effectifs de population.

3.3 Définition de la zone exposée aux grands bassins industriels

Les grands bassins industriels ont été identifiés sur le territoire français (Annexe 1) selon la densité d'industries classées IED et/ou Seveso au km².

Au vu des objectifs et de la qualité des données disponibles au niveau national (6), l'étude proposée s'appuie sur la définition d'un polygone « source des émissions » (industries situées au sein d'un bassin et rejetant des polluants) puis d'une zone d'exposition pour les populations riveraines.

Le périmètre de chaque bassin industriel a été délimité en tenant compte de la position géographique des sites industriels déclarée dans la base ICPE 2016 et du bâti industriel issu de la base de données Corine Land Cover 2016 (5).

La zone exposée aux grands bassins industriels, c'est-à-dire soumise aux émissions et rejets industriels des ICPE situées dans chaque bassin, comprend :

- La zone dite « source des émissions » d'un bassin industriel, c'est-à-dire l'ensemble des communes intersectées par l'emprise géographique du bassin industriel. En effet, si la commune dans laquelle se situe une ICPE, d'après la base ICPE 2016, semble bien renseignée, il existe une incertitude concernant la précision de la géolocalisation au sein de la commune. L'emprise du bassin industriel telle que définie par la couche géographique du bâti industriel (et précisée dans le rapport de 2024 (5)) a ainsi été élargie à l'ensemble de la commune, dès lors qu'elle est intersectée.
- Les communes soumises à l'exposition de la zone « source des émissions » dont le centroïde géographique ou le chef-lieu (emplacement historique de la mairie) se situent à moins de 4 kilomètres du périmètre initial du bassin industriel (Figure 2) (6). La définition de cette distance repose sur les résultats d'une étude menée par l'Ineris, sur les retombées atmosphériques à partir de rejets canalisés (6, 7) : autour d'un site industriel, la distance d'impact maximal depuis

la source a été estimée au maximal à 2 km. Une distance du double, soit 4 km, depuis la source a été utilisée comme distance d'impact potentiel.

La prise en compte des chefs-lieux a été décidée en analysant précisément les communes des bassins industriels. En effet, de nombreuses communes rurales sont constituées de zones habitées, de zones agricoles ou forestières et/ou de zones peu habitées. Aussi, la majeure partie de la surface de certaines communes, ainsi que leur centroïde, pouvaient être situés hors du *buffer* de 4 km alors que la surface habitée se trouvait, elle, bien à l'intérieur. Les chefs-lieux permettent ainsi de tenir compte d'un centre populationnel ; la population étant généralement concentrée autour de la mairie dans les communes rurales.

Le choix de prendre également en compte les centroïdes repose sur le fait que certaines communes (notamment les arrondissements des grandes agglomérations comme Paris, Lyon ou Marseille) n'ont pas toutes des chefs-lieux précisés et que pour certaines communes urbaines, l'emplacement du chef-lieu n'est plus représentatif de la concentration de la population.

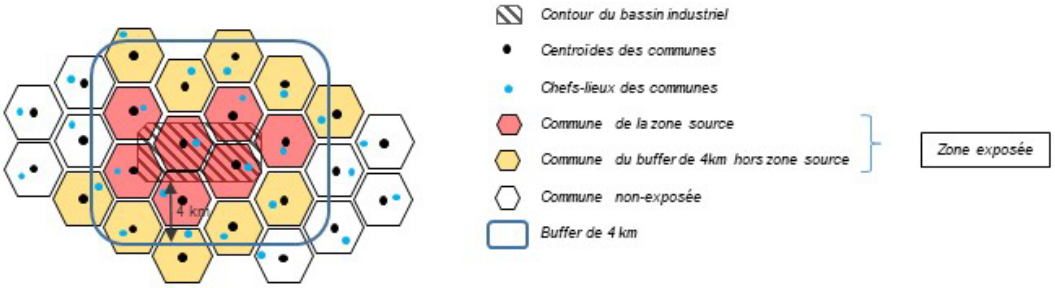


Figure 2 : Zones exposées et non exposées à un bassin industriel

À ce stade, il n'a pas été possible de prendre en considération l'influence de la météorologie (notamment la rose des vents) sur la distance de retombée des rejets. Néanmoins des éléments et pistes sont proposés dans la note méthodologique de construction des indicateurs liés aux émissions atmosphériques industrielles de l'Ineris (6).

3.4 Définition de la zone non exposée aux grands bassins industriels

La zone considérée comme non exposée aux émissions d'un bassin industriel est constituée du reste des communes de France, c'est-à-dire l'ensemble des communes pour lesquelles ni le chef-lieu ni le centroïde ne sont situés dans les 4 km d'un bassin. Il est à noter qu'elles peuvent néanmoins être exposées à d'autres sources industrielles dispersées sur le territoire (source industrielle ponctuelle par exemple), ce qui a été pris en compte (cf. paragraphe 3.5).

La question de choisir des zones non exposées propres à chaque bassin s'est posée (par exemple, le reste des communes du département, situées à plus de 4 km d'un bassin), mais la définition de telles zones aurait nécessité un traitement adapté à chaque bassin. Or, il n'a pas été possible de considérer une zone définie par le reste du département, spécifique à chaque bassin, au vu de la présence de plusieurs bassins dans un même département (c'est le cas des bassins de Thann Cernay, Illzach et Ottmarsheim tous les 3 situés dans le Haut-Rhin) ; il y aurait eu, dès lors, une seule et même population non exposée commune à ces différents bassins. De même, certains bassins chevauchent 2 départements différents, c'est le cas de Douai qui s'étend sur le Nord et sur le Pas-de-Calais. Ainsi, il aurait fallu choisir, au cas par cas, des communes à proximité des bassins industriels pour définir les zones non exposées. La grande proximité de certains bassins (comme Fos-sur-Mer, Martigues et Berre l'Étang) aurait aussi pu poser problème pour cette méthode (difficulté pour séparer plusieurs zones). De ce fait, il a été décidé de considérer le reste des

communes de France (c'est-à-dire l'ensemble des communes ne faisant pas partie des zones exposées) comme zone non exposée commune à tous les bassins industriels.

3.5 Indicateurs de pression industrielle

Dans le cadre de ce travail, 2 types d'indicateurs de pression industrielle considérés comme proxy de l'activité industrielle ont été pris en compte :

- un premier basé sur les émissions et rejets déclarés ou estimés (à l'échelle d'une ICPE ou d'une commune) et,
- un second basé sur la proximité (distance) à une ICPE ou un bassin.

Les principaux éléments sont énoncés ci-dessous mais ont fait l'objet d'une note méthodologique (6) dont une synthèse est disponible en Annexe 2.

Concernant les indicateurs de pression industrielle construits à partir des rejets, un score a été calculé par commune (ou par bassin), pour une liste de polluants définis ci-dessous, considérés comme traceurs de pollution industrielle.

Ce choix repose d'une part, sur le bilan annuel des rejets de polluants dans l'air extérieur, réalisé par le Service des données et études statistiques (SDES) des ministères chargés de l'environnement, de l'énergie[2], et d'autre part, sur l'analyse des rejets déclarés dans le Registre français des rejets et transferts de polluants (Irep) pour les ICPE situées dans un bassin industriel en 2016 (5).

Ainsi ont été sélectionnés (liste 1) :

- Les oxydes de soufre (SO_x), les métaux ou métalloïdes - arsenic (As), cadmium (Cd), plomb (Pb), mercure (Hg), nickel (Ni), qui sont des polluants rejetés majoritairement par les industries ;
- Les oxydes d'azote (NO_x), et les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) car ils sont fréquemment déclarés au-dessus des seuils de notification Irep en 2016 dans les bassins industriels.

Dans le cadre d'une analyse de sensibilité cette liste a été complétée avec les rejets déclarés ou estimés en PM_{10}, poussières totales en suspension (TSP), dioxines et furanes et benzène (liste 2) considérant que ces polluants étaient souvent déclarés dans BDREP (sous les seuils de notification d'Irep) par les industries des bassins.

Le benzène n'étant pas recensé dans l'INS, l'analyse de sensibilité à partir de cette base comprend seulement les PM_{10}, poussières totales en suspension (TSP) et les dioxines, en plus de la liste principale des polluants.

3.5.1 Principe de calculs de scores de pression industrielle à partir des bases de données BDREP et INS

3.5.1.1 Bases de données

Considérant la liste de polluants retenus, deux scores de pression industrielle distincts sont construits à l'échelle communale en se basant sur les rejets annuels atmosphériques déclarés ou estimés dans les bases de données (6).

[2] Les rejets de polluants dans l'air : résultats complémentaires du bilan de la qualité de l'air extérieur en France en 2022 | Données et études statistiques (developpement-durable.gouv.fr).

Les bases de données exploitées sont les suivantes :

- la base BDREP recensant les rejets des ICPE via les quantités annuelles déclarées, pour les années de 2008 à 2022 (des années antérieures mais moins complètes sont disponibles),
- l'inventaire national spatialisé (INS) disponible pour l'année 2012 (les années 2004 et 2007 existent mais n'ont pas été considérées dans le projet).

Concernant la base de données BDREP, elle n'est pas accessible au grand public et elle recense entre autres :

- d'une part, les mêmes données que celles recensées dans la base Irep, c'est-à-dire les données de rejets et des émissions industriels des ICPE qui sont supérieurs à des seuils de notification (données transmises pour alimenter la base de données *European Pollutant Release and Transfer Register* (E-PRTR)),
- d'autre part, les données de rejets et d'émissions industriels, qui pourraient être en deçà des seuils de notification et néanmoins volontairement rapportées par les exploitants.

La base BDREP comprend les données de l'ensemble des ICPE des valeurs déclarées au-dessus des seuils Irep (caractère obligatoire) mais elle ne peut pas être considérée comme exhaustive des rejets des ICPE sous ces seuils de notification (pour ces valeurs : incitation uniquement déclarative sans caractère obligatoire). Les populations peuvent être exposées à des rejets qui seraient inférieurs au seuil de notification[3].

D'après le rapport de description des bassins industriels en France de Santé publique France de 2024 (5), l'exploitation des données issues de BDREP permet de doubler le nombre de données disponibles, en termes de rejets déclarés dans les bassins industriels par rapport à Irep. À titre informatif, il y était également précisé que pour l'année 2016, 9 % des installations industrielles avaient déclaré au moins une occurrence pour un polluant, d'après la base Irep.

Concernant la base de données INS, cet inventaire propose, entre autres, une quantification (pour chaque commune de la France hexagonale - Outre-Mer exclu) des émissions atmosphériques pour une quarantaine de polluants principaux, émis par toutes les sources anthropiques et naturelles recensées.

Outre la BDREP, d'autres sources de données sont utilisées pour alimenter l'INS, telles que des estimations/approximations des rejets/flux issus de consommations de produits manufacturés ou des données disponibles au niveau de filières industrielles. Dans le cadre du projet BIS et au vu de la période d'étude considérée, l'année la plus récente, 2012 a été exploitée.

Les scores de pression industrielle proposés, ci-après, sont construits à l'échelle communale mais selon deux modes de calculs différents pour chaque base de données exploitée considérant la nature des données sources.

3.5.1.2 Calcul de scores communaux pour toutes les communes de la zone d'étude

a) À partir de BDREP

Pour l'indicateur défini à partir de la BDREP, un score annuel est construit, pour chaque année, par commune. Les quantités déclarées des ICPE de chaque commune sont normalisées (entre 0 et 1) en prenant en compte le maximum d'émissions des ICPE l'année considérée (pour le polluant étudié). Ces émissions normalisées sont secondairement sommées pour l'ensemble des ICPE d'une commune, puis pour l'ensemble des polluants.

Pour exemple, si 4 exploitants d'installations ont déclaré des émissions annuelles dans une commune pour un polluant donné, ces 4 valeurs d'émissions annuelles sont normalisées (par

[3] Arrêté du 31/01/08 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions et des transferts de polluants et des déchets.

rapport à la valeur maximale d'émission annuelle de ce polluant pour une ICPE au niveau national), puis sommées pour cette commune. Cette méthode est appliquée pour chacun des polluants d'intérêt. Le score communal correspond ensuite au cumul des émissions normalisées de chaque polluant (exemple présenté en Figure 3 – source Ineris (6)).

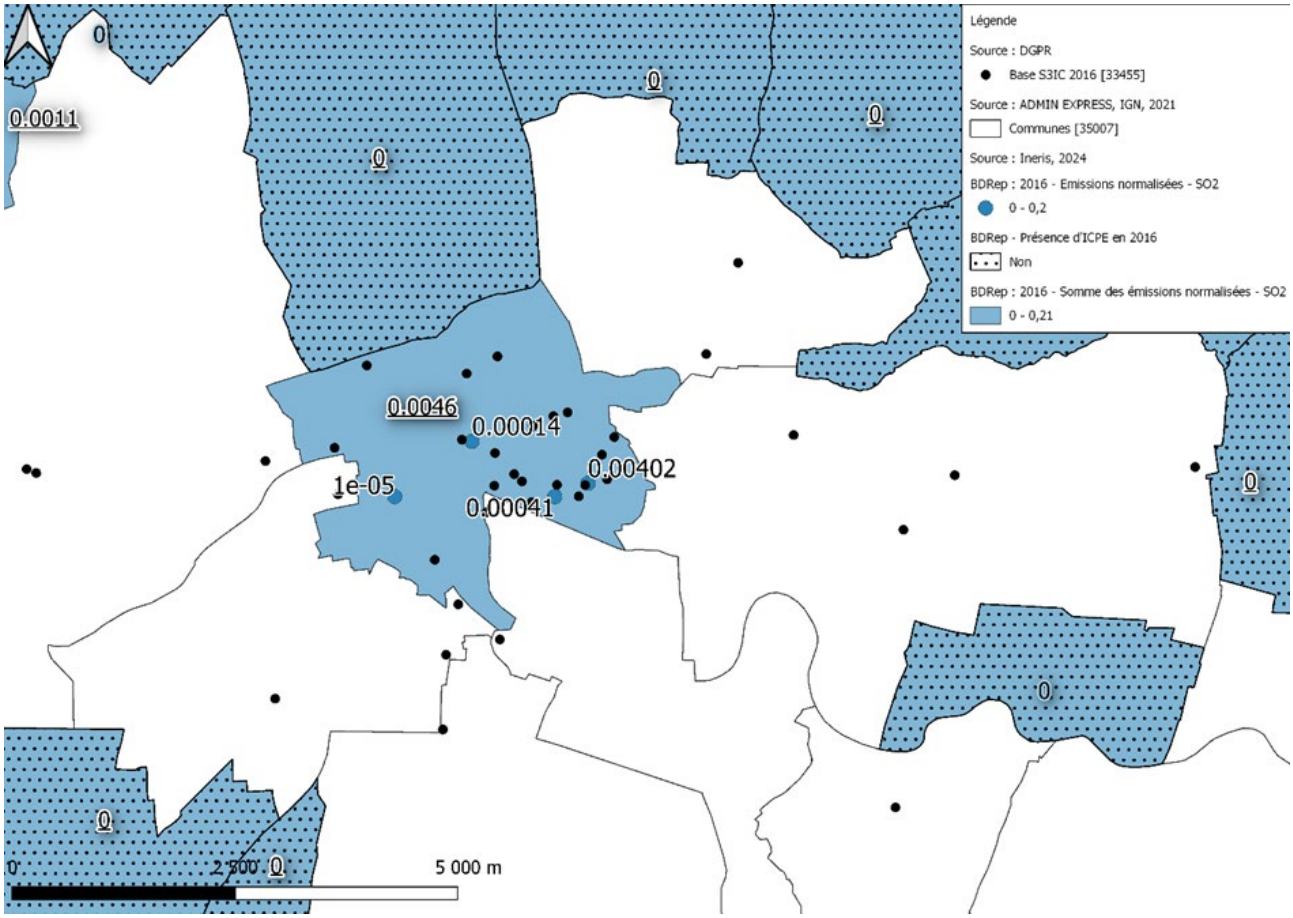


Figure 3. Exemple de résultats d'émissions normalisées puis sommées à la commune pour le SO_2 pour l'année 2016 (Source : Ineris)

La base BDREP n'est pas exhaustive des émissions annuelles des exploitants (les exploitants n'ayant pas l'obligation de déclarer des émissions qui seraient inférieures aux seuils de notification Irep), une commune ayant une ou plusieurs installations recensées mais sans aucune déclaration d'émissions dans BDREP est considérée ici comme ayant une donnée « absente » avec un statut de donnée manquante d'un point de vue statistique. En revanche, un score de 0 est attribué aux communes sans aucune ICPE en 2016 ou hébergeant des ICPE qui ont déclaré une valeur nulle pour la liste des polluants sélectionnés (en se basant sur les données de la base ICPE 2016).

Un score communal BDREP annuel est ainsi calculé pour chaque année de 2008 à 2022.

Des indicateurs communaux ont aussi été construits sur des périodes de 5 ans (2008-2012 ; 2013-2017 ; 2018-2022), avec la même méthodologie, pour étudier les indicateurs de santé dans la population adulte afin de lisser les données environnementales sur 5 ans dans la mesure où, pour les adultes, il est tenu compte d'un temps de latence (ce qui n'est pas le cas pour les enfants, cf. paragraphe 3.8.3). Dans ce cas, la normalisation repose sur l'utilisation en borne haute de la valeur maximale d'émission d'un polluant par une ICPE, non plus sur une année, mais sur la période de 5 ans considérée.

b) À partir de l'INS 2012

En parallèle, un même travail est réalisé à partir des données de l'INS (pour la seule année 2012) pour la France hexagonale (aucune donnée pour l'Outre-mer). Dans cette base, les données sont déjà spatialisées à l'échelle communale mais nécessitent une étape de normalisation, en tenant compte des maximums et minimums pour chaque polluant.

Le score communal est construit en additionnant les données normalisées pour l'ensemble des polluants sélectionnés. Afin de ne considérer que les rejets industriels, une sélection des sources d'émissions industrielles avait été réalisée à partir des codes SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollutants* : Nomenclature des activités émettrices utilisées pour réaliser les inventaires d'émissions) (6).

Il est à noter que le benzène n'est pas présent dans cette base, le score cumulé des polluants de la liste complémentaire pour l'analyse de sensibilité ne le prend pas en compte.

Enfin, des essais de prise en compte d'un cumul de pression industrielle ont été proposés à l'échelle des bassins industriels (par addition des scores des communes intersectant le polygone bassins). Ils sont présentés dans le cadre d'une analyse complémentaire, en Annexe 13.

3.5.2 Principe de l'utilisation de l'indicateur basé sur la proximité à une installation industrielle ou un bassin

Au côté des indicateurs construits à partir des données disponibles dans les bases BD REP et INS à l'échelle de la commune et des bassins industriels, un indicateur de pression industrielle a été créé à l'échelle communale, à partir de la distance du chef-lieu et/ou du centroïde de la commune à une installation industrielle.

Cet indicateur en 4 classes ordonnées est construit pour chaque commune de France ainsi :

4 : Commune située à 4 km ou moins d'un bassin industriel ;
3 : Commune située à 4 km ou moins d'une ICPE classée IED ou Seveso (hors bassin) ;
2 : Commune située à 4 km ou moins d'une ICPE (hors IED ou Seveso, hors bassin) ;
1 : Commune située à plus de 4 km d'une ICPE, IED, Seveso ou d'un bassin.

Il est à noter que la classe 1 est considérée comme une zone rassemblant les communes qui ne sont exposées à aucune émission industrielle, quelle qu'elle soit. Il ne s'agit pas ici de la zone non exposée aux grands bassins industriels, telle que décrite dans le chapitre 3.4, mais d'une zone non exposée à toute installation industrielle, y compris les bassins industriels.

Par ailleurs, la distance entre la commune et un bassin est la distance la plus courte entre le chef-lieu et/ou le centroïde de la commune et un point du bassin. Les distances entre communes et ICPE sont mesurées par la distance entre le point ICPE (de la base de données ICPE 2016) localisé par ses coordonnées géographiques et le chef-lieu et/ou centroïde de la commune concernée.

3.6 Données de santé

3.6.1 Sources de données

Pour cette étude, il a été retenu de travailler avec les données du Système national des données de santé (SNDS).

Le SNDS a été créé par la loi de modernisation de 2016 et est géré par la Caisse nationale d'assurance maladie (Cnam). Il regroupe différentes bases de données, dont des bases de données individuelles, anonymes, et chaînées[4] :

- les données hospitalières du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) provenant de l'Agence technique de l'information sur l'hospitalisation portent sur les séjours effectués dans les hôpitaux publics ou privés, dans les secteurs Médecine/Chirurgie/ Obstétrique/Odontologie, soins de suite et de réadaptation, hospitalisation à domicile, psychiatrie. Les données administratives incluent le sexe, la date de naissance et le code postal de résidence de la personne, les dates et modes d'entrée et de sortie ainsi que l'identification de l'établissement et le type d'unités médicales fréquentées pendant le séjour à l'hôpital. Les informations médicales comportent le diagnostic principal, le diagnostic relié et les diagnostics associés, codés selon la classification Internationale des Maladies, 10e révision (CIM-10), ainsi que les actes médicaux effectués au cours du séjour.
- les données sur les remboursements de soins du DCIR (Datamart de Consommation Inter Régime) qui couvrent l'ensemble des soins remboursés pour les bénéficiaires de l'assurance maladie (médicaments, actes médicaux, actes de biologie, dispositifs médicaux, prestations de transports…). Les données sociodémographiques comportent le sexe, l'âge, la commune de résidence, la caisse d'affiliation, l'affiliation à la couverture maladie universelle et la date de décès le cas échéant. Un diagnostic médical (codé selon la Classification Internationale des maladies – 10e révision (CIM-10)) est disponible seulement pour les personnes prises en charge à 100 % par l'assurance maladie au titre d'une affection longue durée (ALD), d'une invalidité ou d'une maladie professionnelle.
- les causes médicales des décès (depuis juin 2018).

Les données du SNDS présentent un avantage en termes d'accessibilité, via un portail pour les organismes habilités (Santé publique France) et d'exhaustivité, déclinables à l'échelle départementale, voire à l'échelle infradépartementale (communale), sous réserve d'effectifs suffisants.

3.6.2 Sélection des indicateurs de santé à étudier

Afin de cibler les données de santé les plus pertinentes, Santé publique France a réalisé une revue de la littérature sur Pubmed et Scopus. L'équation de recherche utilisée[5] avait pour but de recenser les différents types d'études épidémiologiques concernant l'impact de la présence d'industries ou de groupes variés d'industries sur la santé des populations riveraines. Les études ciblant les expositions professionnelles à la pollution industrielle ont été exclues. Quatre-vingt-cinq (85) articles, datant de 2004 à 2023 ont été étudiés.

Du fait de la contrainte de la durée du projet BIS liée au cadrage de l'appel à projet et de son objectif d'évaluer la faisabilité d'étudier l'impact sur la santé de résider autour d'un grand bassin industriel, il a été décidé de prioriser 5 indicateurs sanitaires dont le lien avec la pollution industrielle avait été démontré le plus souvent et qu'il était possible d'étudier via une extraction du SNDS.

[4] Système national des données de santé (SNDS), Qu'est-ce que le SNDS ?, consulté le 09/10/2024, disponible sur : https://www.snds.gouv.fr/SNDS/Qu-est-ce-que-le-SNDS

[5] Les paramètres de recherche incluaient les notions de proximité résidentielle, de type d'industries et de pathologies.

Du fait des résultats issus de la littérature et de la faisabilité d'étudier sa morbidité à partir des données du SNDS, **l'asthme de l'enfant** a été défini comme un indicateur prioritaire. Bien qu'il s'agisse d'une pathologie multifactorielle, les données de la littérature soulignent des liens entre l'exposition à de nombreux polluants pouvant être issus de l'activité industrielle et l'asthme de l'enfant (3, 8-11). De plus, l'étude de la population des enfants permet, en raison de sa particulière sensibilité à des expositions environnementales prépondérantes sur cette tranche d'âge en regard des autres sources d'exposition, de s'affranchir ici d'autres expositions (telles que les expositions professionnelles et les comportements individuels liés au tabac et à l'alcool), mais aussi de s'affranchir d'un long temps de latence et du biais lié à la mobilité résidentielle. Un focus a donc été réalisé sur cet indicateur de santé et fait l'objet d'une analyse plus approfondie développée dans le cadre du travail sur les variations spatio-temporelles des cas d'asthme de l'enfant (1).

La morbidité respiratoire chez l'adulte est également l'un des impacts sanitaires les plus étudiés dans la littérature (symptômes respiratoires variés, asthme, bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), infections respiratoires etc.) (3, 8-22). Si les symptômes respiratoires (toux, mucosités, nez qui coule etc.) ont été pris en compte dans de nombreuses d'études locales (12, 13, 17, 18) avec recueil de données individuelles, il n'est pas possible de les considérer à partir du SNDS. En revanche, les maladies chroniques des voies respiratoires comme l'asthme et la BPCO ont été étudiées à plusieurs reprises, avec la mise en évidence d'une association avec la pollution industrielle (8, 9, 11, 12, 15, 16, 19, 20). C'est alors la **morbidité respiratoire chronique chez l'adulte** qu'il a été choisi d'étudier.

Il a aussi semblé pertinent d'étudier la **santé périnatale** à travers deux indicateurs. En effet, 9 articles de la revue de la littérature ont montré un lien significatif entre la pollution industrielle et la santé périnatale (11-17), notamment sur la prématurité (13-15) et sur un faible poids à la naissance (13-15, 17).

Enfin, la **mortalité toutes causes** (hors morts violentes) est également étudiée, en tant qu'indicateur global de l'impact sur l'état de santé de la proximité d'un grand bassin industriel. En effet, des résultats de la littérature montrent une association significative entre l'exposition à une pollution industrielle et la mortalité (23, 24).

Il est à noter que d'autres indicateurs de santé pourraient également être étudiés, dans le cadre de la poursuite des travaux. Parmi eux, une attention serait portée à l'incidence des cancers. En effet, un grand nombre d'études ont montré un lien significatif entre la pollution industrielle et les risques de certains cancers, notamment les études de Garcia-Perez *et al.*(25-32). Mais les registres des cancers de l'adulte en France ne couvrent que partiellement les grands bassins industriels identifiés ; seuls 12 à 14 bassins (en considérant les registres spécialisés sur certaines localisations cancéreuses) pourraient alors être étudiés dans l'analyse multisites (33). En revanche, les registres pédiatriques sont nationaux et permettent d'étudier l'incidence des cancers de l'enfant sur tout le territoire français.

3.6.3 Construction des indicateurs sanitaires

Dans le cadre de cette étude écologique basée sur les données du SNDS, des indicateurs adaptés à l'échelle communale ont dû être choisis.

Concernant l'asthme de l'enfant (0-17 ans), plusieurs algorithmes d'identification des cas ont été testés, prenant en compte les remboursements de soins, les hospitalisations liées à l'asthme, ou une combinaison des deux. Il est apparu que l'algorithme d'extraction basé seulement sur les hospitalisations recensait principalement les cas les plus graves, sans pour autant identifier de nouveaux cas d'asthme qui n'auraient pas été recensés par l'algorithme basé sur les remboursements de soins (1).

Ainsi, un cas d'asthme (prévalent) de l'enfant a été défini comme un enfant ayant eu, au cours de l'année considérée, 3 délivrances (sur 3 dates différentes) de médicaments de la classe ATC R03,

c'est-à-dire « Médicaments pour les maladies obstructives des voies respiratoires » (Annexe 3). Les nouveaux cas d'asthme de l'enfant ont été définis par au moins 3 dates de délivrance d'au moins un médicament de la liste dans l'année ET strictement moins de 3 dates de délivrance d'au moins un médicament de la liste considérée durant les années antérieures (jusqu'à 3 ans). Les enfants étant très peu sujets à la BPCO, l'asthme est la principale maladie obstructive des voies respiratoires. Cet algorithme permet alors d'être spécifique à l'asthme et de recenser un maximum de cas. L'extraction a été réalisée pour les cas incidents des années de 2015 à 2019, d'après la disponibilité des données.

Concernant la morbidité respiratoire chez l'adulte, comme pour l'asthme de l'enfant, un indicateur basé sur les remboursements de médicaments pour les maladies obstructives des voies respiratoires a été choisi selon les mêmes critères de délivrances que pour l'enfant, en cohérence avec d'autres projets menés à Santé publique France (34). Cet indicateur de morbidité respiratoire chronique permet d'approcher d'une part, les nouveaux cas d'asthme chez l'adulte de moins de 40 ans et d'autre part, les nouveaux cas de pathologies respiratoires chroniques chez les 40 ans et plus (34). L'extraction a été réalisée pour les cas incidents des années de 2016 à 2022, d'après la disponibilité des données.

Les deux indicateurs de santé périnatale ont été extraits à partir des données de séjours hospitaliers présentes dans le SNDS/PMSI pour les années 2013 à 2022 :

- D'une part, le taux de naissances prématurées (naissances à moins de 37 semaines d'aménorrhée (SA)) parmi le nombre de naissances vivantes estimé par le séjour d'accouchement des mères, dans la commune de résidence, pour la France hexagonale, Corse comprise.
- D'autre part, les taux de naissances avec un PAG. Les données pour ces indicateurs sont issues des séjours d'hospitalisations de naissance des nouveau-nés de la base du PMSI dans le SNDS. La courbe de référence d'Anne Ego *et al*. prenant en compte le sexe et l'âge gestationnel, a été utilisée pour définir le PAG. Le taux de PAG est calculé par le nombre de naissances vivantes issues d'une grossesse unique dont le poids se situe au-dessous du 10e percentile du poids à la naissance selon le sexe et l'âge gestationnel dans la population de référence, sur les naissances vivantes pour la population de référence survenues entre 22 et 43 semaines d'aménorrhée (35).

Enfin la mortalité toutes causes hors morts violentes a été extraite du SNDS (CIM-10 : A00-R99, U071) pour les années 2013 à 2021.

3.7 Autres facteurs pris en compte

3.7.1 Facteurs de risque environnementaux spécifiques par indicateur sanitaire

3.7.1.1 Identification des autres facteurs de risque environnementaux

Outre la pression industrielle, certains facteurs de risque environnementaux identifiés à partir de la littérature sont pris en compte selon les indicateurs sanitaires. Une synthèse des indicateurs environnementaux et de leurs sources de données est proposée dans le Tableau 1. Pour l'asthme de l'enfant, l'Annexe 4 dresse la liste des facteurs de risque qui ont été pris en compte, basée sur une revue de la littérature des facteurs suspectés d'être en lien avec l'asthme de l'enfant, qu'ils soient environnementaux ou non (1). Les indicateurs pour lesquels les données étaient disponibles pour une construction à l'échelle communale ont ensuite été sélectionnés.

Ci-dessous, les facteurs de risque identifiés pour chacun des autres indicateurs sanitaires :

- Morbidité respiratoire chronique de l'adulte :

Chez l'adulte, les données sont plus rares que chez les enfants. Néanmoins, l'*umbrella revue* menée par Holtjer *et al*. en 2023 dresse la liste des facteurs de risque de l'asthme et de la BPCO identifiés par la littérature (46), parmi lesquels : une exposition aux polluants atmosphériques (NO_2 et $PM_{2,5}$) et à l'ozone (O_3) plus spécifiquement pour l'asthme de l'adulte.

- Prématurité et petits poids de naissance :

De nombreuses études ont montré une association significative entre l'exposition à certains polluants atmosphériques ($PM_{2,5}$, NO_2 et O_3) et la prématurité ou un petit poids de naissance (40-43). Des températures élevées (épisodes de canicule) peuvent également avoir un impact sur le terme d'une grossesse (40, 44), ainsi que résider à distance d'un espace vert (42) ou d'être exposés à des pesticides (45).

- Mortalité toutes causes hors morts violentes :

Seule l'exposition à des polluants atmosphériques a été considérée ($PM_{2,5}$, NO_2 et O_3) (47, 48).

3.7.1.2 Construction des indicateurs environnementaux

Exposition à des polluants atmosphériques

Sources de données

Les concentrations moyennes annuelles de 2012 à 2022 pour le dioxyde d'azote (NO_2), l'ozone (O_3), et les particules $PM_{2,5}$ et PM_{10} des communes de l'ensemble du territoire métropolitain sont issues de la cartothèque de Qualité de l'air de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris)[6], disponibles en open data. Ces concentrations résultent de la combinaison de données modélisées et de données d'observation réparties sur le territoire, générées à partir d'une méthode permettant de calculer des indicateurs statistiques, comparables sur la période d'étude. Les observations sont issues de la base nationale de la qualité de l'air Geod'air et proviennent des sites de mesures fixes réglementaires opérées sur le territoire national par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA). Comme expliqué par l'Ineris, toutes les stations de mesure ont été incluses, sauf les stations dont les niveaux étaient supérieurs aux 95es percentiles de la distribution des polluants. Cela inclut les stations rurales, urbaines et périurbaines de mesure des polluants, et exclut les stations à proximité de zones industrielles et fort trafic routier. Les concentrations sont simulées sur l'ensemble du territoire national à l'aide du modèle numérique de qualité de l'air CHIMERE (Modèle Chimie-transport), co-développé depuis 2001 par le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et l'Ineris[7]. Les données météorologiques, ainsi que les données d'émission utilisées par ce modèle, sont spécifiques à chaque année. CHIMERE est un modèle physico-chimique qui reproduit les mécanismes atmosphériques. Il s'agit d'une modélisation sous forme de grille alimentée par :

- des sources d'émissions,
- des mécanismes chimiques,
- des mécanismes de transport (vitesse de vents, températures, etc.),
- des données météorologiques européennes (centre européen),
- des conditions limites (données au-delà de la zone modélisée).

La résolution du modèle est de 4 km pour la période 2000-2017, raffinée à 2 km pour les années après 2018, ce qui permet de simuler finement les niveaux « de fond ».

[6] Cartothèque de l'Ineris : La qualité de l'air en France métropolitaine cartographiée de 2000 à aujourd'hui par l'Ineris | Ineris
[7] LMD (CNRS) I, LISA (CNRS). Chimere : A multi-scale chemistry-transport model for atmospheric composition analysis and forecast. 2021.

Construction de l'indicateur
Les données de la cartothèque de l'Ineris fournissent directement les moyennes annuelles des concentrations en polluants à l'échelle de la commune (moyenne des concentrations dans les mailles, pondérées par les populations 2015 de ces mailles - description fine des zones habitées.

Limites de l'indicateur
Il est à noter que les données de la cartothèque de l'Ineris ne concernent pas le SO_2 qui était également identifié comme facteur de risque de l'asthme. Seuls les rejets SO_2 d'origine industrielle ont été partiellement pris en compte dans le cadre des scores de pression industrielle BDREP ou INS. Par ailleurs, les données de la cartothèque sont des données modélisées qui, par nature, comportent des incertitudes. Elles ne permettent pas une représentation précise des niveaux de pollution à proximité de sources locales spécifiques d'émissions (zones de trafic routier dense, zones industrielles).

Trafic routier

Sources de données
Cet indicateur, créé par l'Ineris (6), est utilisé dans les analyses en complément des indicateurs de pollution atmosphérique incluant le NO_2 qui est un traceur des émissions attribuables au trafic routier[8]. Le réseau routier est cartographié par l'institut national de l'information géographique et forestière (IGN) dans la bd Route500® (500 000 km de voies) qui correspond aujourd'hui au réseau routier de la bd Carto®[9]. La base vectorielle Route 500 regroupe les tronçons routiers en 5 catégories ou « vocations ». La vocation est une hiérarchisation du réseau routier basée sur l'importance des tronçons de route pour le trafic routier : autoroute, liaison principale, liaison régionale, liaison locale et bretelle. Ainsi, ces valeurs permettent un maillage de plus en plus dense du territoire. D'autres paramètres sont fournis comme le nombre de chaussées, de voies, l'état de la route, etc.[10] [11]

Construction de l'indicateur
Les données de la base Route500® utilisées pour la construction de cet indicateur sont les autoroutes, les liaisons principales et les bretelles auxquelles a été appliquée une zone tampon de 150 m. Cette zone tampon a été choisie suite à une recommandation du *California Air Ressources Board* qui stipulait de ne pas implanter d'usage sensible à moins de 150 m d'une autoroute, de routes urbaines de plus de 100 000 véhicules par jour ou de routes rurales avec plus de 50 000 véhicules par jour[12]. Un ratio surfacique pour tenir compte de la taille de la commune a ensuite été calculé. Cet indicateur trafic a été estimé à l'échelle de la commune et pour tout le territoire national.

Limites de l'indicateur
Il ne s'agit pas de données de comptage de véhicules : trafic moyen journalier annuel (TMJA). Les données concernant le TMJA du réseau routier national ont également été identifiées (ministère de la transition écologique[13]) mais leur couverture spatiale était insuffisante par rapport aux objectifs du projet. Ainsi, du fait de la nature des données utilisées, à savoir le tracé des routes (bretelle, liaison principale et type autoroutier), cet indicateur reste un proxy d'une exposition potentielle des populations à la pollution automobile. Cependant, la prise en compte des voies majeures selon la définition de l'IGN permet de cartographier les axes routiers, *a priori*, les plus importants en termes de trafic[14].

---

[8] La pollution de l'air par le dioxyde d'azote (NO2) : https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/la-pollution-de-lair-par-le-dioxyde-dazote-no2
[9] Route500® : ROUTE 500® | Géoservices (ign.fr)
[10] IGN. (2021). Route 500 - Version 3 - Descriptif du contenu (pp. 1–27).
[11] Ineris, 2024, Bassins Industriels et Santé (BIS) - Volet 1. Construction d'indicateurs de pressions environnementales liés aux émissions atmosphériques, Ineris - 217401- 2789780 - v1.0 - 03/07/2024.
[12] California Air Resources Board - California Environmental Protection Agency. (2005). Air quality and land use Handbook: A community Health Perspective.
[13] Trafic moyen journalier annuel sur le réseau routier national - data.gouv.fr
[14] Ineris, 2024, Bassins Industriels et Santé (BIS) - Volet 1 Construction d'indicateurs de pressions environnementales liés aux émissions atmosphériques, Ineris - 217401- 2789780 - v1.0 - 03/07/2024.

Exposition aux pesticides

Sources de données

Afin d'approcher l'exposition aux pesticides dans l'air extérieur, les données de l'entreprise associative Solagro[15] qui met à disposition, sur demande explicite, les surfaces agricoles utilisées par commune en hectares (ha) et les indices de fréquences de traitements ont été retenues. La surface agricole utile (SAU) pour l'ensemble des cultures est la somme des surfaces du recensement parcellaire graphique 2020 sur la commune, complétée avec les surfaces de vigne du casier viticole informatisé 2020 et du recensement agricole 2010 sur la zone géographique de l'AOP Champagne. Le registre parcellaire graphique référence les parcelles déclarées par les exploitants agricoles pour obtenir des aides de la politique agricole commune.

L'indice de fréquence de traitement phytosanitaire (IFT[16]) est une estimation du niveau d'utilisation des produits phytosanitaires sur les surfaces agricoles pour chaque commune française sur la base de l'assolement de la commune, du type de pratique (conventionnelle ou bio) et des IFT régionaux de référence issus de données statistiques ou locales (ex : enquêtes pratiques culturales en agriculture). L'IFT présente l'avantage d'agréger des substances très différentes et ainsi de mesurer une pression pesticide globale. Il s'agit d'un indicateur de pression permettant d'évaluer le degré de dépendance des pratiques agricoles à l'utilisation de pesticides. Cet indicateur n'a encore jamais été mobilisé dans une étude épidémiologique menée à Santé publique France.

Construction de l'indicateur

La SAU est la somme des surfaces agricoles utilisées en hectares toutes cultures confondues par commune en 2020 rapportée à la surface totale des communes (référentiel 2021). Il s'agit d'un indicateur proxy d'une exposition aux cultures agricoles pouvant être traitées par des produits phytopharmaceutiques.

L'IFT est calculé à partir de la SAU de la commune des années 2020 et à partir d'IFT de référence. Il correspond au nombre de doses de référence par hectare appliquées sur une unité spatiale pendant une période donnée. Dans le cadre de cette étude, il s'agit de l'IFT total moyen sur la commune correspondant à la somme des IFT herbicide, fongicide, insecticide, traitement de semence et biocontrôle.

Les deux indicateurs sont pris en compte dans les modèles.

Limites de l'indicateur

La SAU est un indicateur macro, proxy de l'activité agricole toutes cultures confondues. Par ailleurs, les données sont localisées sur la commune où se situe le lieu principal de production de chaque exploitation. Or, en moyenne les deux tiers des surfaces agricoles sont cultivées sur la commune siège et un tiers en dehors de la commune avec une variation allant de 10 % à 90 %. Une exploitation peut exercer son activité sur plusieurs communes, ou plusieurs départements voire plusieurs régions (notamment les estives et parcours de grande taille ou les parcelles céréalières de grande taille). Cela peut donc avoir un impact sur l'estimation de la surface agricole réellement utilisée par commune.

L'IFT ne prend pas en compte les caractères spécifiques des produits, notamment le type d'effets toxiques associés et les niveaux d'exposition pour lesquels ils sont attendus. Ce n'est pas un indicateur direct d'évaluation des impacts sur les populations exposées. De plus, le même IFT moyen a été attribué à l'ensemble des arrondissements pour Paris, Lyon et Marseille.

[15] Ingénierie, conseil, formation en énergie et environnement - Solagro

[16] Méthodologie de calcul de l'indicateur de fréquence de traitement phytosanitaire par commune. Solagro - version mise à jour le 26 septembre 2022 ; Première évaluation sur l'usage territorialisé des pesticides en France métropolitaine. Solagro. 22 juin 2022.

Proximité à un espace vert

Sources de données
Les données de végétation proviennent d'un travail réalisé spécifiquement dans le cadre de la thèse de Lucie Adélaide, par l'IGN, à partir des zones de végétation de la BD TOPO 2009 et 2018 (36). Les zones de végétation hors vignes et vergers, en raison du potentiel de traitements phytosanitaires, de plus de 0,5 hectare ont été sélectionnées pour construire un indicateur conforme aux critères de l'OMS qui recommande que chaque personne vive à moins de 300 m d'un espace vert de plus de 0,5 ha[17]. Les données sources sont donc l'ensemble des zones situées à moins de 300 m autour d'un espace vert de plus de 0,5 ha hors vignes et vergers en France continentale.

Construction de l'indicateur
L'indicateur de proximité à un espace vert a été calculé comme la proportion (%) de zones répondant aux critères OMS (300 m autour d'un espace vert de 0,5 ha ou plus) par commune.

Limites de l'indicateur
En milieu urbain le thème végétation de la BD TOPO ne permet pas de décrire le type d'espace vert (présence d'arbre, jardin, pelouse, etc.). Or, on sait que le potentiel protecteur pour la santé de l'espace vert est variable selon s'il offre un bon niveau d'ombrage, de marchabilité, etc. Il n'est pas non plus possible de savoir si l'espace vert a un accès public ou privé notamment dans les communes périphériques ou rurales où les espaces verts identifiés peuvent être des terres agricoles.

Températures et humidité relative

Sources de données
Les données de température et d'humidité proviennent de Météo-France (portail de données publiques de Météo-France). Elles ont été extraites pour chaque station de référence du programme de surveillance air et santé (PSAS) et du système d'alerte canicule et santé (SACS) pour chaque année sur la période 2012-2022.

Construction des indicateurs
Les moyennes des températures minimales et maximales mensuelles, ainsi que les moyennes des humidités relatives maximales mensuelles, ont été obtenues à partir des données mesurées au niveau des stations de référence entre 2012 et 2022. Chaque département dispose d'au moins une station de mesure, garantissant une valeur par département. Les moyennes minimales et maximales annuelles pour la température, ainsi que les moyennes maximales pour l'humidité relative, ont été calculées à l'échelle départementale, puis assignées aux communes du département.

Limites des indicateurs
Les données sources étant disponibles à l'échelle des départements, les variabilités infradépartementales ne sont pas mesurées par l'indicateur. De même, ne s'agissant pas de données modélisées, la topographie n'est pas prise en compte.

Précarité énergétique

Sources de données
La précarité énergétique est utilisée en tant que proxy des polluants dans l'air intérieur et des températures des logements. Les données proviennent de l'outil Géodip (Géolocaliser et Diagnostiquer la Précarité énergétique), mis à disposition par l'Observatoire National de la Précarité Energétique (ONPE). Géodip permet d'illustrer la répartition géographique de la précarité énergétique, les caractéristiques socio-économiques des ménages (nombre de ménages sous le seuil de pauvreté, ceux éligibles au dispositif MaPrimeRénov' et à l'aide Habiter Mieux sérénité de l'Agence nationale de l'habitat (ANAH)), les principaux indicateurs concernant leur habitat et leur mobilité à l'échelle de la commune en France (dépenses associées au logement (chauffage,

[17] OMS, Espaces verts urbains : un guide pour passer à l'action, 2017.

production d'eau chaude sanitaire, etc.) ainsi que les achats de carburant pour les déplacements en voiture)[18]. Ces indicateurs sont définis par le croisement de plusieurs bases de données à la maille du ménage, permettant d'estimer la facture énergétique des ménages et de la comparer aux revenus disponibles. Les données utilisées comprennent[19] :

- les fichiers Détail logement et Individu de l'exploitation principale du Recensement de la population produits par l'Insee ;
- le fichier démographique sur les logements et les individus produit par l'Insee et le Ministère des Finances ;
- les fichiers détail de l'Enquête nationale logements produits par l'Insee (2013) puis le service des données et études statistiques (2020) des ministères chargés de l'environnement, de l'énergie, de la construction, du logement et des transports ;
- les résultats de l'Enquête Mobilité des Personnes, produits par Ministère de l'Environnement ;
- l'étude de l'ADETEC (Bureau d'Études en Transports et Déplacements) sur le coût de la voiture (édition 2022) ;
- les données de prix des énergies et les indices de rigueur (degrés-jours unifiés) produites par le Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires ;
- des données nationales de consommations unitaires du secteur résidentiel par vecteur et par usage, mises à disposition par le Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie.

Les indicateurs sont mis à jour au fil de l'eau. Au moment de la rédaction de ce rapport, la dernière version mise en ligne date de juin 2024.

Construction de l'indicateur
Les données de Géodip fournissent directement, à l'échelle de la commune, la part des ménages en situation de précarité énergétique logement c'est-à-dire des ménages qui se trouvent sous le 3e décile de revenu et dont les dépenses énergétiques pour le logement (chauffage, eau chaude, électricité) sont supérieures à 8 % des revenus totaux.

Limites de l'indicateur
S'agissant d'un proxy, cet indicateur ne permet de prendre en compte ni la qualité du logement (vétusté, délabrement, moisissure, isolation, etc.), ni la performance du système de chauffage et de ventilation qui sont pourtant des paramètres importants pour l'évaluation des expositions des personnes aux conditions climatiques et à la pollution de l'air intérieur.

Grandes zones climatiques

Sources de données
Les zones climatiques sont définies à partir des valeurs moyennes de paramètres météorologiques (température, pluviométrie, vent, ensoleillement, etc.) issues des stations de mesure de Météo France depuis 30 ans (1971-2000). Le CNRS et Météo France ont développé une méthode originale dite d'interpolation locale qui permet de reconstituer les champs spatiaux continus des variables en question et de les exprimer sous forme de couches d'information gérables par SIG. Ces données sont ensuite soumises à un traitement associant analyse factorielle des correspondances et classification hiérarchique ascendante pour obtenir une typologie de climats identifiés et cartographiés sur la France hexagonale.

Huit types de zones climatiques ont ainsi été définis : le climat de montagne (type 1), le climat semi-continental et le climat des marges montagnardes (type 2), le climat océanique dégradé des plaines du Centre et du Nord (type 3), le climat océanique altéré (type 4), le climat océanique franc (type 5), le climat méditerranéen altéré (type 6), le climat du Bassin du Sud-Ouest (type 7) et le climat méditerranéen franc (type 8) (37).

[18] Géodip : un outil pour cartographier la précarité énergétique - Rappel (precarite-energie.org)
[19] Géodip, plateforme de visualisation des données de l'observatoire national de la précarité énergétique

Construction de l'indicateur
Pour chaque commune de la France hexagonale, un type de climat est attribué pour l'ensemble de la période d'étude.

Limites de l'indicateur
Cet indicateur n'est pas disponible pour la Corse. Elle a été exclue du champ spatial de l'étude car son éloignement au continent ne permettait pas certains traitements des données, le krigeage notamment.

Exposition aux pollens

Sources de données
Les données proviennent du Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA). Ce réseau a pour principal objectif d'étudier la composition de l'air en pollens et moisissures, ainsi que de collecter des données cliniques associées[20]. Le RNSA estime le risque d'exposition aux allergènes polliniques (RAEP) selon plusieurs critères (38) :

- le type de pollen concerné, chaque espèce n'ayant pas le même pouvoir allergisant ;
- la localisation géographique, une même espèce n'a pas le même impact sanitaire selon la zone géographique où elle est présente ;
- la quantité de pollen enregistrée.

Le RAEP est ensuite pondéré en fonction des données cliniques (obtenues grâce à un réseau de médecins sentinelles), des données phénologiques (données recueillies auprès de partenaires botanistes) et des prévisions météorologiques.

Cet index pollinique est constitué en 4 classes (39) : nul (classe 0), faible (classe 1), moyen (classe 2), élevé (classe 3).

Construction de l'indicateur
L'indicateur d'exposition correspond au nombre de jours par an où le RAEP, ciblé sur les 18 espèces allergisantes majeures, atteint un niveau élevé. Les données initiales sont disponibles à l'échelle départementale (sauf pour la Corse qui ne dispose que d'une valeur pour les deux départements). Le RAEP du département est ensuite imputé à l'ensemble des communes qui le composent.

Limites de l'indicateur
Il n'existe pas de données à l'échelle de toutes les communes hexagonales. Les données sont soit à l'échelle départementale, soit à l'échelle des stations de mesures situées dans certaines grandes villes. Par conséquent, il est probable qu'il y ait de fortes variations infradépartementales dont l'indicateur ne fait pas état.

Facteurs obstétriques et périnataux

Source de données et construction des indicateurs
Âge de la mère à l'accouchement :

Les données concernant l'âge des mères au moment de l'accouchement, sont disponibles dans les données hospitalières du SNDS (PMSI). L'âge moyen des mères au moment de l'accouchement avec au moins une naissance vivante, a été utilisé comme indicateur au niveau communal. Pour les communes qui ont fusionné avant 2021, le calcul de l'âge moyen est pondéré par le nombre d'accouchements.

Naissances par césarienne :

Les données de naissances par césarienne sont issues du PMSI. Les indicateurs du taux de naissance par césarienne sont calculés en rapportant le nombre de césariennes par commune au nombre d'accouchements la même année par commune.

[20] Réseau national de surveillance aerobiologique — RNSA (pollens.fr)

Prématurité et PAG (en tant que facteurs de risque de l'asthme de l'enfant) :

Construction des indicateurs précisée dans le paragraphe 3.6.3.

Limites des indicateurs
Les données du PMSI sont dépendantes de la qualité de l'information médicale fournie par les cliniciens, du respect des règles de codage, de la formation et des contrôles réalisés par les médecins responsables de l'information médicale. Un manque d'exhaustivité dans le recueil des informations médicales est ainsi possible et les données peuvent refléter des variations des pratiques de prise en charge mais aussi des variations du mode et de la fréquence de codage.

Infections virales

Source de données et construction de l'indicateur
Les données des passages aux urgences pour infection respiratoire aiguë (diagnostic principal ou associé) proviennent du dispositif Oscour®. La part d'activité des urgences pour infection respiratoire aiguë par commune est calculée grâce au rapport du nombre de passages aux urgences pour IRA sur le nombre de passages toutes causes codées, dans la commune chez les enfants de moins de 18 ans.

Limites de l'indicateur
Cet indicateur ne reflète qu'une partie des infections virales. En effet, il s'agit ici des IRA traitées aux urgences et donc potentiellement sévères. Les IRA vues en consultation avec le médecin généraliste ne sont pas identifiées. De plus, s'agissant de données du PMSI, les mêmes limites que celles identifiées pour les indicateurs obstétriques et périnataux sont valables.

Le Tableau 1 synthétise la méthode de construction des différents indicateurs construits, dont certains sont spécifiques à l'analyse de l'asthme de l'enfant.

Tableau 1. Facteurs de risque environnementaux pris en compte selon les indicateurs sanitaires étudiés

Facteurs de risque environnementaux	Indicateurs géographiques d'exposition	Unité	Sources de données	Années disponibles	Échelle géographique source	Indicateurs calculés à la commune	Indicateurs sanitaires
Pollution atmosphérique	Concentration de NO_2	µg/m³	Cartothèque de l'Ineris (émissions atmosphériques)	2012-2022	Commune	Moyennes annuelles des concentrations modélisées à partir de Chimère des communes (moyenne des concentrations dans les mailles, pondérées par les populations 2015 de ces mailles)	tous
	Concentration d'O_3	µg/m³					tous
	Concentration de $PM_{2,5}$	µg/m³					tous
	Concentration de PM_{10}	µg/m³					asthme de l'enfant
Trafic routier	Proximité des tracés des routes majeures	km²/km²	IGN, Route500 (Ineris)	2021	Commune	Surface occupée par les routes majeures (km²)/surface totale de la commune (km²)	tous
Exposition aux pesticides	SAU (Surfaces agricoles utiles)	Ratio surfacique	Adonis, Solagro	2020	Commune	Somme des SAU communales (Km²)/surface totale de la commune (Km²)	asthme de l'enfant, prématurité, PAG
	IFT (Indice de fréquence de traitements)		Adonis, Solagro	2020	Commune	IFT total moyen sur la commune (herbicide, insecticide, fongicide, traitement de semence, autre, biocontrôle)	
Distance à un espace vert	Proximité à un espace vert	Ratio surfacique	BDTOPO	2018	Commune	Surface située à moins de 300 m d'un espace vert >0,5 ha (km²)/Surface totale de la commune (km²)	prématurité, PAG
Facteurs climatiques	Températures annuelles	°C	Météo-France	2012-2022	Département	Moyennes annuelles des températures min, max, moyennes par département affectées aux communes du département	asthme de l'enfant, prématurité, PAG
	Taux d'humidité	%	Météo-France	2012-2022	Département	Moyennes annuelles départementales du taux d'humidité relative affectées aux communes du département	asthme de l'enfant

Facteurs de risque environnementaux	Indicateurs géographiques d'exposition	Unité	Sources de données	Années disponibles	Échelle géographique source	Indicateurs calculés à la commune	Indicateurs sanitaires
	Précarité énergétique		Geodip ONPE	2024	Commune	Part des ménages sous le 3e décile de revenu, dépenses énergétiques pour le logement > à 8 % des revenus totaux à la commune	asthme de l'enfant
	Grandes zones climatiques		Météo-France/ CNRS[21]		Zone	Type de zone climatique affecté aux communes de la zone	asthme de l'enfant
Pollens	Allergènes en extérieur	Nombre de jours/an	RAEP, RNSA	2012-2022	Département	Nombre de jours par année avec un RAEP élevé (classe 3) > ciblé sur les 18 espèces les plus allergisantes affectées aux communes du département	asthme de l'enfant
Facteurs obstétriques et périnataux	Âge de la mère à l'accouchement	Années	SNDS - PMSI	2013-2022	Commune	Âge moyen de la mère à l'accouchement par commune	asthme de l'enfant
	Naissances par césarienne	%			Commune	Taux de naissances par césarienne par commune	asthme de l'enfant
	Prématurité	%			Commune	Proportion de prématurés selon le nombre de semaines d'aménorrhées par commune	asthme de l'enfant
	PAG	%			Commune	Proportion d'enfants présentant un poids de naissance inférieur au 10e percentile par commune	asthme de l'enfant
Infections virales	Passages aux urgences pour infection respiratoire aiguë (IRA)	%	Sursaud/Oscour	2015-2022	Commune	Part d'activité pour IRA aux urgences par commune	asthme de l'enfant

[21] Source : Daniel Joly, Thierry Brossard, Hervé Cardot, Jean Cavailhes, Mohamed Hilal et Pierre Wavresky, « Les types de climats en France, une construction spatiale », Cybergeo : European Journal of Geography [En ligne], Cartographie, Imagerie, SIG, document 501, mis en ligne le 18 juin 2010, consulté le 12 février 2020. URL : http://journals.openedition.org/cybergeo/23155 ; DOI : 10.4000/cybergeo.23155

3.7.2 Facteurs de confusion communs à l'ensemble des indicateurs sanitaires étudiés

Certains facteurs de confusion ont été pris en compte dans le modèle. En effet, il existe des facteurs qui sont liés à la fois à la fréquence des pathologies étudiées et à la pression industrielle, et qui peuvent alors influencer les résultats des analyses.

Ainsi, à partir de ce qui a été étudié dans la littérature, les facteurs de confusion suivants ont été identifiés et pris en compte à une échelle communale :

- l'indice de désavantage social (FDep) de 2015 : indice communal construit à partir des données du recensement de l'Insee, qui prend en compte 4 variables : le revenu médian par unité de consommation dans le ménage, le pourcentage de bacheliers dans la population de plus de 15 ans, le pourcentage d'ouvriers dans la population active et le taux de chômage (40) ;
- l'indicateur d'accessibilité potentielle localisée (APL) aux médecins généralistes de 2019. C'est un indicateur créé par la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Drees) et l'Institut de recherche et de documentation en économie de la santé (Irdes) qui mesure, à l'échelle communale, l'adéquation spatiale entre l'offre et la demande de soins de premier recours, ici pour les médecins généralistes ;
- l'indicateur de densité communale de l'Insee (41) de 2019 ;
- un proxy de l'exposition au tabagisme (et du tabagisme passif pour les enfants) : à partir des taux de mortalité standardisés (SMR) par cancer pulmonaire et des voies aéro-digestives supérieures (VADS) (CIM-10 : C32-C34 ; C00-C14) extraites entre 2013 et 2021.

3.8 Analyses statistiques

Une description de chacun des indicateurs sanitaires a été réalisée dans la zone d'étude. Une étude de corrélation géographique a ensuite été menée pour estimer l'association entre un risque sanitaire défini par les 6 indicateurs de santé priorisés et le fait de résider autour d'un bassin industriel en prenant en compte les différents facteurs de risque et de confusion.

L'ensemble des analyses descriptives et multivariées ont été réalisées avec le logiciel R.

3.8.1 Modèles d'analyses multivariées

L'association entre l'incidence de chacune des pathologies étudiées et l'exposition aux bassins industriels à l'échelle de la commune a été estimée par un modèle de régression de Poisson prenant en compte une éventuelle surdispersion. Un modèle bayésien hiérarchique a été utilisé.

Les modèles incluent, pour chaque indicateur sanitaire étudié :

- un score communal de pression industrielle et l'indicateur zone bassin (oui/non) ou un indicateur de proximité à une industrie ;
- l'année, le sexe et l'âge (en classes) ;
- les facteurs de confusion (l'indicateur de densité communale, le FDep, l'indicateur d'APL) ;
- les autres facteurs de risque spécifiques à chacun des indicateurs sanitaires étudiés.

Les différentes variables explicatives (FDep, indicateurs de pollution de l'air, APL…) sont introduites dans le modèle en non linéaire. L'analyse des graphiques des effets partiels (effet

partiel de chaque variable sur la variable de santé) a ainsi permis de définir une relation soit linéaire, soit non linéaire pour chaque variable. Par ailleurs, certaines variables explicatives étant très corrélées, des réflexions ont été menées pour sélectionner les variables pertinentes à garder dans les modèles finaux en fonction de la qualité des indicateurs et des hypothèses issues de la littérature, avec l'objectif de minimiser les corrélations entre les variables incluses dans le modèle.

La population de chaque commune, par classe d'âge, sexe et année était introduite dans le modèle en tant que « offset ».

Des effets aléatoires (spatialement structurés et non structurés) étaient inclus pour prendre en compte l'éventuelle surdispersion et étaient modélisés à l'aide d'un modèle de Besag, York and Mollié (42) ou du modèle BYM2 proposé par Riebler *et al*. (43). Les communes partageant une frontière ont été considérées comme voisines. Le modèle final a été sélectionné à partir du critère d'information de déviance DIC (*Deviance Information Criteria*). Pour calculer les distributions *a posteriori* des paramètres d'intérêt, l'approche « *Integrated Nested Laplace Approximation* » (INLA) a été utilisée.

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R et les packages *INLA* (44), *CARBayes* (45) et *mgcv (46)*.

Les résultats sont exprimés en risques relatifs (RR) pour chaque indicateur sanitaire pour une augmentation du score de pression industrielle du P10 au P75 ou du P10 au P90 par exemple, lorsque le score est étudié en continu. S'il est en classes, le RR lié à une classe est calculé par rapport à une classe de référence.

Les modèles de régression décrits ci-dessus, sans ajustement sur les facteurs de confusion ou environnementaux, ont aussi été utilisés pour décrire la distribution spatiale des différents indicateurs sanitaires étudiés. Les RR spatiaux et leur probabilité d'être supérieurs à 1, pour chaque indicateur sanitaire, sont présentés dans le paragraphe 4.1 pour les analyses descriptives.

3.8.2 Scénarios d'études

Les différents indicateurs de pression industrielle ont été pris en compte pour estimer leur association avec les indicateurs sanitaires, à l'échelle de la commune, en prenant en compte d'autres facteurs de risques environnementaux et des facteurs de confusion.

Deux scénarios (Figure 4) et hypothèses d'études, ont été définis et sont présentés ci-après successivement.

Dans le scénario 1, sont considérés :

- d'une part, une variable permettant de considérer le statut exposé ou non d'une commune à un bassin ;
- d'autre part, d'un score de pression industrielle construit à l'échelle communale à partir d'une liste de polluants rejetés et déclarés dans la BD REP ou dans l'INS.

Une variante de ce scénario (scénario 1b) a également été testée pour essayer de prendre en compte, dans les bassins industriels, non plus des scores de pression industrielle à une échelle communale mais plutôt à l'échelle des bassins (6). Il est présenté en Annexe 13.

Dans le scénario 2, seule une variable de proximité a été utilisée pour caractériser la pression industrielle. Cette variable en 4 classes, décrites dans le paragraphe 3.5.2., permet de hiérarchiser l'exposition de chacune des communes à des sources industrielles.

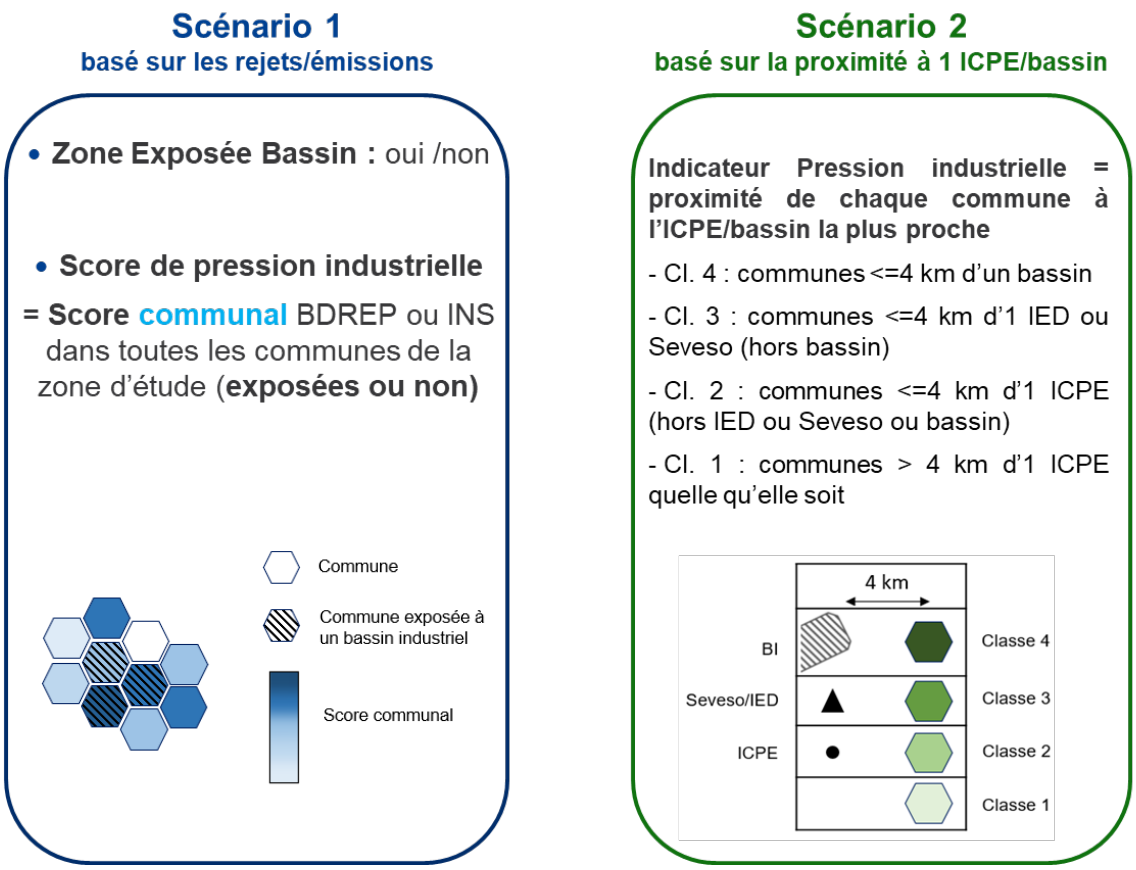


Figure 4. Scénarios d'études pour la prise en compte des indicateurs de pression industrielle

3.8.3 Périodes d'exposition prises en compte suivant les indicateurs sanitaires

Cette étude vise à caractériser l'état de santé des populations à des expositions environnementales faibles et répétées. Les mécanismes toxiques mis en jeu pour les indicateurs étudiés pour les adultes font apparaître la notion d'un temps (dit temps de latence) entre l'exposition et la survenue de la pathologie. Par exemple, pour l'asthme chez l'adulte, le temps de latence entre la première exposition à un agent sensibilisant et l'apparition des symptômes respiratoires de la maladie asthmatique varie de plusieurs semaines à plusieurs années (47). Pour les cancers (pris en compte dans la mortalité toutes causes hors morts violentes), un temps de latence de 10 ans peut être considéré entre l'exposition et le diagnostic de cancer d'après le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) (48).

Le Tableau 2 détaille les années d'étude prises en compte selon les indicateurs sanitaires.

Pour l'asthme chez l'enfant et les indicateurs de périnatalité, les données sanitaires et environnementales étudiées ont été considérés avec la même temporalité, sous l'hypothèse d'un très faible temps de latence (moins d'un an) entre l'exposition (durant l'enfance ou in utero) et l'indicateur sanitaire. Ainsi, il est étudié l'association entre une exposition environnementale pour l'année n et l'indicateur de santé de cette même année n.

Chez les adultes, et selon les données disponibles, un temps de latence est pris en compte entre l'exposition environnementale (industrielle ou non) et l'indicateur de santé. Ainsi, pour la morbidité respiratoire chronique chez les personnes de 18 ans ou plus, il est étudié l'association entre une exposition environnementale moyenne entre 2008 et 2012 (année centrale à 2010) et l'indicateur de santé annuel de 2016 à 2022 (année centrale à 2019) ; cela revient donc à considérer un temps de latence moyen de 9 ans.

Pour la mortalité toutes causes hors morts violentes, il est étudié une association entre une exposition environnementale moyenne entre 2008 et 2012 (année centrale à 2010) et les décès annuels survenus entre 2013 et 2021 (année centrale à 2017) ; soit un temps de latence moyen de sept ans.

Pour les indicateurs environnementaux disponibles pour une seule année, les données ont été attribuées à l'ensemble de la période d'étude sans donc possibilité de tenir compte d'un éventuel temps de latence.

Tableau 2. Périodes d'exposition environnementale prises en compte selon les indicateurs sanitaires étudiés

Données sanitaires étudiées (années disponibles)	Asthme de l'enfant (2015-2019)	Morbidité respiratoire chronique de l'adulte (2016-2022)	Périnatalité : prématurité et PAG (2013-2022)	Mortalité toutes causes hors morts violentes (2013-2021)
Données disponibles annuellement				
Score BDREP	2015-2019	2008-2012	2013-2022	2008-2012
Émissions atmosphériques	2015-2019	2008-2012	2013-2022	2008-2012
Températures	2015-2019[22]	-	2013-2022	-
Humidité	2015-2019[23]	-	-	-
Pollens	2015-2019	-	-	-
Facteurs obstétriques*	2015-2019	-	-	-
IRA	2015-2022	-	-	-
Données disponibles pour une seule année**				
Score INS industriel	2012	2012	2012	2012
Proximité à 1 ICPE ou bassin (base ICPE 2016)	2016	2016	2016	2016
Trafic routier	2021	2021	2021	2021
Pesticides (SAU et IFT)	2020	-	2020	-
Proximité à un espace vert	-	-	2018	-
Précarité énergétique	2024	-	-	-

**Âge de la mère à l'accouchement, taux de naissances par césarienne, de prématurité, de PAG*
***Les données sont attribuées à l'ensemble de la période d'étude de l'indicateur sanitaire étudié*

[22] Données au département (source : Météo-France)
[23] Données au département (source : Météo-France)

3.8.4 Analyses de sensibilité

Plusieurs analyses de sensibilité ont été réalisées.

3.8.4.1 Modification de la liste des polluants considérés

Une première analyse de sensibilité a consisté à ajouter 3 ou 4 polluants à la liste des polluants inclus dans les indicateurs de pression industrielle construits à partir de la BDREP et de l'INS en y ajoutant les PM_{10}, les poussières, dioxines et le benzène (ce dernier est disponible dans BDREP mais pas dans l'INS). Seul le scénario 1 est alors concerné.

3.8.4.2 Modification du rayon de définition de la zone exposée

Cette seconde analyse a consisté à modifier la zone exposée en considérant une distance de 2 km autour d'une ICPE ou d'un bassin à la place de 4 km dans le scénario 2.

3.8.4.3 Prise en compte des potentielles émissions industrielles des pays frontaliers

Dans les scénarios testés, il aurait été intéressant de pouvoir tenir compte des ICPE et bassins industriels présents dans les 4 km des villes frontalières. Néanmoins, il se pose le problème de pouvoir disposer des informations des villes frontalières. Pour cela, la base E-PRTR (Registre européen des rejets et des transferts de polluants) de février 2020[24] a été consultée et il s'avère qu'elle ne dispose pas du même niveau d'information que la base française ICPE. En effet, les données de la base E-PRTR ne rassemblent pas forcément l'entièreté des installations industrielles d'un pays, ce n'est pas son objectif. Considérant l'ensemble des éléments disponibles, les données de la base E-PRTR ont été exploitées mais en tant qu'analyse de sensibilité du scénario 2.

Ainsi, les communes qui, *a priori,* étaient non exposées (indicateur =0) avec les seules données de France, pouvaient être exposées à une ICPE (indicateur=1), si une installation industrielle dans un pays frontalier était située à moins de 4 km du centroïde ou du chef-lieu de cette commune.

[24] Données extraites via le site ; https://industry.eea.europa.eu/

4. RÉSULTATS

4.1 Analyses descriptives

Les travaux d'identification des hotspots des grands bassins ont été menés à partir de la base de données ICPE 2016 (5). Dans la suite du rapport, ce sont les données de l'année 2016 qui ont été majoritairement présentées à titre illustratif.

Focus sur la caractérisation des grands bassins industriels considérés dans l'étude

Pour l'année 2016, la France comptait 33 455 ICPE **de type industrie** (dont 3 460 IED et 1 257 Seveso).

Dans les polygones définissant les contours des grands bassins industriels suivant le bâti industriel, 2 541 ICPE avait été répertoriées (ce qui correspondait à 8 % des industries en France) dont 536 IED (soit 15 % des IED françaises) et 370 Seveso (soit 29 % des Seveso françaises).

L'étude proposée est à une échelle communale et il a été nécessaire de considérer l'information des bassins, disponible non plus à l'échelle des polygones des bassins (formés à partir des ICPE et du bâti industriel d'un bassin) mais à l'échelle des communes qui sont intersectées par les polygones.

La surface tenant compte des communes intersectées est 5 fois plus importante que celle des polygones seuls.

La prise en compte des autres ICPE présentes (en dehors du polygone) dans les communes intersectées par le polygone a ajouté globalement 34 % de plus d'ICPE. Au final, ce sont 3 399 ICPE qui sont considérées dans l'ensemble des communes des zones sources des bassins, représentant 10 % des ICPE françaises. Il s'agit de 590 industries de type IED (soit 17 % des IED du territoire) et de 390 Seveso (soit 31 % de Seveso françaises).

En termes d'activités, considérant les 858 ICPE supplémentaires prises en compte, la distribution des activités reste identique à celle des ICPE situées dans les polygones des grands bassins hotspots à savoir que les quatre premières activités sont les activités autour du tri et de la gestion des déchets, le transport, le commerce et les industries chimiques.

Focus sur l'outre-mer et sur le bassin de Kourou

Selon la définition retenue pour identifier les grands bassins industriels en France, il s'avère qu'un seul des bassins se trouve en Outre-mer, il s'agit du bassin de Kourou.
Pour ce bassin, plusieurs questions sont apparues concernant la considération des données dans l'étude et notamment :

- des problèmes d'indisponibilité de certains facteurs environnementaux (pollution atmosphérique, données Météo-France sur les températures et les taux d'humidité, pas de données de l'INS) ou de facteurs d'ajustement, tel que l'indice de défaveur social.
- des différences de conditions de vie, d'habitat et d'accès aux soins entre l'Outre-Mer et la France Hexagonale.

Ces éléments nous ont interrogés aussi sur l'inclusion des territoires d'outre-mer dans les zones non exposées.

Par ailleurs, concernant le bassin de Kourou, il s'avère que la superficie du territoire communal est tout à fait exceptionnelle (plus de 3 000 km^2) avec des populations vivant sur une frange étroite de ce territoire, ce qui en fait un bassin complètement à part et géographiquement différent des autres bassins industriels. Au final, il a été décidé de considérer distinctement le bassin de Kourou des autres bassins se situant en France hexagonale.

De ce fait, dans les délais contraints par l'appel à projets, l'étude BIS s'est focalisée sur les 41 grands bassins industriels situés en France Hexagonale, Corse comprise. Néanmoins, dans les perspectives du projet général de surveillance épidémiologique autour des bassins industriels conduit par Santé publique France, l'ensemble du territoire français, Outre-Mer compris, sera considéré.

4.1.1 Description de la population d'étude et de la zone d'étude

La zone d'étude est constituée des 34 878 communes de la France hexagonale, Corse comprise. Il est à noter que pour Paris, Lyon et Marseille, chaque arrondissement a été considéré comme une commune.

La zone exposée aux bassins industriels est constituée de 765 communes autour des 41 bassins industriels, pour une population de plus de 12 millions de personnes en 2016, dont près de 2,6 millions d'enfants.

La zone non exposée aux bassins industriels est constituée des 34 113 communes situées à plus de 4 km des bassins industriels.

La description de la population d'étude est présentée dans le Tableau 3. En 2016, le ratio hommes/femmes était de 0,90 dans la zone exposée et dans la zone non exposée. Chez les enfants, il était de 1,04 dans les 2 zones.

Tableau 3. Description de la population d'étude selon le sexe, par zone exposée ou non exposée, recensement Insee de 2016

	Zone exposée	Zone non exposée	Total
Nombre de communes	765	34 113	34 878
Population ≥18 ans (%)	9 571 777 (19,0)	40 837 209 (81,0)	50 408 986
dont hommes	4 523 424 (18,8)	19 496 175 (81,2)	24 019 598
dont femmes	5 048 353 (19,1)	21 341 034 (80,9)	26 389 387
Population <18 ans (%)	2 571 277 (19,3)	10 773 214 (80,7)	13 344 491
dont garçons	1 312 503 (19,2)	5 514 461 (80,8)	6 826 964
dont filles	1 258 774 (19,3)	5 258 753 (80,7)	6 517 527

Les caractéristiques de la zone d'étude sont également définies à partir des facteurs de confusion pris en compte. En termes de densité de population, les communes de la zone exposée sont majoritairement urbaines ; près de 80 % vont de la ceinture urbaine au grand centre urbain, alors que près de 90 % de la zone non exposée est rurale (Figure 5). Les indices de désavantage social FDEP de 2015 et d'accès aux soins pour un médecin généraliste APL de 2020 ne montrent pas de distribution différente entre les zones exposées et non exposées (Figure 6). Enfin la consommation de tabac estimée à partir de la mortalité par cancer des poumons ou des VADS n'est pas non plus différente selon les zones. L'ensemble des distributions des différents facteurs de confusion sont présentées en Annexe 5.

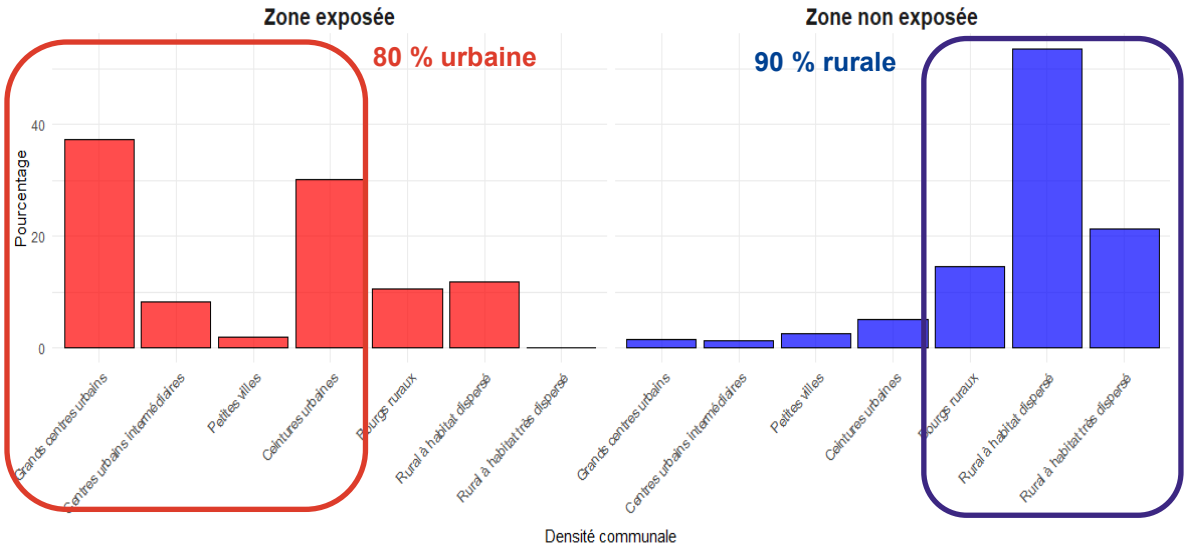


Figure 5. Distribution de la densité communale de l'Insee (2019) selon la zone d'exposition ou non aux bassins industriels

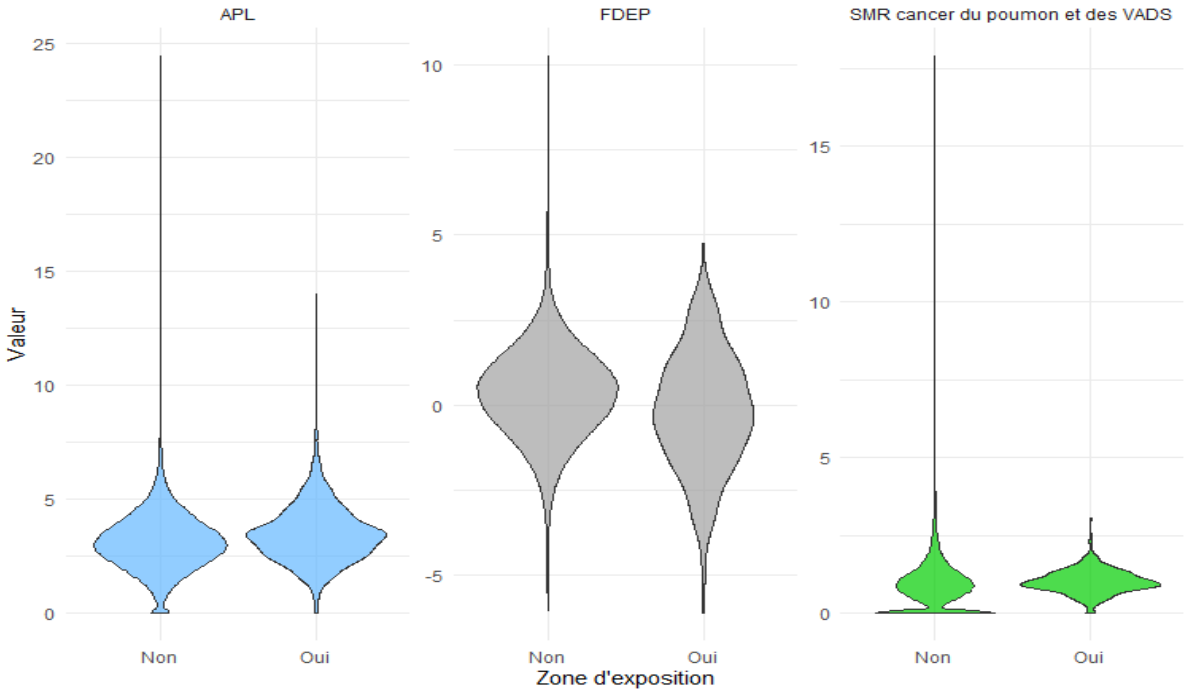


Figure 6. Distribution de l'APL, du FDEP et du proxy de l'exposition au tabagisme, selon la zone d'exposition ou non aux bassins industriels

4.1.2 Description des indicateurs de pression industrielle sur l'ensemble de la zone d'étude

Les éléments ci-dessous décrivent d'abord les résultats pour les scores construits à partir des bases de données de la BDREP et de l'INS puis les indicateurs de proximité.

4.1.2.1 Description des scores communaux BDREP et INS

Il est à noter que les scores de la BDREP sont normalisés à partir des résultats minimaux et maximaux de l'année pour chaque polluant (cf. 3.5.1) de la liste retenue. Une diminution de l'indicateur dans le temps ne signifie pas forcément une diminution des émissions mais plutôt

une baisse relative de l'émission de la commune considérée par rapport à la valeur nationale maximum pour l'année et le polluant considérés (6). Ce rapport ne présente ainsi pas de comparaison des scores de pression industrielle des différentes années (ou périodes).

Il est rappelé que, du fait de la normalisation au polluant et à l'ICPE (pour BDREP) et non à la commune, les scores communaux peuvent être supérieurs à 1 car il peut y avoir plusieurs ICPE et plusieurs polluants rejetés dans une commune.

Par la suite, dans le cadre de description et d'illustration des scores de BDREP et l'INS, il a été choisi de présenter, les éléments pour l'année 2016 comme cela est le cas dans le rapport de Santé publique France « Surveillance épidémiologique autour des grands bassins industriels : description des bassins industriels et des données disponibles pour caractériser l'exposition des populations »(5). Il s'agit par ailleurs de l'année de mise à disposition des données de la base ICPE pour le projet Bassins industriels ; ce sont les données qui ont été utilisées pour définir l'emprise des plus grands bassins français (en termes de nombre d'IED et/ou Seveso).

Concernant l'exploitation des données à partir de l'INS, une seule année est disponible (2012) et les scores communaux sont normalisés à la commune. Les scores communaux peuvent possiblement être supérieurs à 1 si plusieurs polluants sont déclarés dans une commune.

a) Distribution des scores communaux BDREP

Pour l'année 2016, pour la France hexagonale, le score communal BDREP calculé est caractérisé par une forte proportion de valeurs égales à 0 (67 %) (Tableau 4). Cette valeur correspond au nombre de communes sans ICPE et aux quelques communes pour lesquelles des ICPE ont déclaré des rejets à 0. Les communes avec des scores positifs sont de l'ordre de 6 %. Les communes pour lesquelles il y a une ICPE mais aucune valeur déclarée dans BDREP pour au moins l'un des polluants de l'indicateur de pression industrielle constituent 27 % du total. Pour ce dernier groupe, cela peut relever d'une absence de déclaration dans la base car en dessous du seuil de notification Irep (et donc sans caractère obligatoire) ou d'une absence de rejets pour la liste des polluants retenus.

Pour les communes de la zone non exposée, 68 % présentent des scores BDREP nuls, 26 % aucune déclaration alors qu'elles hébergent au moins une ICPE et 6 % des scores positifs.

En revanche, pour les communes des zones exposées, il y a une plus faible proportion de valeurs égales à 0 (27 %) ; le pourcentage de communes avec une valeur positive monte à 34 % et celui des communes avec ICPE mais sans déclaration est plus élevé (39 %).

Pour les autres années, la description des scores communaux BDREP Figure en Annexe 6.

Tableau 4. Données disponibles des scores communaux BDREP (année 2016)

	Communes avec score >0 (%)	Communes avec score = 0* (%)	Communes sans déclarations BDREP** (%)
France hexagonale (n=34 878 communes)	2 122 (6,1)	23 453 (67,2)	9 303 (26,7)
Zone exposée (n=765 communes)	261 (34,1)	208 (27,2)	296 (38,7)
Zone non exposée (n=34 113 communes)	1 861 (5,5)	23 245 (68,1)	9 007 (26,4)

**communes sans ICPE ou avec ICPE déclarant 0*
***communes avec au moins une ICPE mais sans donnée déclarée*

Les indicateurs de pression industrielle agrégés sur 5 ans sont utilisés dans le cadre du croisement de données pour l'étude de certains des indicateurs sanitaires (mortalité toute cause et morbidité respiratoire chez l'adulte). Concernant les communes avec ICPE mais sans donnée déclarée, le taux est un peu plus bas car l'analyse est réalisée sur cinq ans, et il peut alors y avoir des années où l'exploitant d'une ICPE a déclaré des rejets et d'autres années non (Annexe 6).

En termes de description globale, les valeurs des scores communaux annuels à partir de BDREP sont très asymétriques, avec la grande majorité des données sous la moyenne.

L'Ineris, dans sa note méthodologique, précise que « Parmi les communes avec une valeur non nulle (environ 6 %), une grande majorité de communes ont un indicateur pour la somme des polluants de la liste 1 compris entre 0 et 0,04 et un pourcentage faible de communes (1,2 %) a un indicateur avec des valeurs comprises entre 0,04 et 5,8" (6) ».

Au niveau du Tableau 5, on observe une médiane de 0 dans les différentes zones, sauf dans la zone exposée, où la médiane est égale à $5{,}6.10^{-4}$. La valeur maximale est plus élevée dans la zone exposée. Les valeurs des indicateurs annuels s'étendent de 0 à 5,84. Le score communal non nul le plus faible est de 7.10^{-12}. On observe des scores plus élevés dans la zone exposée aux grands bassins industriels que dans la zone non exposée.

Tableau 5. Distribution du score communal BDREP (2016)

	Min	P25	Médiane	Moyenne	P75	P90	Max	NA
France hexagonale (n=34 878 communes)	0	0	0	$3{,}8.10^{-3}$	0	0	5,84	9 303 (27 %)
Zone exposée (n=765 communes)	0	0	$5{,}6.10^{-4}$	0,09	0,02	0,15	5,84	296 (39 %)
Zone non exposée (n=34 113 communes)	0	0	0	$2{,}2.10^{-3}$	0	0	1,52	9 007 (26 %)

À titre d'illustration pour l'année 2016, sur les 10 communes présentant les scores les plus élevés ; 7 sont situées dans un bassin, trois ne le sont pas (Annexe 6).

La distribution du score agrégé sur 5 ans est similaire à celui annuel (Annexe 6) avec une valeur maximale plus élevée dans une commune de la zone exposée ce qui est cohérent avec la méthode.

En s'intéressant à la contribution de chaque polluant au score communal BDREP de 2016, il apparaît que l'indicateur individuel pour les COVNM contribue fortement à l'indicateur final (>90%) pour un grand nombre de communes (>500). Le NO_2 apparaît aussi comme un polluant contribuant de manière importante au score, même si on observe aussi un grand nombre de communes où cette contribution est très faible (<5%). Pour les autres polluants, la contribution est asymétrique (As, Cd, Pb, Hg, Ni, SO_2) : quelques communes possèdent une contribution élevée mais la contribution est moindre pour la majorité des communes (Figure 7).

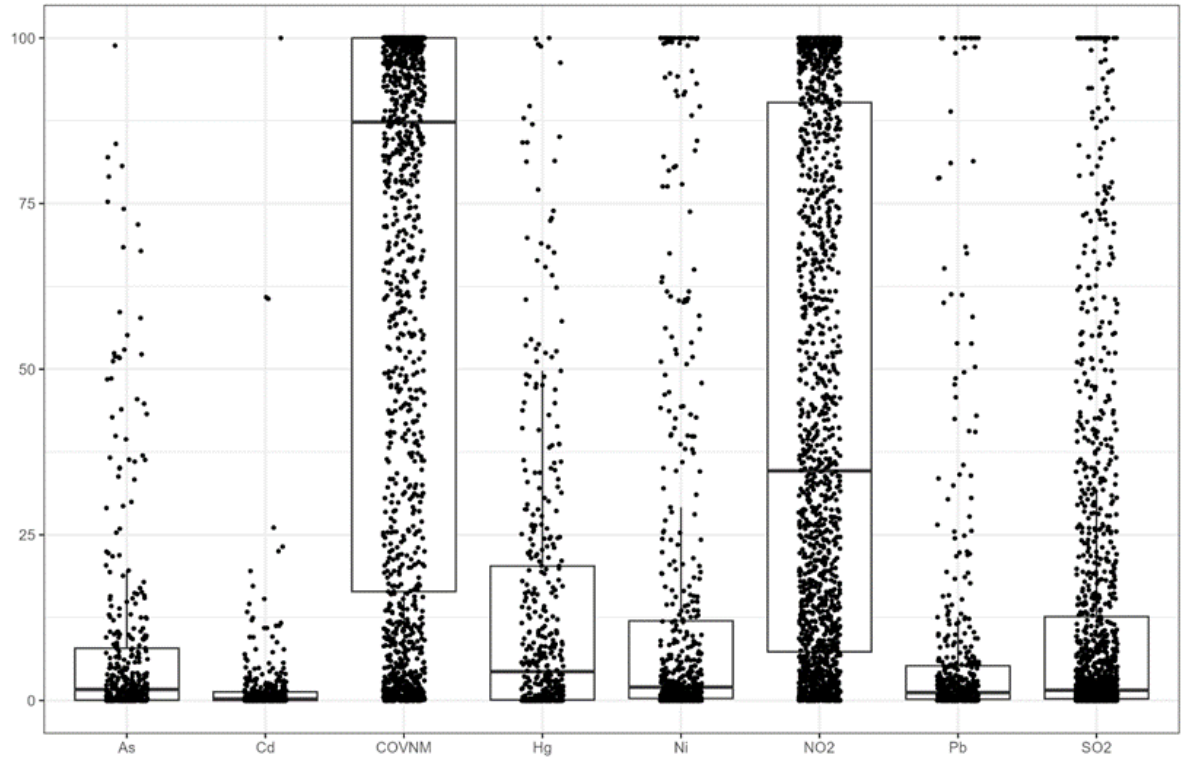


Figure 7. Contribution (en %) de chaque polluant au score communal BDREP en 2016 (Source : Ineris (6))

b) Distribution des scores communaux INS

Les scores construits à partir de l'INS (émissions industrielles) ont permis d'obtenir un score pour toutes les communes de France hexagonale. Aucune valeur nulle ou manquante n'est alors observée.

Il existe une différence entre les médianes et moyennes des communes non exposées aux bassins industriels et les communes exposées à un bassin industriel. En revanche les valeurs maximales sont similaires (Tableau 6 et Figure 8).

Tableau 6. Distribution du score communal INS (2012)

	Min	P25	Médiane	Moyenne	P75	P90	Max
France hexagonale (n=34 878 communes)	$7{,}10.10^{-10}$	$5{,}63.10^{-4}$	0,001	0,006	$2{,}35.10^{-3}$	0,006	3,772
Zone non exposée (n=34 113 communes)	$7{,}10.10^{-10}$	$5{,}55.10^{-4}$	0,001	0,004	$2{,}25.10^{-3}$	0,005	3,174
Zone Exposée (n=765 communes)	$1{,}38.10^{-4}$	$1{,}98.10^{-3}$	0,007	0,079	$2{,}70.10^{-2}$	0,15	3,772

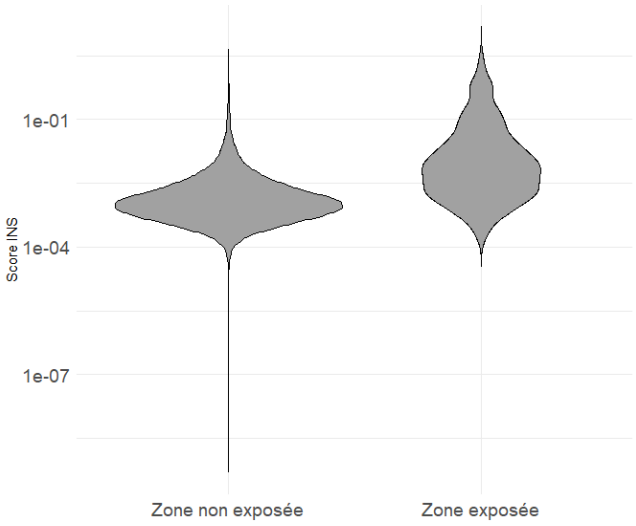


Figure 8. Distribution du score communal INS (2012), selon la zone d'exposition aux bassins industriels (échelle logarithmique)

Comme pour les scores communaux BDREP, ce sont les COVNM qui contribuent le plus aux scores construits à partir de l'INS (Figure 9). On observe une contribution de l'arsenic plus importante dans les scores construits avec l'INS que dans les scores construits avec la BDREP.

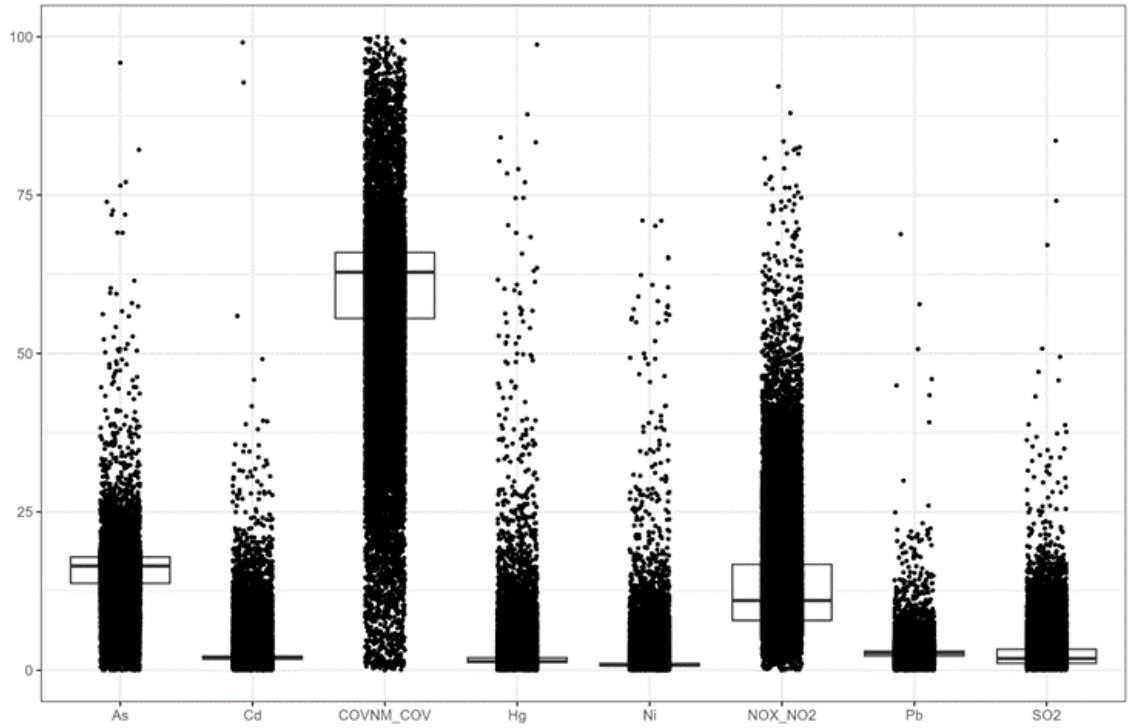


Figure 9. Contribution (en %) de chaque polluant au score communal INS en 2012 (Source : Ineris)

Sur les 10 communes avec le score communal INS le plus élevé, 8 sont situées dans un bassin industriel (Annexe 6).

c) Comparaison des scores communaux BDREP 2012 et INS : focus sur certains polluants

Ce focus est réalisé pour les 3 polluants ou traceurs les plus déclarés parmi les 8 retenus pour constituer le score de pression industrielle à l'échelle communale (COVNM, SO_2 et NO_2). Afin de comparer les scores calculés BDREP et INS, nous avons étudié la corrélation entre la base BDREP 2012 et l'INS (2012) sur 3 polluants en particulier : les COVNM, le SO_2 et le NO_2 (Tableau 7).

Tableau 7. Comparaison du score NO_2, SO_2 et COVNM dans les communes de France hexagonale et dans les communes des zones exposées et non exposées, BDREP 2012 et INS (2012)

	BDREP 2012					INS 2012				
	P25	P50	Moyenne	P75	Max	P25	P50	Moyenne	P75	Max
NO_2										
Zone exposée	0	$1{,}10.10^{-5}$	$2{,}08.10^{-2}$	$4{,}39.10^{-3}$	1,02	$4{,}59.10^{-4}$	$1{,}85.10^{-3}$	$1{,}77.10^{-2}$	$6{,}81.10^{-3}$	1
Zone non exposée	0	0	$4{,}81.10^{-4}$	0	0,76	$5{,}52.10^{-5}$	$1{,}16.10^{-4}$	$8{,}55.10^{-4}$	$2{,}91.10^{-4}$	0,79
SO_2										
Zone exposée	0	0	$1{,}82.10^{-2}$	$1{,}18.10^{-4}$	0,70	$6{,}96.10^{-5}$	$3{,}16.10^{-4}$	$9{,}43.10^{-3}$	$1{,}24.10^{-3}$	0,73
Zone non exposée	0	0	$2{,}29.10^{-4}$	0	1	$5{,}52.10^{-5}$	$1{,}84.10^{-5}$	$2{,}77.10^{-4}$	$5{,}49.10^{-5}$	1
COVNM										
Zone exposée	0	8,00.10-7	$4{,}08.10^{-2}$	$9{,}35.10^{-3}$	1,95	$9{,}30.10^{-4}$	$2{,}82.10^{-3}$	$1{,}84.10^{-2}$	$9{,}27.10^{-3}$	1
Zone non exposée	0	0	$1{,}24.10^{-3}$	0	0,88	$3{,}40.10^{-4}$	$6{,}42.10^{-4}$	$1{,}72.10^{-3}$	$1{,}27.10^{-3}$	0,51

En retenant uniquement les communes avec un score BDREP supérieur à 0 et en retirant les communes sans donnée, les corrélations entre les bases BDREP 2012 et INS pour les indicateurs NO_2 et SO_2 sont fortes (supérieures à 0,8). Cette corrélation entre les bases BDREP et INS est aussi observée pour les COVNM, mais avec un coefficient plus faible d'environ 0,6.

En revanche, en considérant les communes avec des valeurs nulles, la corrélation observée est faible (<0,4).

d) Apport de la liste 2 des polluants aux scores communaux

La liste 2 est obtenue en ajoutant les PM10, les poussières, les dioxines et furanes et le benzène à la liste 1. Une forte corrélation (>0,9) est observée entre les scores BDREP calculés pour la liste 1 et la liste 2, ainsi qu'entre les scores INS liste 1 vs liste 2. La comparaison des scores des listes 1 et 2 est proposée ici uniquement pour les scores BDREP. La considération de ces polluants ne change que légèrement la distribution du score BDREP communal. En 2016, avec la liste 2, on observe 6,5 % de communes de France hexagonale avec un score > 0 contre 6,1 % avec la liste 1 (Tableau 8). L'ajout de 4 polluants supplémentaires induit une augmentation de l'ensemble des scores communaux avec un impact modéré pour les plus faibles et plus prononcé pour les plus élevés, le score maximal passe ainsi de 5,8 à 9,7 (6).

Le nombre de communes sans déclaration diminue légèrement puisque certaines communes ont des rejets déclarés seulement pour les polluants ajoutés par la liste 2. Les moyennes des valeurs des scores sont légèrement plus élevées pour la liste 2 (Tableau 9).

Une plus grande différence est observée concernant les valeurs maximales : en 2016, la commune de Dunkerque présente un score communal de 5,84 avec la liste 1 et de 9,67 avec la liste 2.

La corrélation entre les scores communaux BDREP liste 1 et liste 2 est de 0,98. Aussi, il a été proposé de ne pas réaliser l'étude de sensibilité avec la liste 2 considérant que les résultats seraient redondants avec ceux de la liste 1.

Tableau 8. Comparaison des données disponibles du score communal BDREP de 2016 entre la liste 1 et la liste 2 des polluants

		Communes avec score >0 (%)	Communes avec score=0* (%)	Communes sans déclarations BDREP (%)
France hexagonale	Liste 1	2 122 (6,1)	23 453 (67,2)	9 303 (26,7)
	Liste 2	2 273 (6,5)	23 544 (67,3)	9 190 (26,3)
Zone exposée	Liste 1	261 (34,1)	208 (27,2)	296 (38,7)
	Liste 2	265 (34,6)	211 (27,5)	290 (37,9)
Zone non exposée	Liste 1	1 861 (5,5)	23 245 (68,1)	9 007 (26,4)
	Liste 2	2 008 (5,9)	23 333 (68,1)	8 900 (26,0)

**communes sans ICPE ou avec déclaration BDREP nulle*

Tableau 9. Comparaison des distributions du score communal BDREP de 2016 entre la liste 1 et la liste 2 des polluants

		Min	P25	Médiane	Moyenne	P75	Max
France hexagonale	Liste 1	0	0	0	$3{,}8.10^{-3}$	0	5,84
	Liste 2	0	0	0	$5{,}0.10^{-3}$	0	9,67
Zone exposée	Liste 1	0	0	$5{,}6.10^{-4}$	0,09	0,02	5,84
	Liste 2	0	0	$5{,}3.10^{-4}$	0,12	0,02	9,67
Zone non exposée	Liste 1	0	0	0	$2{,}2.10^{-3}$	0	1,52
	Liste 2	0	0	0	$2{,}8.10^{-3}$	0	1,87

e) Considération des scores BDREP et INS dans le cadre de l'analyse multivariée

Du fait du grand nombre de communes avec des scores BDREP égaux à 0, il a été décidé de considérer un indicateur en classes selon les modalités suivantes : 0 ;]0- P50] ;]P50-P90] ; >P90 (Tableau 10).

Les communes pour lesquelles il y a une ICPE mais pas d'information renseignée dans BDREP ont une valeur dite « manquante » pour cet indicateur soit 26 % des communes. Une analyse de sensibilité a également été réalisée après imputation des données manquantes pour ces indicateurs[25](49).

[25] Les données manquantes ont été imputées à partir du package R *missForest*. Il s'agit d'une méthode d'imputation « simple » (*i.e.*, un seul jeu de données est obtenu, à l'inverse des méthodes d'imputation multiple) basée sur les *random forest*. Toutes les variables disponibles pour les analyses ont été utilisées. L'imputation a été faite par indicateur sanitaire étudié.

Tableau 10. Distribution du score BDREP 2016 communal en classes (France hexagonale – Corse comprise 2016)

Score BDREP 2016	Nombre de communes (%)	Population < 18 ans (%)	Population ≥ 18 ans (%)
Classe 1 : = 0*	23 453 (67,2)	3 032 615 (22,7)	11 108 610 (22)
Classe 2 : >0 et ≤ P50 (5,64 10^{-3})	1 061 (3,1)	2 018 892 (15,1)	7 692 251 (15,3)
Classe 3 : >P50 et ≤ P90	848 (2,4)	2 381 089 (17,8)	9 110 726 (18,1)
Classe 4 : >P90 (0.097)	213 (0,6)	836 467 (6,3)	3 436 837 (6,8)
NA	9 303 (26,7)	5 075 428 (38.1)	19 060 562 (37,8)
Total	34 878	13 344 491	50 408 986

**communes sans ICPE ou avec déclaration BDREP nulle*

Le score INS quant à lui est introduit dans les modèles en linéaire. Les résultats sont donnés pour une augmentation du score INS communal du P10 au P75 ou P90. Ces percentiles sont respectivement $3{,}2*10^{-4}$, $2{,}3*10^{-3}$ ou $5{,}9*10^{-3}$ pour le score communal (Figure 10).

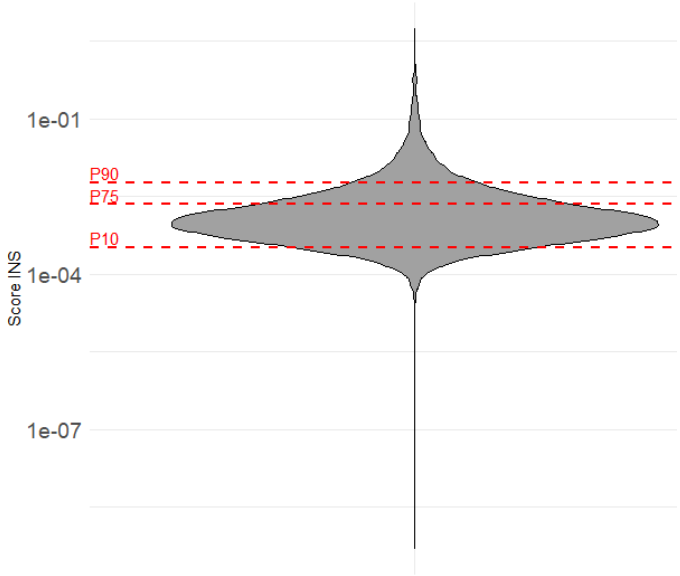


Figure 10. Distribution du score communal INS (rejets industriels), échelle logarithmique

4.1.2.2 Distribution de l'indicateur proximité à une ICPE

Le Tableau 11 présente pour chaque classe de l'indicateur de proximité, le nombre et le pourcentage de communes, d'une part et le nombre et pourcentage de population, d'autre part.

Tableau 11. Nombre de communes et population 2021 selon les classes de l'indicateur proximité (4 km ou moins) à une ICPE ou un bassin en 2016 (France hexagonale – Corse comprise)

Proximité à une ICPE	Nombre de communes (%)	Population < 18 ans (%)	Population ≥ 18 ans (%)
1 (> 4 km ICPE)	10 073 (28,9)	900 286 (6,7)	3 467 618 (6,9)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 411 (47,0)	3 911 412 (29,3)	14 695 439 (29,1)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	5 961 517 (44,7)	22 674 152 (45,0)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	2 571 277 (19,3)	9 571 777 (19,0)
Total	34 878	13 344 491	50 408 986

Plus de 70 % des communes françaises (localisées par leur centroïde et/ou chef-lieu) sont situées à 4 km ou moins d'un site industriel, que ce soit une ICPE à autorisation ou enregistrement (classe 2), une industrie IED ou Seveso (classe 3) ou un bassin (classe 4). Cela correspond à plus de 93 % de la population française (adultes et enfants).

Le Tableau 12 présente cette fois les éléments de distribution du nombre de communes et de populations lorsque l'indicateur de proximité est réduit à 2 km et lorsque les ICPE frontalières sont incluses.

Tableau 12. Analyse de sensibilité – Nombre de communes et population 2021 selon les classes de l'indicateur proximité (2 km ou moins) à une ICPE ou un bassin en 2016 et de l'indicateur de proximité (4 km ou moins) prenant en compte les ICPE frontalières (France hexagonale – Corse comprise)

Proximité à une ICPE	Nombre de communes (%)	Population < 18 ans (%)	Population ≥ 18 ans (%)
Indicateur de proximité à 2 km			
1 (> 2 km ICPE)	21 240 (60,9)	2 661 300 (19,9)	10 030 068 (19,4)
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	10 372 (29,7)	5 354 827 (40,1)	21 052 278 (40,8)
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	2 862 (8,2)	3 580 127 (26,8)	14 049 056 (27,2)
4 (≤ 2 km Bassin)	404 (1,2)	1 748 237 (13,2)	6 506 445 (12,6)
Indicateur de proximité à 4 km (ICPE frontalières comprises)			
1 (> 4 km ICPE)	10 039 (28,8)	897 219 (6,7)	3 512 156 (6,8)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 445 (47,1)	3 914 478 (29,3)	15 110 592 (29,3)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	5 961 517 (44,7)	23 241 462 (45,0)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	2 571 277 (19,3)	9 773 637 (18,9)

Soixante-et-un pour cent (61 %) des communes françaises sont situés à plus de 2 km de toute ICPE ; cela représente 10 millions de personnes de plus de 18 ans. Plus de 6 millions d'adultes résident à moins de 2 km d'un bassin industriel, et presque 10 millions à moins de 4 km.

En incluant les ICPE situées dans les pays frontaliers, 34 communes qui sont situées à plus de 4 km d'une ICPE française, sont situées à moins de 4 km d'une ICPE étrangère, soit plus de 12 000 adultes.

4.1.3 Description des indicateurs sanitaires

4.1.3.1 Description des nombres de cas ou de décès dans la zone exposée et non exposée aux bassins industriels

Le Tableau 13 présente le nombre de cas ou de décès observés par rapport aux effectifs de population dans la zone exposée et dans la zone non exposée. Les communes considérées comme exposées aux bassins industriels représentent 2,2 % de l'ensemble des communes de France hexagonale, Corse comprise. Au total, 19,3 % des enfants de moins de 18 ans en 2016 sont recensés dans la zone exposée, alors que ce sont 19,7 % des cas d'asthme de l'enfant qui y sont observés entre 2015 et 2019. Entre 2016 et 2022, 21,9 % des cas d'asthme de l'adulte et 18,0 % des cas de morbidité respiratoire chronique chez les 40 ans ou plus sont observés dans la zone exposée (qui représente 23,1 % des moins de 40 ans et 18,0 % des 40 ans ou plus). Sur l'ensemble des nouveau-nés prématurés entre 2013 et 2022, 25,3 % avaient leur lieu de résidence dans une commune exposée, de même que 23,8 % des enfants nés avec un petit poids pour l'âge gestationnel. Enfin, 15,3 % des décès pour toutes causes hors morts violentes étaient observés entre 2013 et 2021 dans la zone exposée (qui représente 19,0 % de la population adulte française en 2016).

Tableau 13. Nombre de communes, nombre de cas observés et population selon les indicateurs sanitaires, selon la zone exposée ou non exposée aux bassins industriels (France hexagonale – Corse comprise)

	Zone exposée	Zone non exposée
Nombre de communes (%)	765 (2,2)	34 113 (97,8)
Asthme de l'enfant (<18 ans)		
Population <18 ans 2016 (%)	2 571 277 (19,3)	10 773 214 (80,7)
Cas observés 2015-2019 (%)	201 844 (19,7)	821 441 (80,3)
Asthme de l'adulte (<40 ans)		
Population 2021 (%)	3 991 912 (23,4)	13 098 873 (76,6)
Population 2016 (%)	3 920 428 (23,1)	13 059 509 (76,9)
Cas observés 2016-2022 (%)	173 130 (21,9)	617 012 (78,1)
Morbidité respiratoire chronique (≥ 40 ans) (2016-2022)		
Population 2021 (%)	5 781 726 (16,7)	28 765 336 (83,3)
Population 2016 (%)	5 651 349 (16,9)	27 777 700 (83,1)
Cas observés 2016-2022 (%)	433 033 (18,0)	1 973 943 (82,0)
Prématurité		
Naissances vivantes estimées 2013-2022 (%)	1 724 575 (24,4)	5 345 012 (75,6)
Naissances prématurées 2013-2022 (%)	123 282 (25,3)	364 409 (74,7)
Petit poids pour l'âge gestationnel		
Naissances 2013-2022 (%)	1 724 601 (24,3)	5 364 548 (75,7)
Naissances avec PAG 2013-2022 (%)	195 479 (23,8)	627 567 (76,2)
Mortalité toutes causes (≥ 18 ans)		
Population 2021 (%)	9 773 637 (18,9)	41 864 210 (81,1)
Population 2016 (%)	9 571 777 (19,0)	40 837 209 (81)
Décès observés 2013-2021	759 708 (15,3)	4 195 686 (84,7)

**Les naissances sont estimées à partir des séjours hospitaliers des mères.*

4.1.3.2 Asthme de l'enfant

L'incidence de l'asthme de l'enfant, définie par la consommation médicamenteuse, tend à décroître depuis 2015 (Annexe 7). L'année 2020, impactée par l'épidémie de Covid-19 montre une forte diminution du nombre de cas d'asthme de l'enfant. Les enfants de moins de 6 ans représentent les 2 tiers des cas.

En restreignant la période d'étude aux années pré-Covid, on compte près de 20 % des cas d'asthme de l'enfant dans les 765 communes de zone exposée, pour une population d'enfants de plus de 2,5 millions (Tableau 13).

Les éléments suivants présentent la distribution du nombre de cas d'asthme de l'enfant observés (Tableau 14), la répartition géographique des risques relatifs d'asthme et les probabilités de RR supérieurs à 1 (Figure 11). Une hétérogénéité spatiale du risque d'asthme a été mise en évidence sur le territoire, avec des zones de risque plus élevées notamment dans le Sud-Ouest, le pourtour méditerranéen et la Normandie (1).

Tableau 14. Distribution du nombre de cas d'asthme observés et population < 18 ans (France hexagonale, données annuelles à la commune, par sexe et classe d'âge)

	Min	P25	P50	Moyenne	P75	Max
Cas observés	0	0	0	0,6	0	791
Population	0	3,0	9,0	38,2	24,1	12 293,2

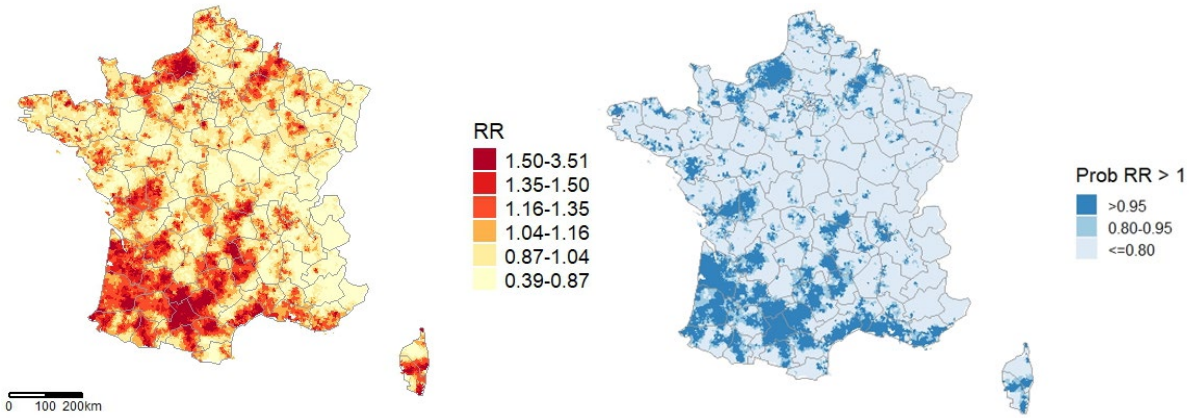


Figure 11. RR spatiaux d'asthme de l'enfant * et probabilités que les RR soient supérieurs à 1 (France hexagonale, 2015-2019) (modèle BYM2)

**estimés à partir des remboursements de consommation médicamenteuse issue du SNDS*

Selon l'année, 37 à 40 % des cas d'asthme de l'enfant, sont observés dans des communes hébergeant au moins une ICPE mais sans aucune déclaration dans BDREP, alors que 21 % des cas sont situés dans des communes sans ICPE (Tableau 15). Environ 8 % des cas sont observés dans les communes où le score BDREP est le plus élevé (supérieur au 90e percentile).

Tableau 15. Nombre de cas incidents de l'asthme de l'enfant observés selon le score communal BDREP (France hexagonale – Corse comprise, années 2015 et 2019)

	2015			2019		
Score communal BDREP	**Nombre de communes (%)**	**Population (%)**	**Nombre de cas observés (%)**	**Nombre de communes (%)**	**Population (%)**	**Nombre de cas observés (%)**
Classe 1 : = 0*	23 437 (67,2)	3 023 382 (22,7)	46 668 (21 ,5)	23 425 (67,2)	2 968 916 (22,3)	39 302 (21,1)
Classe 2 : >0 et ≤ P50	1 002 (2,9)	1 870 479 (14,0)	31 256 (14,4)	833 (2,4)	1 662 794 (12,5)	24 067 (12,9)
Classe 3 : >P50 et ≤ P90	884 (2,5)	2 441 797 (18,3)	41 369 (19,1)	776 (2,2)	2 310 723 (17,4)	32 785 (17,6)
Classe 4 : >P90	226 (0,7)	935 149 (7,0)	16 333 (7,6)	204 (0,6)	958 751 (7,2)	15 002 (8,1)
NA	9 329 (26,7)	5 062 044 (38,0)	80 986 (37,4)	9 640 (27,6)	5 393 684 (40,6)	74 950 (40,3)
Total	34 878	13 332 850	216 602	34 878	13 294 868	186 106

**communes sans ICPE ou avec une déclaration BDREP nulle.*

D'après le Tableau 16, plus de 93 % de la population des moins de 18 ans en France hexagonale et presque 94 % des cas d'asthme de l'enfant résident dans une commune située à 4 km ou moins d'un site industriel, quel qu'il soit (ICPE, IED, Seveso ou d'un bassin). En réduisant la distance de 4 à 2 km, 80 % de la population des enfants résident à 2 km ou moins d'un site industriel, représentant 91 % des cas d'asthme (Annexe 7).

Quatorze pour cent des cas d'asthme (pour 13 % de la population des moins de 18 ans) sont observés dans les communes situées à moins de 2 km d'un bassin (Annexe 7).

Tableau 16. Nombre de communes, population 2016 et nombre de cas incidents de l'asthme de l'enfant observés sur la période 2015-2019, par classe de l'indicateur proximité à 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (France hexagonale – Corse comprise)

Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin	Nombre de communes (%)	Population 2016 < 18 ans (%)	Cas observés (%)
1 (> 4 km ICPE)	10 073 (28,9)	900 286 (6,7)	62 330 (6,1)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 411 (47,0)	3 911 412 (29,3)	289 698 (28,3)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	5 961 517 (44,7)	469 413 (45,9)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	2 571 277 (19,3)	201 844 (19,7)
Total	34 878	13 344 491	1 023 285

4.1.3.3 Morbidité respiratoire chez les adultes (≥18 ans)

a) Morbidité respiratoire des adultes de moins de 40 ans (asthme)

Sur la période 2016-2022 on observe 790 142 cas d'asthme chez les moins de 40 ans (Tableau 13).

Les éléments suivants présentent la répartition géographique, à titre illustratif, des risques relatifs de l'asthme des adultes de moins de 40 ans et la probabilité que le RR soit supérieur à 1 (Figure 12) et la distribution du nombre de cas de l'asthme de l'adulte de moins de 40 ans (Tableau 17).

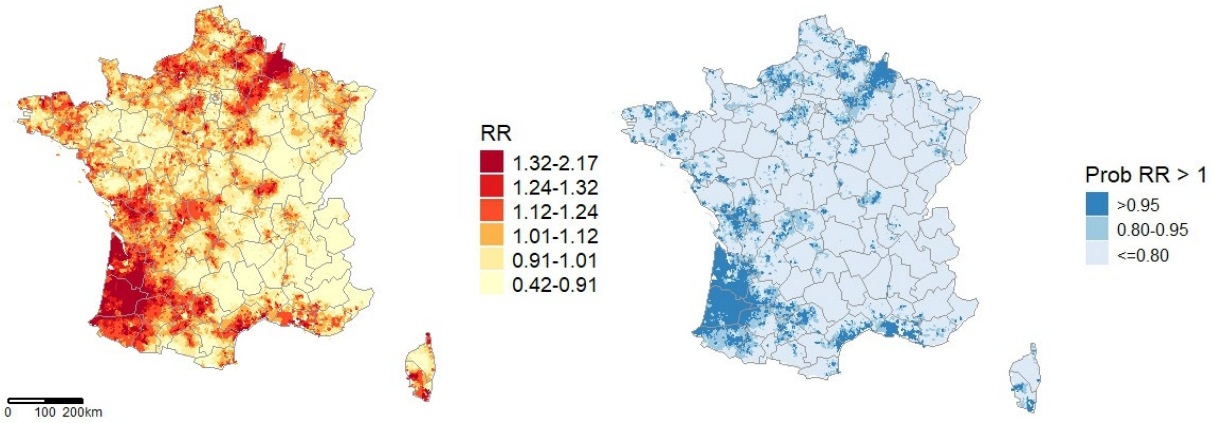


Figure 12. RR spatiaux d'asthme de l'adulte à la commune sur la période 2016-2022 et probabilité que ces risques soient supérieurs à 1 (modèle BYM2).

**estimés à partir des remboursements de consommation médicamenteuse issue du SNDS*

Tableau 17. Distribution du nombre de cas d'asthme observés chez les adultes de moins de 40 ans et effectifs de population associés (données annuelles à la commune)

	Min	P25	P50	Moyenne	P75	Max
Cas observés	0	0	1	3,2	2	1 188
Population	0	38,4	94,5	488	246,9	226 970,2

Trente-trois pour cent des cas d'asthme de l'adulte de moins de 40 ans sont observés dans des communes hébergeant au moins une ICPE mais sans aucune déclaration dans BDREP (NA), et environ 20 % des cas sont situés dans des communes sans ICPE (Tableau 18). Environ 10 % des cas sont observés dans les communes où le score BDREP est le plus élevé (supérieur au 90e percentile).

Tableau 18. Nombre de communes, Population 2016 et 2022, et nombre de cas observés d'asthme de l'adulte de moins de 40 ans selon le score communal BDREP 2008-2012 (France hexagonale – Corse comprise)

		2016		2022	
Score communal BDREP 2008-2012	**Nombre de communes (%)**	**Population (%)**	**Nombre de cas observés (%)**	**Population (%)**	**Nombre de cas observés (%)**
Classe 1 : = 0*	23 442 (67,2)	3 210 649 (18,9)	24 333 (19,1)	3 195 316 (18,7)	24 979 (19,6)
Classe 2 : >0 et ≤P50 (6,8.10^{-3})	1 219 (3,5)	2 614 941 (15,4)	20 185 (15,9)	2 621 859 (15,3)	19 946 (15,7)
Classe 3 : >P50 et ≤P90	975 (2,8)	3 885 523 (22,9)	28 481 (22,4)	3 952 318 (23,1)	27 794 (21,9)
Classe 4 : >P90 (0,11)	243 (0,7)	1 766 762 (10,4)	12 526 (9,8)	1 795 619 (10,5)	12 079 (9,5)
NA	8 999 (25,8)	5 502 061 (32,4)	41 769 (32,8)	5 525 672 (32,4)	42 390 (33,3)
Total	34 878	16 979 936	127 294	17 090 785	127 188

**communes sans ICPE ou avec une déclaration BDREP nulle.*

Le Tableau 19 montre que 95 % de la population adulte de moins de 40 ans en France hexagonale réside dans une commune située à 4 km ou moins d'un site industriel, quel qu'il soit (ICPE, IED, Seveso ou d'un bassin), et globalise 95 % des cas d'asthme de l'adulte de moins de 40 ans. Vingt-deux pour cent des cas d'asthme de l'adulte (pour 23 % de la population des moins de 40 ans) sont observés dans les communes situées à moins de 4 km d'un bassin. Lorsque la distance est réduite à 2 km, la proportion passe à 15 % des cas d'asthme, pour une population représentant 16 % de la population des moins de 40 ans (Annexe 8).

Tableau 19. Nombre de communes, population 2021 et nombre de cas observés d'asthme chez les adultes de moins de 40 ans sur la période 2016-2022, par classe de l'indicateur proximité à 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (France hexagonale – Corse comprise)

Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin	Nombre de communes (%)	Population 2021 < 40 ans (%)	Cas observés (%)
1 (> 4 km ICPE)	10 073 (28,9)	895 994 (5,2)	43 100 (5,4)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 411 (47,0)	4 239 468 (24,8)	207 681 (26,3)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	7 963 412 (46,6)	366 231 (46,4)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	3 991 911 (23,4)	173 130 (21,9)
Total	34 878	17 090 785	790 142

b) Morbidité respiratoire chronique chez les adultes de 40 ans ou plus

Sur la période 2016-2022 on observe 2 406 976 cas de pathologies respiratoires chroniques chez les 40 ans et plus (Tableau 13).

Les éléments suivants présentent la répartition géographique, à titre illustratif, des risques relatifs de morbidité respiratoire chronique des adultes de 40 ans ou plus et la probabilité que le RR soit supérieur à 1 (Figure 13) et la distribution du nombre de cas (Tableau 20).

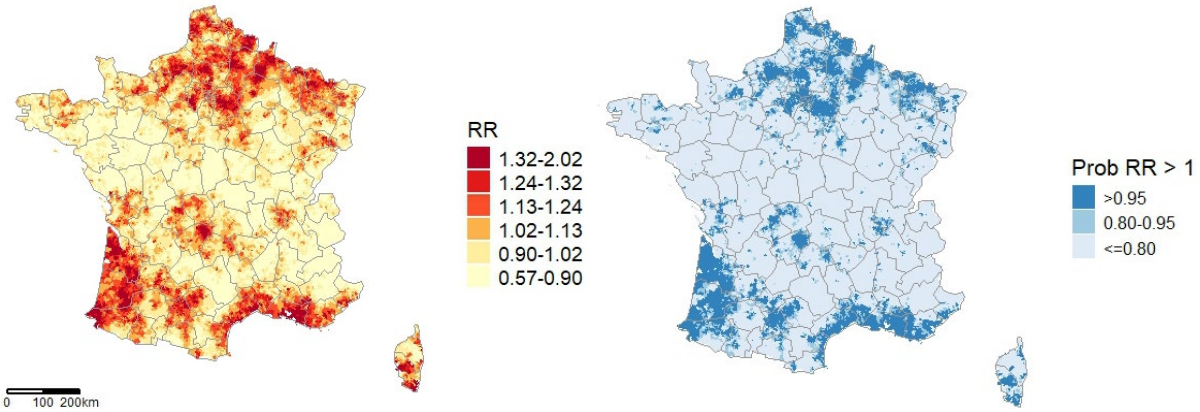


Figure 13. RR spatiaux de morbidité respiratoire chronique* chez les adultes âgés de 40 ans ou plus, à la commune sur la période 2016-2022 et probabilité que ces risques soient supérieurs à 1 (modèle BYM2)

**estimés à partir des remboursements de consommation médicamenteuse issue du SNDS*

Tableau 20. Distribution du nombre de cas de morbidité respiratoire de l'adulte âgés de 40 ans ou plus (données annuelles à la commune)

	Min	P25	P50	Moyenne	P75	Max
Cas observés	0	1	2	9.9	6	2 551
Population	0	116	258	977	647	191 535

Environ 35 % des cas de pathologies respiratoires chroniques sont observés dans des communes hébergeant au moins une ICPE mais sans aucune déclaration dans BDREP (NA), et environ 22 % des cas sont situés dans des communes sans ICPE (Tableau 21). Environ 8 % des cas sont observés dans les communes où le score BDREP est le plus élevé (supérieur au 90e percentile).

Tableau 21. Nombre de cas observés de morbidité respiratoire chronique de l'adulte de 40 ans et plus selon le score communal BDREP (France hexagonale – Corse comprise, période 2016-2022)

			2016		2022
Score communal BDREP 2008-2012	Nombre de communes (%)	Population (%)	Nombre de cas observés (%)	Population (%)	Nombre de cas observés (%)
Classe 1 : = 0*	23 442 (67,2)	7 928 840 (23,7)	91 466 (22,3)	8 198 591 (23,7)	80 634 (22,7)
Classe 2 : >0 et ≤P50 (6,8.10^{-3})	1 219 (3,5)	4 845 648 (14,5)	62 912 (15,3)	4 984 007 (14,4)	53 816 (15,1)
Classe 3 : >P50 et ≤ P90	975 (2,8)	6 315 580 (18,9)	81 348 (19,8)	6 503 712 (18,8)	68 682 (19,3)
Classe 4 : >P90 (0,11)	243 (0,7)	2 512 405 (7,5)	33 784 (8,2)	2 584 775 (7,5)	28 876 (8,1)
NA	8 999 (25,8)	11 826 577 (35,4)	141 561 (34,4)	12 275 978 (35,6)	124 026 (34,8)
Total	34 878	33 429 049	411 071	34 547 062	356 034

**communes sans ICPE ou avec une déclaration BDREP nulle.*

Dix-huit pour cent des cas de pathologies respiratoires chroniques chez les adultes âgés de 40 ans ou plus sont observés dans les communes à proximité d'un bassin industriel (classe 4), alors qu'elles représentent 16,7 % de la population. Sept pour cent des cas sont dans une commune à plus de 4 km d'une ICPE ou d'un bassin industriel représentant près de 8 % de la population (Tableau 22).

Douze pour cent des cas de morbidité respiratoire chronique (pour 11 % de la population des 40 ans ou plus) sont observés dans les communes situées à moins de 2 km d'un bassin (Annexe 9).

Tableau 22. Nombre de communes, population 2021 et nombre de cas observés de morbidité respiratoire chronique chez les adultes de 40 ans et plus sur la période 2016-2022, par classe de l'indicateur proximité à 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (France hexagonale – Corse comprise)

Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin	Nombre de communes (%)	Population 2021 ≥ 40 ans (%)	Cas observés (%)
1 (> 4 km ICPE)	10 073 (28,9)	2 628 386 (7,7)	171 439 (7,1)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 411 (47,0)	10 858 901 (31,4)	729 241 (30,3)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	15 278 050 (44,2)	1 073 263 (44,6)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	5 781 726 (16,7)	433 033 (18,0)
Total	34 878	34 547 062	2 406 976

4.1.3.4 Santé périnatale

a) Prématurité

Au total, 487 691 naissances prématurées (< 37 SA) sont observées parmi 7 069 587 naissances vivantes de 2013 à 2022 (Tableau 13).

Les éléments suivants présentent la répartition géographique, à titre illustratif, des risques relatifs de prématurité et la probabilité que le RR soit supérieur à 1 (Figure 14) et la distribution du nombre de cas (Tableau 23).

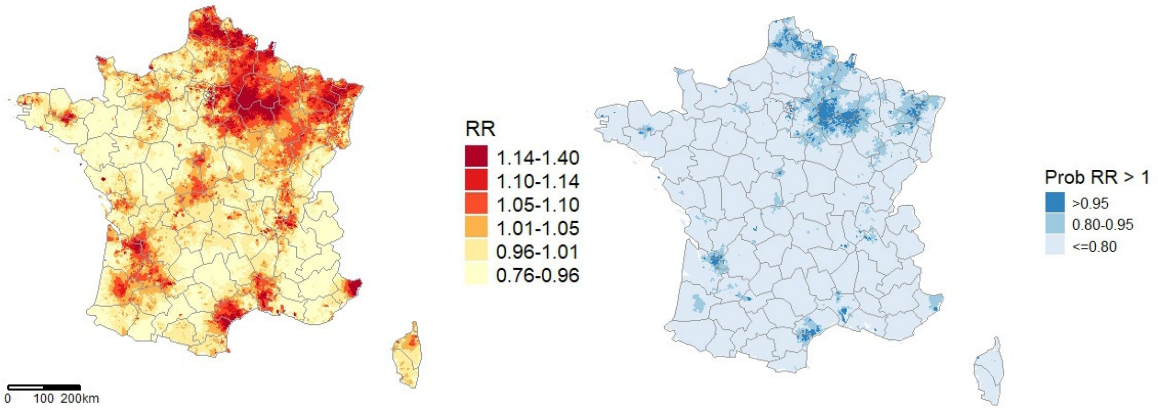


Figure 14. RR spatiaux de prématurité* estimés à la commune sur la période 2013-2022 et probabilité que ces risques soient supérieurs à 1 (modèle BYM2)

**estimés à partir des données des séjours hospitaliers des mères issues du SNDS/PMSI*

Tableau 23. Distribution du nombre de naissances prématurées (<37 SA) et de naissances vivantes (données agrégées sur la période 2013-2022 à la commune)

	Min	P25	P50	Moyenne	P75	Max
Naissances prématurées	0	1	3	14	7	4 069
Naissances vivantes estimées	0	16	39	203	104	65 721

Dix-huit pour cent des cas de prématurité sont observés dans une commune avec un score BDREP (2013 ou 2022) égal à 0. Entre 8 et 9 % des cas sont observés dans une commune avec un score BDREP supérieur à 0,1 (Tableau 24).

Tableau 24. Nombre de naissances prématurées (<37 SA) observés selon le score communal BDREP (France hexagonale – Corse comprise, années 2013 et 2022)

	2013			2022		
Score communal BDREP	**Nombre de communes (%)**	**Naissances vivantes (%)**	**Nombre de cas observés (%)**	**Nombre de communes (%)**	**Naissances vivantes (%)**	**Nombre de cas observés (%)**
Classe 1 : = 0*	23 445 (67,2)	141 057 (18,8)	9 523 (18,0)	23 451 (67,2)	126 618 (19,1)	7 936 (18,1)
Classe 2 : >0 et ≤P50	1 092 (3,1)	131 508 (17,5)	9 417 (17,8)	914 (2,6)	103 080 (15,5)	7 171 (16,3)
Classe 3 : >P50 et ≤ P90	834 (2,4)	148 297 (19,7)	10 764 (20,4)	751 (2,2)	132 064 (19,9)	8 921 (20,3)
Classe 4 : >P90	201 (0,6)	63 097 (8,4)	4 597 (8,7)	195 (0,6)	47 344 (7,1)	3 386 (7,7)
NA	9 306 (26,7)	267 424 (35,6)	18 575 (35,1)	9 567 (27,4)	254 633 (38,4)	16 544 (37,6)
Total	34 878	751 383	52 876	34 878	663 739	43 958

**communes sans ICPE ou avec une déclaration BDREP nulle.*

Vingt-cinq pour cent des cas de prématurité sont observés à proximité d'un bassin industriel. Cinq pour cent sont dans une commune à plus de 4 km d'une ICPE ou d'un bassin industriel (Tableau 25). Dix-sept pour cent des cas de prématurité (pour 17 % des naissances entre 2013 et 2022) sont observés dans les communes situées à moins de 2 km d'un bassin (Annexe 10).

Tableau 25. Nombre de communes, nombre de naissances estimées et de naissances prématurées (<37 SA) sur la période 2013-2022, par classe de l'indicateur proximité à 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (France hexagonale – Corse comprise)

Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin	Nombre de communes (%)	Naissances estimées (%)	Naissances prématurées (%)
1 (> 4 km ICPE)	10 073 (28,9)	370 764 (5,2)	24 030 (4,9)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 411 (47,0)	1 750 083 (24,8)	115 789 (23,7)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	3 224 165 (45,6)	224 590 (46,1)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	1 724 575 (24,4)	123 282 (25,3)
Total	34 878	7 069 587	487 691

b) Petit poids pour l'âge gestationnel

Huit cent vingt-trois mille quarante-six (823 046) naissances avec un petit poids pour l'âge gestationnel sont observés parmi l'ensemble des 7 089 149 naissances de 2013 à 2022 (Tableau 13).

Les éléments suivants présentent la répartition géographique, à titre illustratif, des risques relatifs de PAG et la probabilité que le RR soit supérieur à 1 (Figure 15) et la distribution du nombre de cas (Tableau 26).

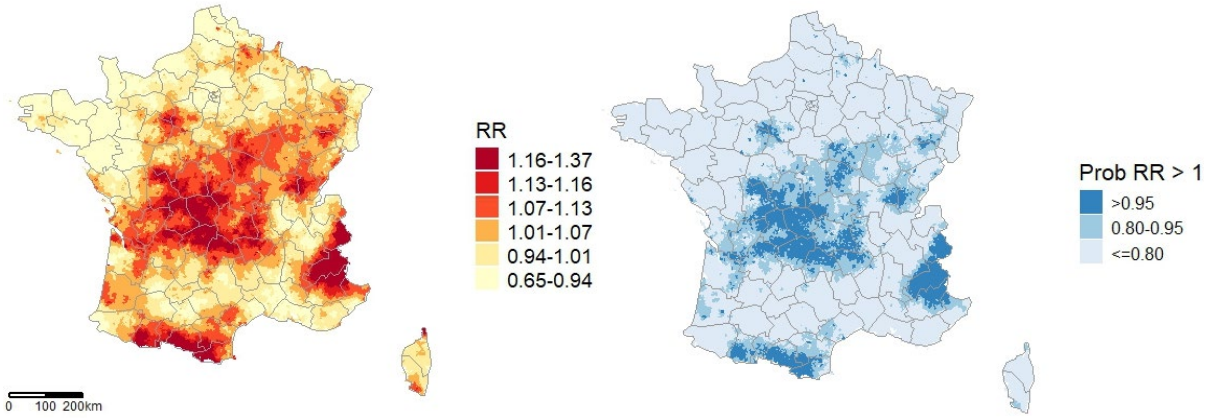


Figure 15. RR spatiaux de PAG* estimés à la commune sur la période 2013-2022 et probabilité que ces risques soient supérieurs à 1 (modèle BYM2)

**estimés à partir des données des séjours hospitaliers des nouveau-nés issus du SNDS/PMSI et selon la courbe de référence d'Anne Ego et al.*

Tableau 26. Distribution du nombre de cas de PAG et de naissances (données annuelles à la commune)

	Min	P25	P50	Moyenne	P75	Max
PAG	0	0	0	2,4	1	821
Naissances	0	1	4	20,3	11	6 851

Entre 18 et 19 % des cas de PAG sont observés dans une commune avec un score BDREP égal à 0. Huit pour cent des cas sont observés dans une commune avec un score BDREP supérieur à 0,1 (Tableau 27).

Tableau 27. Nombre de cas de PAG observés selon le score communal BDREP (France hexagonale – Corse comprise, années 2013 et 2022)

	2013			2022		
Score communal BDREP	**Nombre de communes (%)**	**Naissances (%)**	**Nombre de cas observés (%)**	**Nombre de communes (%)**	**Naissances (%)**	**Nombre de cas observés (%)**
Classe 1 : = 0*	23 445 (67,2)	141 681 (18,8)	16 397 (18,8)	23 451 (67,2)	127 072 (19,1)	14 737 (18,1)
Classe 2 : >0 et ≤P50	1 092 (3,1)	131 603 (17,5)	15 281 (17,5)	914 (2,6)	103 146 (15,5)	12 155 (16,3)
Classe 3 : >P50 et ≤P90	834 (2,4)	148 283 (19,7)	17 748 (20,3)	751 (2,2)	132 069 (19,9)	15 641 (20,3)
Classe 4 : >P90	201 (0,6)	62 687 (8,4)	7 292 (8,3)	195 (0,6)	46 942 (7,1)	5 630 (7,7)
NA	9 306 (26,7)	268 093 (35,6)	30 700 (35,1)	9 567 (27,4)	254 980 (38,4)	29 827 (37,6)
Total	34 878	752 347	87 418	34 878	664 209	77 990

**communes sans ICPE ou avec une déclaration BDREP nulle.*

Vingt-quatre pour cent des cas de PAG sont observés dans une commune à proximité d'un bassin industriel, et 5 % des cas sont observés dans une commune à plus de 4 km d'une ICPE ou d'un bassin industriel (Tableau 28). Seize pour cent des PAG sont observés dans les communes situées à moins de 2 km d'un bassin (Annexe 11).

Tableau 28. Nombre de communes, nombre de naissances observées et de PAG sur la période 2013-2022, par classe de l'indicateur proximité à 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (France hexagonale – Corse comprise)

Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin	Nombre de communes (%)	Naissances (%)	Naissances prématurées (%)
1 (> 4 km ICPE)	10 073 (28,9)	373 746 (5,3)	44 674 (5,4)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 411 (47,0)	1 760 582 (24,8)	205 963 (25,0)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	3 230 220 (45,6)	376 930 (45,8)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	1 724 601 (24,3)	195 479 (23,8)
Total	34 878	7 089 149	823 046

4.1.3.5 Mortalité toutes causes

Le nombre de décès toutes causes, hors morts violentes, observé de 2013 à 2021 est de 4 955 394 (Tableau 13). L'évolution du nombre de décès toutes causes, hors morts violentes, entre 2013 et 2021, montre une surmortalité en 2020 et 2021, sans doute liée à l'impact de l'épidémie de Covid-19 (Annexe 12) (50). Ces éléments justifient la prise en compte d'un indicateur de mortalité liée au Covid-19 dans les analyses multivariées.

Le nombre de décès observés sur l'ensemble de la période 2013-2021 dans les communes exposées à un bassin est de près de 760 000, soit 15,3 % des décès en France hexagonale pour une population représentant 19 % de la population française (Tableau 13).

Les éléments suivants présentent la répartition géographique, à titre illustratif, des risques relatifs de mortalité toutes causes hors mort violente et la probabilité que le RR soit supérieur à 1 (Figure 16) et la distribution du nombre de décès observés de la population adulte par commune (Tableau 29).

Tableau 29. Distribution du nombre de décès observés et population adulte (≥18 ans) (données annuelles à la commune)

	Min	P25	P50	Moyenne	P75	Max
Décès observés	0	1	3	15,8	9	3 896
Population	0	156,3	353,0	1 452,4	887,5	418 504,9

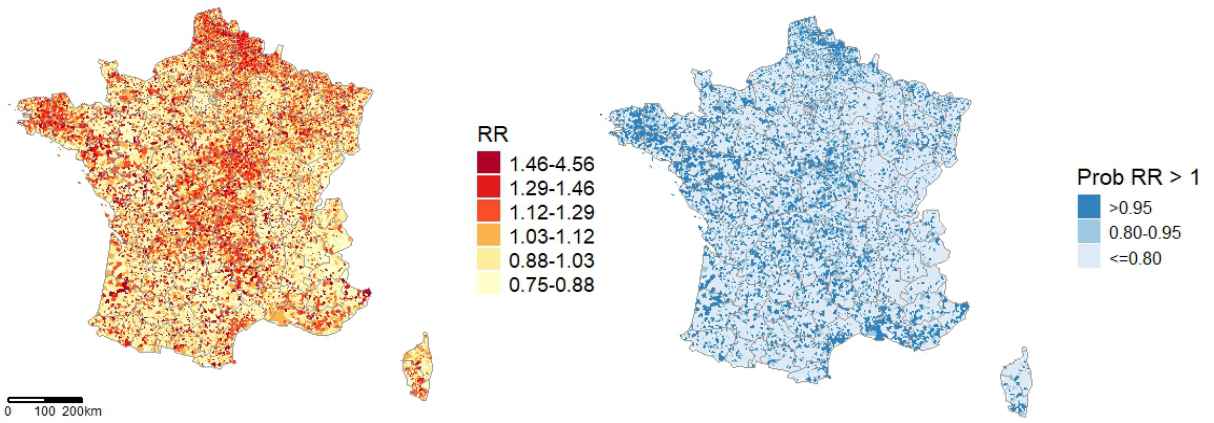


Figure 16. RR spatiaux estimés de mortalité totale et probabilités que les RR soient supérieurs à 1 **(France hexagonale, 2013-2021)**

En 2016, d'après le Tableau 30, près de 29 % des décès de la zone exposée sont observés dans des communes sans score BDREP, contre 35 % pour le reste de la France hexagonale. Ce sont près de 2 tiers des décès (63.6 %) qui sont observés dans les communes exposées présentant un score BDREP positif (classes 2 à 4), contre 39 % pour la zone non exposée.

Tableau 30. Nombre de décès observés selon le score communal BDREP 2008-2012 en classes (France hexagonale – Corse comprise, période 2013-2021)

		2013		2021	
Score BDREP communal 2008-2012	**Nombre de communes (%)**	**Population (%)**	**Nombre de décès observés (%)**	**Population (%)**	**Nombre de décès observés (%)**
Classe 1 : = 0*	23 442 (67,2)	10 955 541 (22,0)	113 354 (22,0)	11 393 907 (22,1)	131 203 (21,9)
Classe 2 : >0 et ≤P50 ($6,8.10^{-3}$)	1 219 (3,5)	7 380 603 (14,8)	76 747 (14,9)	7 605 866 (14,7)	89 575 (15,0)
Classe 3 : >P50 et ≤P90	975 (2,8)	10 119 649 (20,4)	102 626 (19,9)	10 456 030 (20,2)	117 747 (19,7)
Classe 4 : >P90 (0,11)	243 (0,7)	4 224 291 (8,5)	41 230 (8,0)	4 380 394 (8,5)	46 743 (7,8)
NA	8 999 (25,8)	17 046 816 (34,3)	182 344 (35,2)	17 801 650 (34,5)	213 451 (35,7)
Total	34 878	49 726 900	516 301	51 637 847	598 719

**communes sans ICPE ou avec déclaration BDREP nulle*

D'après le Tableau 31, 93 % de la population adulte de France hexagonale résident dans une commune située à moins de 4 km d'un site industriel, quel qu'il soit (ICPE, IED, Seveso ou d'un bassin), et 92 % des décès toutes causes, hors morts violentes sont survenus dans cette population.

Tableau 31. Nombre de communes, population 2021 et nombre de décès observés sur la période 2013-2021, par classe de l'indicateur proximité à 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (France hexagonale – Corse comprise)

Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin	Nombre de communes	Population ≥ 18 ans 2021 (%)	Décès observés (%)
1 (> 4 km ICPE)	10 073 (28,9)	3 524 379 (6,8)	386 266 (7,8)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 411 (47,0)	15 098 369 (29,2)	1 600 557 (32,3)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	23 241 462 (45,0)	2 208 863 (44,6)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	9 773 637 (19,0)	759 708 (15,3)
Total	34 878	51 637 847	4 955 394

Lorsque l'on réduit la distance de 4 à 2 km, ce sont 81 % de la population de plus de 17 ans qui résident à moins de 2 km d'un site industriel (bassin ou ICPE), représentant 80 % des décès (Annexe 12). Une plus grande partie des décès apparaît dans les communes situées à proximité d'une ICPE (Classe 1 à 20 % contre 8 % avec 4 km). Dix pour cent des décès sont observés dans une commune située à moins de 2 km d'un bassin.

4.1.4 Description des facteurs de risque identifiés

Dans la zone exposée, les valeurs de PM_{10} et de NO_2 sont plus élevées que dans le reste de la France et les valeurs d'ozone, moins importantes. La densité de trafic routier est plus importante dans la zone exposée, principalement constituée de communes urbaines. Le proxy d'exposition aux pesticides est moins élevé dans les zones exposées. L'indicateur de proximité à un espace vert montre des valeurs plus faibles en zone exposée. Il n'est pas observé de différence concernant les indicateurs de température et d'humidité. L'indicateur d'exposition aux pollens ne montre pas de différence entre les zones exposées et non exposées. Les recours aux urgences pour infections respiratoires aiguës sont, eux, un peu plus importants dans la zone exposée. Quant aux indicateurs de périnatalité pris en compte en tant que facteurs de risque de l'asthme de l'enfant (âge moyen à l'accouchement, proportion de naissances vivantes, petits poids de naissance, prématurité), ils ne montrent pas de différence entre zone exposée et non exposée.

Tableau 32. Distribution des facteurs de risque environnementaux pris en compte dans l'étude BIS selon zone exposée ou non (France hexagonale)

Facteurs de risque	min	P25	P50	moyenne	P75	max
Polluants atmosphériques Concentrations moyennes 2015-2019 (µg/m3)						
Zone non exposée						
PM_{10}	10,87	14,94	15,68	15,80	16,63	22,73
$PM_{2,5}$	6,85	9,24	9,81	9,96	10,65	14,15
O_3	41,06	53,11	55,8	56,68	59,29	78,43
NO_2	2,24	7,24	8,56	9,31	10,57	35,41
Zone exposée						
PM_{10}	14,01	16,56	18,25	18,06	19,7	22,13
$PM_{2,5}$	8,63	10,51	11,59	11,54	12,48	14,5
O_3	41,06	46,29	49,33	49,88	53,03	69,35
NO_2	8,03	14,53	17,51	18,69	22,11	35,77
Trafic routier*						
Zone non exposée	0	0	0	0,04	0,07	0,65
Zone exposée	0	0,02	0,09	0,11	0,17	0,70
Indicateurs d'exposition aux pesticides 2020						
Zone non exposée						
SAU	38,02	58,08	54,41	72,99	241,52	38,02
IFT moyen	0,74	2,19	2,64	4,04	22,96	0,74
Zone exposée						
SAU	3,51	23,87	27,79	45,86	92,58	3,51
IFT moyen	0,72	2,97	3,2	4,78	19,71	0,72
Proximité à un espace vert						
Zone non exposée	0	0,77	0,93	0,84	0,99	1
Zone exposée	0	0,70	0,86	0,80	0,95	1
Températures 2015-2019**						
Zone non exposée						
Température maximale moyenne (°C)	19,60	23,37	24,40	24,53	26,03	27,65
Température minimale moyenne (°C)	-2,45	0,50	1,19	1,64	2,78	9,26

Facteurs de risque	min	P25	P50	moyenne	P75	max
Zone exposée						
Température maximale moyenne (°C)	21,75	22,68	24,18	24,14	25,08	27,65
Température minimale moyenne (°C)	-0,52	0,69	2,63	2,31	3,31	7,93
Taux moyen d'humidité relative (%)**						
Zone non exposée	60,78	74,57	76,85	76,07	78,86	83,33
Zone exposée	63,97	74,31	76,26	75,22	77,39	80,43
Précarité énergétique**						
Zone non exposée	3,90	9,20	11,70	12,39	15,10	28,50
Zone exposée	0,00	12,30	16,70	17,44	21,90	83,30
Pollens						
Zone non exposée	0,08	0,12	0,13	0,14	0,16	0,26
Zone exposée	0,06	0,11	0,13	0,14	0,17	0,30
Part d'activité des urgences pour une IRA (moyenne 2015-2019)						
Zone non exposée	0	0	0,009	0,015	0,021	1
Zone exposée	0	0,012	0,019	0,019	0,026	0,083
Indicateurs de périnatalité 2015-2019						
Zone non exposée						
Âge moyen de la mère à l'accouchement†	17,0	29,1	30,1	30,2	31,2	46,0
Taux moyen naissances par césarienne	0	0,09	0,17	0,17	0,23	0,83
PAG (% moyen)	0	0,03	0,10	0,10	0,15	0,700
Prématurité <37 SA (% moyen)	0	0	0,05	0,05	0,08	0,63
Dont Prématurité <28 SA (% moyen)	0	0	0	0,002	0	0,24
Dont Prématurité 28-31 SA (% moyen)	0	0	0	0,005	0	0,300
Dont Prématurité 32-36 SA (% moyen)	0	0	0,04	0,05	0,07	0,63
Zone exposée						
Âge moyen de la mère à l'accouchement*	26,36	29,67	30,37	30,42	31,14	39,53
Taux moyen naissances par césarienne	0	0,18	0,21	0,20	0,23	0,42
PAG (% moyen)	0	0,1	0,11	0,11	0,13	0,30
Prématurité <37 SA (% moyen)	0	0,06	0,07	0,07	0,08	0,40
Dont Prématurité <28 SA (% moyen)	0	0	0	0	0	0,05
Dont Prématurité 28-31 SA (% moyen)	0	0	0,01	0,01	0,01	0,20
Dont Prématurité 32-36 SA (% moyen)	0	0,05	0,06	0,06	0,07	0,24

** proportion moyenne de surface occupée par les routes majeures*
*** échelle départementale*
†773 données manquantes

Remarque :

Un indicateur a été construit comme facteur d'ajustement pour prendre en compte l'impact de la pandémie de Covid-19 sur les différents indicateurs sanitaires étudiés. Le Tableau 33 présente les distributions des ratios de mortalité pour Covid-19 standardisés sur l'âge et le sexe selon la zone exposée ou non.

Tableau 33. Distribution des ratios de mortalité pour Covid standardisés sur l'âge et le sexe selon zone exposée ou non (France hexagonale – Corse comprise, 2020 ; 2021)

	Min	P25	P50	Moyenne	P75	Max
SMR 2020	0	0	0	0,80	0,78	270,60
SMR 2021	0	0	0	0,99	0,86	1 389,74

4.2 Analyses multivariées

4.2.1 Asthme de l'enfant

Le modèle inclut un indicateur de pression industrielle, les facteurs d'ajustement et les autres facteurs de risque environnementaux.

Certaines variables n'ont pas été retenues dans le modèle final en raison de leurs corrélations élevées avec d'autres variables et de leur faible apport informatif pour le modèle statistique : l'indicateur de précarité énergétique, l'indicateur de zones climatiques défini à l'échelle du département, les concentrations atmosphériques de $PM_{2.5}$, l'âge de la mère à l'accouchement, ainsi que l'indicateur APL-médecins généralistes.

Pour le trafic routier, c'est une approximation via la concentration de NO_2 qui a été préférée à l'indicateur trafic routier de l'Ineris qui présentait de nombreuses valeurs nulles.

4.2.1.1 Scénario 1

a) BDREP

Les risques relatifs estimés d'asthme de l'enfant selon le score de pression industrielle communal construit à partir de la BDREP et l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin sont présentés dans le Tableau 34.

Tableau 34. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,014	(0,989 - 1,040)
Score BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,004	(0,994 - 1,014)
3 (>P50 et ≤P90)	0,989	(0,978 - 1,001)
4 (>P90)	1,007	(0,990 - 1,025)

Il n'est pas observé de surrisque d'asthme de l'enfant en lien avec le fait de résider dans la zone exposée à un bassin industriel ni avec le niveau du score BDREP. Une analyse a été faite sans l'indicateur d'exposition aux bassins dans le modèle (Annexe 7). Les résultats liés au score communal BDREP sont inchangés.

En considérant une interaction entre le score communal et le statut exposé, à mêmes niveaux de score de pression industrielle, le risque d'asthme n'est pas plus élevé dans les communes exposées à un bassin par rapport aux communes non exposées à un bassin (Tableau 35).

Tableau 35. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'interaction entre le score BDREP communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec l'interaction Score BDREP X Zone exposée		
1 (=0) Zone exposée vs non	1,026	(0,999 - 1,053)
2 (>0 et ≤P50) Zone exposée vs non	1,012	(0,980 - 1,044)
3 (>P50 et ≤P90) Zone exposée vs non	1,008	(0,975 - 1,041)
4 (>P90) Zone exposée vs non	**0,947**	**(0,907 - 0,988)**

En imputant les données manquantes du score BDREP (Annexe 7), les mêmes résultats sont obtenus que sans imputation.

b) INS

Les risques relatifs estimés d'asthme de l'enfant selon le score de pression industrielle communal construit à partir de l'INS 2012 et selon l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin sont présentés dans le Tableau 36. L'indicateur INS est introduit dans le modèle en continu en non linéaire après transformation logarithmique.

Tableau 36. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score INS communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée et le score INS		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,018	(0,994 - 1,043)
Score INS		
P75 vs P10	**1,035**	**(1,020 - 1,050)**
P90 vs P10	**1,046**	**(1,029 - 1,063)**

Il n'est pas observé de surrisque d'asthme de l'enfant en lien avec le fait de résider dans la zone exposée à un bassin industriel. En revanche, une augmentation du risque d'asthme de 4,6 % (2,9 - 6,3) est observée, comme étant associée à une augmentation du score INS du 10e percentile au 90e, que l'indicateur de zone exposée soit pris en compte dans le modèle ou non (une analyse a été faite sans l'indicateur zone exposée Bassin dans le modèle en Annexe 7. Les résultats liés au score INS sont inchangés).

En prenant en compte une interaction, il est aussi observé une augmentation du risque d'asthme de l'enfant dans la zone exposée aux bassins par rapport à la zone non exposée, pour des valeurs élevées de score communal INS (>P75), d'après le Tableau 37.

Tableau 37. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'interaction entre le score INS communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec interaction Score INS et Zone exposée		
Score communal INS X Zone exposée		
P10, zone exposée vs zone non exposée	1,001	(0,976 - 1,028)
P75, zone exposée vs zone non exposée	**1,036**	**(1,006 - 1,067)**
P90, zone exposée vs zone non exposée	**1,047**	**(1,016 - 1,079)**

4.2.1.2 Scénario 2

Les risques relatifs estimés d'asthme de l'enfant selon l'indicateur de proximité communale à un bassin ou à une ICPE, selon le type d'ICPE, sont présentés dans le Tableau 38.

Tableau 38. RR estimés d'asthme de l'enfant selon la proximité d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur proximité		
Proximité à une ICPE ou à un bassin		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	**1,030**	**(1,018 - 1,042)**
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	**1,032**	**(1,019 - 1,046)**
4 (≤ 4 km Bassin)	**1,047**	**(1,018 - 1,076)**

Par rapport aux communes situées à distance de toute ICPE, un risque plus élevé de cas d'asthme de l'enfant est observé pour les populations habitant dans un rayon de moins de 4 km d'une ICPE, une IED/Seveso ou d'un bassin industriel, sans gradient significatif entre les différentes classes. Une augmentation du risque d'asthme de 4,7 % (1,8 - 7,6) est observée dans les communes à proximité d'un bassin par rapport aux communes qui se situent à plus de 4 km d'une ICPE.

4.2.1.3 Analyses de sensibilité

Les risques relatifs estimés d'asthme de l'enfant selon l'indicateur de proximité communale à une ICPE réduit de 4 km à 2 km, ou prenant en compte les ICPE frontalières, sont présentés dans le Tableau 39.

Tableau 39. RR estimés d'asthme de l'enfant selon la proximité (2 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin et selon la proximité (4 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin (ICPE frontalières comprises)

Proximité à une ICPE ou à un bassin	RR	IC95 %
Indicateur basé sur 2 km		
1 (> 2 km ICPE)	réf	
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	**1,022**	**(1,013 - 1,031)**
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	**1,023**	**(1,011 - 1,036)**
4 (≤ 2 km Bassin)	1,009	(0,981 - 1,038)
Indicateur prenant en compte les ICPE frontalières		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	**1,029**	**(1,017 - 1,041)**
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	**1,032**	**(1,018 - 1,046)**
4 (≤ 4 km Bassin)	**1,046**	**(1,017 - 1,075)**

Lorsque la proximité à une ICPE est réduite de 4 km à 2 km, un risque d'asthme de l'enfant plus élevé est observé dans les communes situées à moins de 2 km d'une ICPE ou d'une IES/Seveso (classes 2 et 3), par rapport aux communes situées à distance de toute ICPE (classe 1). Le risque plus élevé observé dans les communes à moins de 4 km d'un bassin n'est pas retrouvé avec une proximité de 2 km.

En considérant les ICPE situées à proximité immédiate dans les pays frontaliers, les risques d'asthme de l'enfant sont du même ordre de grandeur que dans l'analyse principale ; il n'y a pas de risque supplémentaire en considérant les communes frontalières proches d'installations industrielles étrangères.

4.2.2 Morbidité respiratoire chez les moins de 40 ans (asthme)

Le modèle inclut un indicateur de pression industrielle, les facteurs d'ajustement et les autres facteurs de risque environnementaux.

Au vu des corrélations et des premiers modèles incluant toutes les variables d'ajustement, certaines variables n'ont pas été retenues dans le modèle final : l'indicateur $PM_{2,5}$ (fortement corrélé à l'indicateur NO_2) et l'indicateur SMR tabac.

Pour le trafic routier, c'est une approximation via la concentration de NO_2 qui a été préférée à l'indicateur trafic routier de l'Ineris, qui présentait de nombreuses valeurs nulles.

4.2.2.1 Scénario 1

a) BDREP

Les risques relatifs estimés d'asthme de l'adulte de moins de 40 ans selon le score de pression industrielle communal construit à partir de la BDREP et selon l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin sont présentés dans le Tableau 40.

Tableau 40. RR estimés d'asthme chez les adultes de moins de 40 ans selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,000	(0,977 - 1,024)
Score BDREP 2008-2012		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,003	(0,990 - 1,016)
3 (>P50 et ≤P90)	0,988	(0,974 - 1,002)
4 (>P90)	0,986	(0,962 - 1,010)

Chez l'adulte de moins de 40 ans, il n'est pas observé de risque d'asthme plus élevé dans les communes exposées à un bassin industriel, ni de risque associé au score communal BDREP. Une analyse a été faite sans l'indicateur de zone exposée aux bassins dans le modèle (Annexe 8) ; les résultats liés au score communal BDREP sont inchangés.

En considérant une interaction entre le statut exposé et le score communal, à mêmes niveaux de score de pression industrielle, le risque n'est pas plus élevé dans les communes exposées à un bassin par rapport aux communes non exposées (Tableau 41).

Tableau 41. RR estimés d'asthme chez les adultes de moins de 40 ans selon l'interaction entre le score BDREP communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec l'interaction Score BDREP et zone exposée		
1 (=0) Zone exposée vs non	0,997	(0,971 - 1,024)
2 (>0 et ≤P50), Zone exposée vs non	0,998	(0,958 - 1,040)
3 (>P50 et ≤P90), Zone exposée vs non	1,006	(0,969 - 1,045)
4 (>P90), Zone exposée vs non	1,007	(0,957 - 1,058)

En imputant les données manquantes du score BDREP (Annexe 8), on observe les mêmes résultats obtenus sans imputation des données manquantes.

b) INS

Les risques relatifs estimés d'asthme de l'adulte de moins de 40 ans selon le score de pression industrielle communal construit à partir de l'INS 2012 et selon l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin sont présentés dans le Tableau 42. Le score INS est introduit dans le modèle en linéaire (après transformation logarithmique).

Tableau 42. RR estimés d'asthme chez les adultes de moins de 40 ans selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score INS communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée et le score communal INS		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,997	(0,974 - 1,021)
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,012**	**(1,005 - 1,019)**
P90 vs P10	**1,018**	**(1,007 - 1,029)**

Il n'est pas observé de risque plus élevé d'asthme chez l'adulte de moins de 40 ans dans les communes exposées aux bassins industriels. Il est en revanche observé une augmentation de 1.8 % (0.7 - 2.9) du risque lié à une augmentation du score INS communal du P10 au P90. Une analyse a été faite sans l'indicateur de zone exposée aux bassins dans le modèle (Annexe 8). Les résultats liés au score INS sont inchangés.

En revanche, aucune interaction n'est mise en évidence entre la zone exposée et le score communal INS (Tableau 43).

Tableau 43. RR estimés d'asthme chez les adultes de moins de 40 ans selon l'interaction entre le score INS communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec interaction Score INS et zone exposée		
Score INS 2012		
P75 INS, Zone exposée vs non	1,007	(0,979 - 1,036)
P90 INS, Zone exposée vs non	1,002	(0,978 - 1,028)

4.2.2.2 Scénario 2

Les risques relatifs estimés d'asthme de l'adulte de moins de 40 ans selon l'indicateur de proximité communale à un bassin ou à une ICPE et le type d'ICPE sont présentés dans le Tableau 44.

Tableau 44. RR estimés d'asthme chez les adultes de moins de 40 ans selon la proximité d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur proximité		
Proximité à une ICPE ou à un bassin		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	**1,018**	**(1,005 - 1,031)**
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	**1,025**	**(1,010 - 1,040)**
4 (≤ 4 km Bassin)	1,022	(0,995 - 1,050)

Il existe un risque plus élevé d'asthme chez l'adulte de moins de 40 ans pour les classes 2 et 3 de proximité à une ICPE, par rapport aux communes situées à plus de 4 km de toute ICPE. Un excès de risque est également suggéré dans les communes situées à proximité d'un bassin industriel.

4.2.2.3 Analyses de sensibilité

Les risques relatifs estimés d'asthme de l'adulte de moins de 40 ans selon l'indicateur de proximité communale à une ICPE réduit de 4 km à 2 km, ou prenant en compte les ICPE frontalières, sont présentés dans le Tableau 45.

Tableau 45. RR estimés d'asthme chez les adultes de moins de 40 ans selon la proximité (2 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin et selon la proximité (4 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin (ICPE frontalières comprises)

Proximité à une ICPE ou à un bassin	RR	IC95 %
Indicateur basé sur 2 km		
1 (> 2 km ICPE)	réf	
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	**1,014**	**(1,004 - 1,023)**
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	**1,028**	**(1,015 - 1,041)**
4 (≤ 2 km Bassin)	1,023	(0,995 - 1,052)
Indicateur basé sur 4 km (ICPE frontalières comprises)		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	**1,017**	**(1,004 - 1,031)**
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	**1,024**	**(1,009 - 1,039)**
4 (≤ 4 km Bassin)	1,021	(0,994 - 1,049)

Pour une proximité de 2 km ou en tenant compte des ICPE frontalières, les risques de morbidité respiratoire chez des adultes de moins de 40 ans sont du même ordre que ceux observés dans l'analyse principale du scénario 2.

En prenant en compte les ICPE frontalières, les risques sont du même ordre que ceux observés à partir de classes définies selon les seules ICPE françaises.

4.2.3 Morbidité respiratoire chronique chez les 40 ans et plus

Le modèle inclut l'indicateur de pression industrielle sous forme de scores ou de proximité, des facteurs d'ajustement et d'autres facteurs de risque environnementaux.

Au vu des corrélations et des premiers modèles incluant toutes les variables d'ajustement, certaines variables n'ont pas été retenues dans le modèle final et notamment l'indicateur $PM_{2,5}$ (fortement corrélé à l'indicateur NO_2).

Pour le trafic routier, c'est une approximation via la concentration de NO_2 qui a été préférée à l'indicateur trafic routier de l'Ineris, qui présentait de nombreuses valeurs nulles.

4.2.3.1 Scénario 1

a) BDREP

Les risques relatifs estimés de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans ou plus selon le score de pression industrielle communal construit à partir de la BDREP et l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin sont présentés dans le Tableau 46.

Tableau 46. RR estimés de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans et plus selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée bassin et le score communal BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,013	(0,995 - 1,031)
Score communal BDREP 2008-2012		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,008	(0,999 - 1,017)
3 (>P50 et ≤P90)	**1,017**	**(1,007 - 1,027)**
4 (>P90)	1,008	(0,992 - 1,025)

Il n'est pas observé de risque plus élevé de morbidité respiratoire chez les adultes âgés de 40 ans ou plus dans la zone exposée aux bassins industriels par rapport à la zone non exposée. Concernant le score communal BDREP, seules les communes dont le score est compris entre le 50e et le 90e percentile (classe 3) présentent un risque plus élevé de morbidité respiratoire, par rapport aux communes dont le score est nul. Une analyse a été faite sans l'indicateur de zone exposée aux bassins dans le modèle (Annexe 9). Les résultats liés au score BDREP sont inchangés.

En considérant une interaction entre le score communal et le statut exposé, il est aussi observé un risque plus élevé de morbidité respiratoire chronique de l'adulte de 40 ans ou plus dans la zone exposée aux bassins industriels par rapport à la zone non exposée, pour la troisième classe de l'indicateur BDREP (Tableau 47).

Tableau 47. RR estimés de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans et plus selon l'interaction entre le score BDREP communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec interaction Score BDREP et zone exposée		
1 (=0) Zone exposée vs non	1,004	(0,984 - 1,023)
2 (>0 et ≤P50), Zone exposée vs non	1,006	(0,976 - 1,037)
3 (>P50 et ≤P90), Zone exposée vs non	**1,041**	**(1,013 - 1,070)**
4 (>P90), Zone exposée vs non	1,029	(0,993 - 1,067)

Enfin, en imputant les données manquantes du score BDREP (Annexe 9), les mêmes résultats sont obtenus que sans imputation.

b) INS

Les risques relatifs estimés de morbidité respiratoire de l'adulte de 40 ans ou plus selon le score de pression industrielle communal construit à partir de l'INS 2012 et l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin sont présentés dans le Tableau 48. Le score INS communal est introduit en linéaire (après transformation logarithmique) dans le modèle.

Tableau 48. RR estimés de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans et plus selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score INS communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée bassin et le score INS communal		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,011	(0,993 - 1,029)
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,014**	**(1,010 - 1,019)**
P90 vs P10	**1,021**	**(1,014 - 1,028)**

Il n'est pas observé de risque plus élevé de morbidité respiratoire chez les adultes âgés de 40 ans ou plus dans la zone exposée aux bassins industriels par rapport à la zone non exposée. En revanche, une augmentation du risque de morbidité respiratoire chronique de l'adulte âgé de 40 ans ou plus de 2,1 % (1,4 - 2,8) est observée en lien avec une augmentation du score INS du 10e percentile au 90e. Dans le modèle testé sans l'indicateur d'exposition aux bassins, les RR associés à l'INS ne changent pas (Annexe 9).

Enfin, Il n'est pas observé d'interaction entre l'indicateur de zone exposée ou non et le score communal de pression industrielle (Tableau 49).

Tableau 49. RR estimés de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans et plus selon l'interaction entre le score INS communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec interaction Score INS et zone exposée		
P75 INS, Zone exposée vs non	1,005	(0,987 - 1,023)
P90 INS, Zone exposée vs non	0,998	(0,978 - 1,019)

4.2.3.2 Scénario 2

Les risques relatifs estimés de morbidité respiratoire chez les adultes âgés de 40 ans ou plus selon l'indicateur de proximité communale à un bassin ou à une ICPE, selon le type d'ICPE, sont présentés dans le Tableau 50.

Tableau 50. RR estimés de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans et plus selon la proximité d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur proximité		
Proximité à une ICPE ou à un bassin		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	1,005	(0,998 - 1,013)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	**1,010**	**(1,001 - 1,019)**
4 (≤ 4 km Bassin)	**1,021**	**(1,001 - 1,041)**

Il est observé un risque plus élevé de 1,0 % (0,1-1,9) pour les riverains des communes de la classe 3 (à moins de 4 km d'une IED/Seveso) et de 2,1 % (0,1-4,1) pour riverains des communes de la classe 4 (à moins de 4 km d'un bassin), par rapport aux riverains des communes situées à plus de 4 km de toute ICPE ou bassin. Un excès de risque est également suggéré dans les communes situées à proximité d'une ICPE (classe 2).

4.2.3.3 Analyses de sensibilité

Les risques relatifs estimés de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans ou plus selon l'indicateur de proximité communale à une ICPE réduit de 4 km à 2 km, ou prenant en compte les ICPE frontalières, sont présentés dans le Tableau 51.

Tableau 51. RR estimés de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans et plus selon la proximité (2 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin et selon la proximité (4 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin (ICPE frontalières comprises)

Proximité à une ICPE ou à un bassin	RR	IC95 %
Indicateur basé sur 2 km		
1 (> 2 km ICPE)	réf	
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	**1,010**	**(1,004 - 1,016)**
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	**1,017**	**(1,009 - 1,025)**
4 (≤ 2 km Bassin)	**1,029**	**(1,008 - 1,050)**
Indicateur basé sur 4 km (ICPE frontalières comprises)		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	1,005	(0,997 - 1,012)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	**1,010**	**(1,001 - 1,019)**
4 (≤ 4 km Bassin)	**1,021**	**(1,001 - 1,041)**

En réduisant la distance communale de 4 km à 2 km, il est observé un risque plus élevé de morbidité respiratoire chez les adultes d'au moins 40 ans, pour toutes les communes situées à moins de 2 km d'une ICPE quelle qu'elle soit, par rapport aux communes situées à plus de 2 km de toute ICPE ou bassin (respectivement +1,0 % pour les communes à proximité d'une ICPE ; +1,7 % pour les communes situées à proximité d'une IED ou Seveso ; +2,9 % pour les communes situées à proximité d'un bassin)

En prenant en compte les ICPE frontalières, les risques sont du même ordre que ceux observés lorsque l'indicateur de proximité est construit avec les seules ICPE françaises.

4.2.4 Santé périnatale - Prématurité

Le modèle inclut l'indicateur de pression industrielle sous forme de scores ou proximité, les facteurs d'ajustement et les autres facteurs de risque environnementaux. Au vu des corrélations et des premiers modèles incluant toutes les variables d'ajustement, certaines variables n'ont pas été retenues dans le modèle final et notamment l'indicateur $PM_{2,5}$ (fortement corrélés à l'indicateur NO_2), l'indicateur « végétation » et l'indice de fréquence de traitements phytosanitaires. L'indicateur d'exposition au tabac n'étant pas adapté à l'exposition *in utero*, il n'a pas été intégré au modèle.

Pour le trafic routier, c'est une approximation via la concentration de NO_2 qui a été préférée à l'indicateur trafic routier de l'Ineris.

Par soucis de puissance statistique suffisante, les données sanitaires utilisées pour cette analyse ont été agrégées sur 10 ans. En regard, ce sont les données BDREP 2017 qui sont retenues comme représentant une exposition industrielle moyenne.

4.2.4.1 Scénario 1

a) BDREP

Les risques relatifs estimés de naissances prématurées selon le score de pression industrielle communal construit à partir de la BDREP et l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin sont présentés dans le Tableau 52.

Tableau 52. RR estimés de naissances prématurées selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée et le score communal BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,003	(0,986 - 1,020)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,005	(0,993 - 1,016)
3 (>P50 et ≤P90)	1,008	(0,996 - 1,020)
4 (>P90)	1,010	(0,990 - 1,031)

Il n'est pas observé de risque plus élevé de naissances prématurées en lien avec le fait de résider dans une commune exposée aux bassins industriels, ni de risque associé au score communal BDREP score communal de pression industrielle. L'analyse sans l'indicateur d'exposition aux bassins ne change pas les résultats (Annexe 10).

Aucune interaction n'est observée d'entre l'indicateur zone exposée et le score BDREP (Tableau 53).

En imputant les données manquantes du score BDREP (Annexe 10), les mêmes résultats sont obtenus que sans imputation.

Tableau 53. RR estimés de naissances prématurées selon l'interaction entre le score BDREP communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec interaction Score BDREP et zone exposée		
1 (=0) Zone exposée vs non	1,004	(0,983 - 1,024)
2 (>0 et ≤P50), Zone exposée vs non	1,001	(0,975 - 1,028)
3 (>P50 et ≤P90), Zone exposée vs non	1,011	(0,984 - 1,039)
4 (>P90), Zone exposée vs non	0,985	(0,947 - 1,024)

b) INS

Les risques relatifs estimés de naissances prématurées selon le score de pression industrielle communal construit à partir de l'INS 2012 et selon l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin sont présentés dans le Tableau 54. Le score INS est introduit dans le modèle de façon linéaire.

Tableau 54. RR estimés de naissances prématurées selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score INS communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée et le score communal INS		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,003	(0,986 - 1,020)
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,010**	**(1,002 - 1,017)**
P90 vs P10	**1,014**	**(1,003 - 1,025)**

Il n'est pas mis en évidence de risque de prématurité plus élevé dans les communes exposées à un bassin. En revanche, un risque plus élevé de 1,4 % (0,3 - 2,5) lié à une augmentation du score INS du 10e percentile au 90e est observé. Dans le modèle sans l'indicateur zone exposée, les résultats ne sont pas modifiés (Annexe 10).

Il n'est pas mis en évidence d'interaction entre l'indicateur de zone exposée et les scores de pression industrielle (Tableau 55).

Tableau 55. RR estimés de naissances prématurées selon l'interaction entre le score INS communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec interaction Score INS et zone exposée		
P75 INS, Zone exposée vs non	1,010	(0,987 - 1,035)
P90 INS, Zone exposée vs non	1,008	(0,988 - 1,028)

4.2.4.2 Scénario 2

Les risques relatifs estimés, de naissances prématurées selon l'indicateur de proximité communale à un bassin ou à une ICPE, selon le type d'ICPE, sont présentés dans le Tableau 56.

Tableau 56. RR estimés de naissances prématurées selon la proximité d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur proximité		
Proximité à une ICPE ou à un bassin		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	1,013	(0,997 - 1,028)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	**1,019**	**(1,003 - 1,036)**
4 (≤ 4 km Bassin)	1,020	(0,996 - 1,044)

Il est observé un risque plus élevé de prématurité pour les communes à 4 km ou moins d'une IED ou d'une Seveso, par rapport aux communes situées à distance de toute ICPE ou bassin. Un surrisque de prématurité, est également suggéré pour les classes 2 et 4 (proximité à une ICPE et proximité à un bassin).

4.2.4.3 Analyses de sensibilité

Les risques relatifs estimés de naissances prématurées selon l'indicateur de proximité communale à une ICPE réduit de 4 km à 2 km, ou prenant en compte les ICPE frontalières, sont présentés dans le Tableau 57.

Tableau 57. RR estimés de naissances prématurées selon la proximité (2 km ou moins) à une ICPE ou à un bassin industriel et selon la proximité (4 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin (ICPE frontalières comprises)

Proximité à une ICPE ou à un bassin	RR	IC95 %
Indicateur basé sur 2 km		
1 (> 2 km ICPE)	réf	
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	**1,016**	**(1,005 - 1,027)**
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	**1,018**	**(1,005 - 1,032)**
4 (≤ 2 km Bassin)	1,002	(0,981 - 1,024)
Indicateur basé sur 4 km (ICPE frontalières comprises)		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	1,007	(0,992 - 1,022)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	1,012	(0,995 - 1,029)
4 (≤ 4 km Bassin)	1,015	(0,991 - 1,039)

De même que pour la proximité de 4 km, il n'est pas observé de risque plus élevé pour les communes situées à 2 km ou moins d'un bassin, par rapport aux communes situées à plus de 2 km de toute ICPE ou bassin. Par contre, un risque plus élevé de naissances prématurées est observé dans les communes situées à moins de 2 km d'une ICPE ou d'une IED/Seveso.

En ajoutant les ICPE frontalières, le risque plus élevé de prématurité dans les 4 km d'une IED/Seveso n'est pas retrouvé.

4.2.5 Santé périnatale - PAG

Le modèle inclut l'indicateur de pression industrielle, les facteurs d'ajustement et les autres facteurs de risque environnementaux.

Au vu des corrélations et des premiers modèles incluant toutes les variables d'ajustement, certaines variables n'ont pas été retenues dans le modèle final et notamment l'indicateur trafic routier, l'indicateur $PM_{2,5}$ (fortement corrélés à l'indicateur NO_2), l'indicateur « végétation », l'indice de fréquence de traitement et l'APL.

Pour l'indicateur de trafic routier, c'est une approximation via la concentration de NO_2 qui a été préférée à l'indicateur trafic routier de l'Ineris.

Par soucis de puissance statistique suffisante, les données sanitaires utilisées pour cette analyse ont été agrégées sur 10 ans. En regard, ce sont les données BDREP 2017 qui sont retenues comme représentant une exposition industrielle moyenne.

4.2.5.1 Scénario 1

a) BDREP

Les risques relatifs estimés, de naissances avec un PAG selon le score de pression industrielle communal construit à partir de la BDREP et l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin sont présentés dans le Tableau 58.

Tableau 58. RR estimés de naissance avec PAG selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée Bassin et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,002	(0,988 - 1,016)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,003	(0,994 - 1,012)
3 (>P50 et ≤P90)	1,007	(0,997 - 1,017)
4 (>P90)	1,007	(0,990 - 1,023)

Il n'est pas observé de surrisque de PAG associé au fait d'être né dans une commune exposée à un bassin, ni de surrisque associé au score communal BDREP élevé. Le modèle sans l'indicateur de zone exposée aux bassins ne change pas les résultats (Annexe 11).

Aucune interaction n'est observée entre l'indicateur zone exposée et le score BDREP (Tableau 59).

Enfin, en imputant les données manquantes du score BDREP (Annexe 11), les mêmes résultats sont obtenus que sans imputation.

Tableau 59. RR estimés de naissance avec PAG selon l'interaction entre le score BDREP communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec l'interaction Score BDREP et zone exposée		
1 (=0) Zone exposée vs non	1,005	(0,989 - 1,022)
2 (>0 et ≤P50), Zone exposée vs non	0,989	(0,968 - 1,011)
3 (>P50 et ≤P90), Zone exposée vs non	1,005	(0,982 - 1,027)
4 (>P90), Zone exposée vs non	1,003	(0,971 - 1,035)

b) INS

Les risques relatifs de PAG estimés, selon le score de pression industrielle communal construit à partir de l'INS 2012 et l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin, sont présentés dans le Tableau 60. Le score INS est introduit dans le modèle de façon non linéaire (Annexe 11).

Tableau 60. RR estimés de naissance avec PAG selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score INS communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée bassin et le score INS		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,001	(0,987 - 1,015)
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,016**	**(1,010 - 1,022)**
P90 vs P10	**1,023**	**(1,015 - 1,032)**

Il est observé un risque plus élevé de PAG avec des scores INS élevés : respectivement de +1,6 % (1,0 - 2,2) et de +2.3 % (1,5 - 3,2) en lien avec une augmentation du score INS du P10 au P75 et du P10 au P90. Il n'est pas observé de risque additionnel lié aux bassins industriels ; le modèle sans l'indicateur de zone exposée aux bassins ne modifiant pas les résultats (Annexe 11).

Aucune interaction n'est mise en évidence entre l'indicateur de zone exposée et les scores de pression industrielle (Tableau 61).

Tableau 61. RR estimés de naissance avec PAG selon l'interaction entre le score INS communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec interaction Score INS et zone exposée		
P75 INS, Zone exposée vs non	1,011	(0,992 - 1,031)
P90 INS, Zone exposée vs non	1,007	(0,991 - 1,024)

4.2.5.2 Scénario 2

Les risques relatifs estimés de naissances avec un PAG selon l'indicateur de proximité communale à un bassin ou à une ICPE, selon le type d'ICPE, sont présentés dans le Tableau 62.

Tableau 62. RR estimés de naissance avec PAG selon la proximité d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur proximité		
Proximité à une ICPE ou à un bassin		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	1,006	(0,995 - 1,018)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	1,009	(0,996 - 1,022)
4 (≤ 4 km Bassin)	1,010	(0,991 - 1,030)

Il n'est pas observé de risque plus élevé de PAG dans les communes situées à moins de 4 km d'une ICPE, d'une IED ou Seveso ou d'un bassin industriel, par rapport aux communes situées à distance de toute ICPE ou bassin.

4.2.5.3 Analyses de sensibilité

Les risques relatifs de PAG estimés, selon l'indicateur de proximité communale à une ICPE réduit de 4 km à 2 km, ou prenant en compte les ICPE frontalières, sont présentés dans le Tableau 63.

Tableau 63. RR estimés de naissance avec PAG selon la proximité (2 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin et selon la proximité (4 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin (ICPE frontalières comprises)

Proximité à une ICPE ou à un bassin	RR	IC95 %
Indicateur basé sur 2 km		
1 (> 2 km ICPE)	réf	
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	**1,009**	**(1,001 - 1,017)**
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	**1,017**	**(1,007 - 1,028)**
4 (≤ 2 km Bassin)	1,009	(0,991 - 1,026)
Indicateur basé sur 4 km (ICPE frontalières comprises)		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	1,006	(0,995 - 1,018)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	1,009	(0,996 - 1,022)
4 (≤ 4 km Bassin)	1,011	(0,992 - 1,030)

Les communes situées à moins de 2 km d'une ICPE ou d'une IED ou Seveso présentent un risque plus élevé de PAG que les communes situées à distance de toute ICPE ou bassin. En revanche, il n'est pas mis en évidence de risque de PAG plus élevé dans les communes situées à moins de 2 km d'un bassin.

Il n'est pas observé de risque plus élevé dans les communes situées à 4 km ou moins de toute ICPE ou bassin, par rapport aux communes à distance, lorsque l'on tient compte des installations frontalières.

4.2.6 Mortalité toutes causes

Le modèle inclut l'indicateur de pression industrielle, les facteurs d'ajustement et les autres facteurs de risque environnementaux.

Au vu des corrélations et des premiers modèles incluant toutes les variables d'ajustement, certaines variables n'ont pas été retenues dans le modèle final et notamment l'indicateur trafic routier, l'ozone et l'indicateur $PM_{2,5}$ (fortement corrélé à l'indicateur NO_2).

Pour l'indicateur trafic routier, c'est une approximation via la concentration de NO_2 qui a été préférée à l'indicateur trafic routier de l'Ineris.

4.2.6.1 Scénario 1

a) BDREP

Les risques relatifs estimés, de mortalité toutes causes hors morts violentes selon le score de pression industrielle communal construit à partir de la BDREP et l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin, sont présentés dans le Tableau 64.

Tableau 64. RR estimés de mortalité toutes causes selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant zone exposée Bassin et score communal		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	**0,977**	**(0,956 - 0,999)**
Score communal BDREP 2008-2012		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	**1,052**	**(1,036 - 1,067)**
3 (>P50 et ≤P90)	**1,060**	**(1,043 - 1,078)**
4 (>P90)	**1,039**	**(1,007 - 1,071)**

Il est observé un risque de mortalité toutes causes hors morts violentes plus élevé en lien avec le score BDREP mais il n'y a pas de gradient entre les différentes classes. Il est observé un risque de mortalité plus faible dans les communes supposées exposées à un bassin par rapport aux communes non exposées à un bassin. Dans le modèle sans l'indicateur d'exposition aux bassins, les résultats concernant le score BDREP ne changent pas (Annexe 12).

Lorsqu'une interaction est testée, à un même niveau de score BDREP, il n'est pas mis en évidence de risque plus élevé dans les communes supposées exposées à un bassin (Tableau 65).

Tableau 65. RR estimés de mortalité toutes causes selon l'interaction entre le score BDREP communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'interaction entre le score BDREP et la zone exposée		
1 (=0) Zone exposée vs non	0,985	(0,960 - 1,011)
2 (>0 et ≤P50), Zone exposée vs non	0,951	(0,904 - 1,002)
3 (>P50 et ≤P90), Zone exposée vs non	0,962	(0,916 - 1,010)
4 (>P90), Zone exposée vs non	0,961	(0,900 - 1,026)

En imputant les données manquantes du score BDREP (Annexe 12), les mêmes résultats sont obtenus que sans imputation des données manquantes.

b) INS

Les risques relatifs estimés de mortalité toutes causes hors morts violentes, selon le score de pression industrielle communal construit à partir de l'INS 2012 et selon l'indicateur définissant qu'une commune est exposée ou non à un bassin, sont présentés dans le Tableau 66.

Le score INS est introduit dans le modèle en linéaire (après transformation logarithmique).

Tableau 66. RR estimés de mortalité toutes causes selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score INS communal

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur zone exposée bassin et le score INS		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	**0,961**	**(0,940 - 0,982)**
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,100**	**(1,093 - 1,107)**
P90 vs P10	**1,150**	**(1,139 - 1,160)**

Une augmentation du risque de mortalité toutes causes hors morts violentes est observée avec l'augmentation du score communal INS. En revanche, il est observé un risque de mortalité moins élevé dans les communes exposées à un bassin par rapport aux communes situées à distance. Le modèle sans l'indicateur de zone exposée aux bassins ne modifie pas les résultats (Annexe 12).

Lorsqu'une interaction est testée, le risque est moins élevé uniquement dans les communes de la zone exposée dont le score INS est au P75, par rapport aux communes situées à distance et avec le même niveau de score de pression industrielle (Tableau 67).

Tableau 67. RR estimés de mortalité toutes causes selon l'interaction entre le score INS communal et l'indicateur zone exposée à un bassin industriel

	RR	IC95 %
Modèle avec l'interaction score INS et zone exposée		
P75 INS, Zone exposée vs non	**0,967**	**(0,946 - 0,989)**
P90 INS, Zone exposée vs non	0,990	(0,966 - 1,015)

4.2.6.2 Scénario 2

Les risques relatifs estimés de mortalité toutes causes hors morts violentes selon l'indicateur de proximité communale à un bassin ou à une ICPE, selon le type d'ICPE, sont présentés dans le Tableau 68.

Tableau 68. RR estimés de mortalité toutes causes selon la proximité d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur proximité		
Proximité à une ICPE ou à un bassin		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	**1,021**	**(1,012 - 1,029)**
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	**1,013**	**(1,003 - 1,023)**
4 (≤ 4 km Bassin)	0,994	(0,971 - 1,018)

Il est observé un risque de décès plus élevé dans les classes 2 (communes à moins de 4 km d'une ICPE) et 3 (communes à moins de 4 km d'une IED et Seveso), par rapport aux communes situées à distance de toute ICPE (classe 1). En revanche, il n'est pas observé de risque de mortalité différent dans les communes situées dans les 4 km autour d'un bassin.

4.2.6.3 Analyses de sensibilité

Les risques relatifs estimés de mortalité toutes causes hors morts violentes selon l'indicateur de proximité communale à une ICPE réduit de 4 km à 2 km, ou prenant en compte les ICPE frontalières, sont présentés dans le Tableau 69.

Tableau 69. RR estimés de mortalité toutes causes selon la proximité (2 km ou moins) à une ICPE ou à un bassin industriel, et selon la proximité (4 km ou moins) d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin (ICPE frontalières comprises)

Proximité à une ICPE	RR	IC95 %
Indicateur basé sur 2 km		
1 (> 2 km ICPE)	réf	
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	**1,046**	**(1,039 - 1,054)**
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	**1,051**	**(1,040 - 1,064)**
4 (≤ 2 km Bassin)	1,015	(0,986 - 1,044)
Indicateur basé sur 4 km (ICPE frontalières comprises)		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	**1,021**	**(1,012 - 1,029)**
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	**1,013**	**(1,003 - 1,023)**
4 (≤ 4 km Bassin)	0,994	(0,970 - 1,017)

En réduisant la proximité de 4 à 2 km, les risques observés pour les classes 2 et 3 sont plus élevés que pour le modèle avec une proximité de 4 km. Il n'est par ailleurs pas observé de risque plus élevé en lien avec une proximité à un bassin industriel.

En prenant en compte les ICPE des pays frontaliers, les résultats sont similaires à ceux de l'analyse principale.

5. DISCUSSION

5.1 Résultats principaux

L'objectif de l'étude multisites autour des grands bassins industriels était d'étudier pour la première fois en France, l'association entre la proximité des grands bassins industriels et la santé des populations riveraines à travers plusieurs indicateurs de santé :

- les pathologies respiratoires, avec un focus sur l'asthme de l'enfant ;
- la santé périnatale (prématurité et petit poids pour l'âge gestationnel) ;
- la mortalité toutes causes-hors morts violentes.

À ce titre, différents scénarios et indicateurs de pression industrielle ont été testés.

Il est à noter que parmi les grands bassins industriels identifiés en France, un est situé en Outre-mer (le bassin autour de Kourou) et il n'a pas été possible de l'inclure dans l'étude multisites. Des éléments sont développés dans le rapport pour expliquer les raisons de cette difficulté (cf. 4.1).

Les Tableaux 70 à 72 présentent un récapitulatif des risques relatifs estimés par indicateur sanitaire, selon le scénario testé.

Tableau 70. Synthèse des RR estimés par indicateur sanitaire selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP communal - Scénario 1

BDREP (Scénario 1)	Classes	RR (95% CI)
Asthme de l'enfant		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	1.014 [0.989 : 1.040]
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.004 [0.994 : 1.014]
	>P50 et <=P90	0.989 [0.978 : 1.001]
	>P90	1.007 [0.990 : 1.025]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de moins de 40 ans		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	1.000 [0.977 : 1.024]
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.003 [0.990 : 1.016]
	>P50 et <=P90	0.988 [0.974 : 1.002]
	>P90	0.986 [0.962 : 1.010]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de 40 ans et plus		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	1.013 [0.995 : 1.031]
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.008 [0.999 : 1.017]
	>P50 et <=P90	1.017 [1.007 : 1.027]
	>P90	1.008 [0.992 : 1.025]
Prématurité		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	1.003 [0.986 : 1.020]
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.005 [0.993 : 1.016]
	>P50 et <=P90	1.008 [0.996 : 1.020]
	>P90	1.010 [0.990 : 1.031]
PAG		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	1.002 [0.988 : 1.016]
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.003 [0.994 : 1.012]
	>P50 et <=P90	1.007 [0.997 : 1.017]
	>P90	1.007 [0.990 : 1.023]
Mortalité totale		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	0.977 [0.956 : 0.999]
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.052 [1.036 : 1.067]
	>P50 et <=P90	1.060 [1.043 : 1.078]
	>P90	1.039 [1.007 : 1.071]

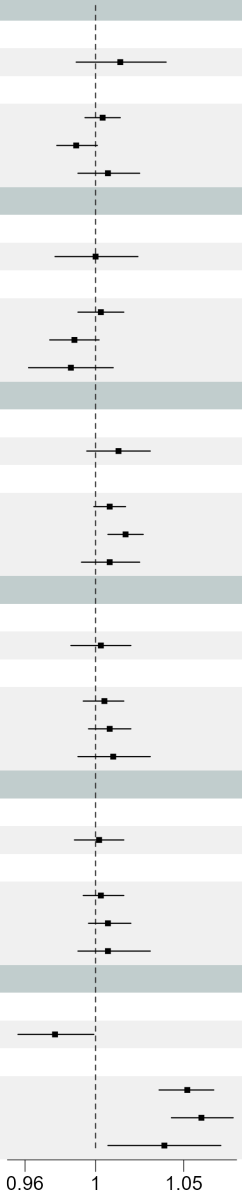
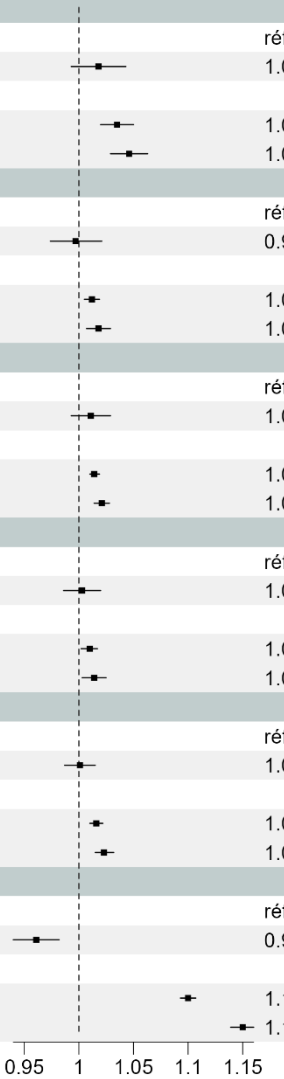


Tableau 71. Synthèse des RR estimés par indicateur sanitaire selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score INS communal (émissions industrielles) - Scénario 1

INS (Scénario 1)	Classes	RR (95% CI)
Asthme de l'enfant		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	1.018 [0.993 : 1.043]
Score INS		
	P75 vs P10	1.035 [1.020 : 1.050]
	P90 vs P10	1.046 [1.029 : 1.063]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de moins de 40 ans		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	0.997 [0.974 : 1.021]
Score INS		
	P75 vs P10	1.012 [1.005 : 1.019]
	P90 vs P10	1.018 [1.007 : 1.029]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de 40 ans et plus		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	1.011 [0.993 : 1.029]
Score INS		
	P75 vs P10	1.014 [1.010 : 1.019]
	P90 vs P10	1.021 [1.014 : 1.028]
Prématurité		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	1.003 [0.986 : 1.020]
Score INS		
	P75 vs P10	1.010 [1.002 : 1.017]
	P90 vs P10	1.014 [1.003 : 1.025]
PAG		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	1.001 [0.987 : 1.015]
Score INS		
	P75 vs P10	1.016 [1.010 : 1.022]
	P90 vs P10	1.023 [1.015 : 1.032]
Mortalité totale		
Zone exposée Bassin	non	réf
	oui	0.961 [0.940 : 0.982]
Score INS		
	P75 vs P10	1.100 [1.093 : 1.107]
	P90 vs P10	1.150 [1.139 : 1.160]



Lorsque le score de pression industrielle à l'échelle communale et l'indicateur d'exposition aux bassins (Scénario 1) sont considérés, aucun surrisque n'est mis en évidence pour chacun des indicateurs de santé étudiés dans les communes supposées exposées à un bassin, par rapport au reste des communes de France (Tableaux 70 et 71).

Par ailleurs, un risque plus faible pour les décès toutes causes hors morts violentes est observé dans les communes exposées à un bassin, par rapport à celles non exposées. Ce résultat nécessite en l'état des investigations complémentaires afin de l'expliquer et éventuellement le relativiser ou le nuancer. Il pourrait néanmoins et notamment s'expliquer par la nature même des populations vivant autour des bassins, pour partie définie comme des populations actives travaillant dans les bassins. La littérature scientifique documente le fait qu'une population active implique a priori un meilleur état de santé, ce qui est à l'origine du biais du « travailleur sain » (« *healthy worker effect* »). En effet, pour être en capacité de travailler, les travailleurs doivent présenter un bon état de santé, c'est-à-dire être indemnes de maladies graves ou incapacitantes.

Dans la majorité des études écologiques sur l'impact d'une exposition d'origine industrielle sur la santé des populations riveraines, un niveau de mortalité plus élevé était observé à proximité d'industries. De Rochi *et al*. (2021) avaient mis en évidence un excès de mortalité toutes causes de 7 % chez les hommes et de 14 % chez les femmes résidant autour de la zone pétrochimique de Gela considérée comme site prioritaire contaminé, par rapport au reste de la Sicile (24). De même, les nombreux travaux de Garcia-Pérez en Espagne basés sur des études écologiques de la mortalité dans un rayon de 5 km de sites industriels avaient mis en évidence une surmortalité, principalement par cancer, autour de sites de combustion (51), de métallurgie (52), ou plus globalement de sites industriels (53).

Concernant les résultats liés aux scores communaux construits à partir de la BDREP ou de l'INS, les résultats diffèrent selon la base de données considérée :

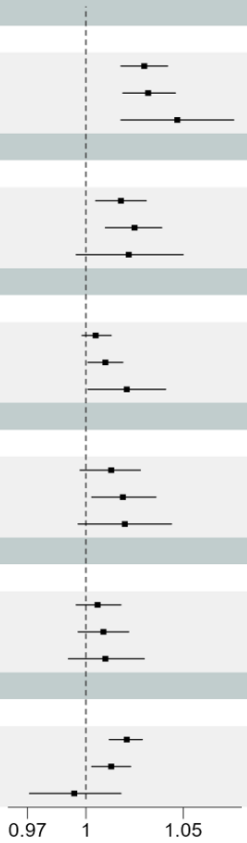
- en tenant compte des scores BDREP (Tableau 70), il n'est pas observé de risque associé à une exposition plus élevée pour la majorité des indicateurs de santé étudiés. Cependant une augmentation du risque de 1,7 % (0,7 - 2,7) pour la morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans et plus est mise en évidence dans les communes avec un score compris entre le 50e et le 90e percentile par rapport aux communes n'hébergeant pas d'ICPE ou pour lesquelles les déclarations dans BDREP étaient nulles. De même, le risque de mortalité toutes causes hors morts violentes est plus élevé dans les communes pour lesquelles le score BDREP n'est pas nul, sans mise en évidence d'un gradient suivant le niveau d'exposition.
- en tenant compte des scores INS (Tableau 71), il est mis en évidence pour chacun des indicateurs de santé étudiés, un surrisque en lien avec un score plus élevé (90e percentile par rapport au 10e percentile), respectivement de 4,6 % (2,9 - 6,3) pour l'asthme de l'enfant, de 1,8 % (0,7 - 2,9) pour la morbidité respiratoire chronique approchant l'asthme chez les moins de 40 ans, 2,1 % (1,4 - 2,8) pour la morbidité respiratoire chronique chez les adultes âgés de 40 ans ou plus, 1,4 % (0,3 - 2,5) pour les naissances prématurées, 2.3 % (1,5 - 3,2) pour les PAG et de 15 % (13,9 - 16,0) pour la mortalité toutes causes hors morts violentes.
- en tenant compte d'une interaction entre les niveaux de scores de pression industrielle et le statut exposé ou non à un bassin, un surrisque d'asthme de l'enfant dans les communes exposées aux bassins, par rapport à celles non exposées est observé lorsque les scores INS de pression industrielle sont élevés (supérieurs au P75) (Tableau 37). Cet effet de l'exposition aux bassins n'est pas retrouvé pour les autres indicateurs sanitaires, ni lorsque la pression industrielle est calculée avec la BDREP.

Les résultats sont discordants selon si le score de pression industrielle est calculé à partir de BDREP ou de l'INS, ce qui implique d'être prudent quant à leur interprétation, d'autant plus que ces deux sources de données utilisées afin de caractériser la pression industrielle présentent des limites pour approcher l'exposition des populations (cf. paragraphe dédié 5.2.3.2). Néanmoins, les résultats observés à partir du score INS sont cohérents avec la littérature. En effet, des liens entre l'exposition industrielle et les indicateurs sanitaires étudiés ici ont été démontrés dans de nombreux travaux. La revue de la littérature de Marquès *et al*. (2020) sur les risques sanitaires pour les populations riveraines de complexes pétrochimiques avait mis en évidence une augmentation des cas d'asthme et de pathologies respiratoires chez les enfants et chez les adultes, ainsi que des indicateurs de périnatalité (54). De même, plus spécifiquement, Buteau *et al*. (2020) avaient observé une association entre l'exposition résidentielle aux émissions industrielles (estimées par modélisation) et l'asthme de l'enfant (3).

Le Tableau 72 présente la synthèse des résultats du scénario 2.

Tableau 72. Synthèse des RR estimés par indicateur sanitaire selon la proximité d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin – Scénario 2

Proximité à une ICPE	Classes	RR (95% CI)
Asthme de l'enfant		
Indicateur 4km	>4km	réf
	<=4km ICPE	1.030 [1.018 : 1.042]
	<=4km IED, Seveso	1.032 [1.019 : 1.046]
	<=4km Bassin	1.047 [1.018 : 1.076]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de moins de 40 ans		
Indicateur 4km	>4km	réf
	<=4km ICPE	1.018 [1.005 : 1.031]
	<=4km IED, Seveso	1.025 [1.010 : 1.039]
	<=4km Bassin	1.022 [0.995 : 1.050]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de 40 ans et plus		
Indicateur 4km	>4km	réf
	<=4km ICPE	1.005 [0.998 : 1.013]
	<=4km IED, Seveso	1.010 [1.001 : 1.019]
	<=4km Bassin	1.021 [1.001 : 1.041]
Prématurité		
Indicateur 4km	>4km	réf
	<=4km ICPE	1.013 [0.997 : 1.028]
	<=4km IED, Seveso	1.019 [1.003 : 1.036]
	<=4km Bassin	1.020 [0.996 : 1.044]
PAG		
Indicateur 4km	>4km	réf
	<=4km ICPE	1.006 [0.995 : 1.018]
	<=4km IED, Seveso	1.009 [0.996 : 1.022]
	<=4km Bassin	1.010 [0.991 : 1.030]
Mortalité totale		
Indicateur 4km	>4km	réf
	<=4km ICPE	1.021 [1.012 : 1.029]
	<=4km IED, Seveso	1.013 [1.003 : 1.023]
	<=4km Bassin	0.994 [0.971 : 1.018]



Ce second indicateur de pression industrielle est basé sur la proximité communale à une ICPE ou un bassin et fait l'objet du scénario 2 (Tableau 72). Une augmentation du risque de 4,7 % (1,8 - 7,6) pour l'asthme de l'enfant et de 2,1 % (0,1 - 4,1) pour la morbidité respiratoire chronique chez les 40 ans ou plus est observée à proximité des bassins industriels, par rapport aux communes à plus de 4 km d'une ICPE ou d'un bassin. Les résultats sur les autres indicateurs sanitaires ne montrent pas de surrisque lié à la proximité à un bassin industriel. Des surrisques de morbidité respiratoire chronique chez les moins de 40 ans et de prématurité sont cependant suggérés à proximité d'un bassin industriel.

Des risques plus élevés sont également observés dans les communes situées à proximité (4 km ou moins) d'une industrie de type IED ou Seveso, par rapport aux communes à plus de 4 km de toute ICPE ou bassin, pour chacun des indicateurs de santé étudiés, excepté pour les PAG (+3,2% (1,9 - 4,6) pour l'asthme de l'enfant ; +2,5 % (1,0 - 3,9) pour la morbidité respiratoire chez les moins de 40 ans ; +1,0 % (0,1 - 1,9) pour la morbidité respiratoire chez les 40 ans ou plus ; +1,9 % (0,3 - 3,6) pour les naissances prématurées ; +1,3 % (0,3 - 2,3) pour la mortalité toutes causes hors morts violentes).

Enfin, le fait de résider à proximité (4 km ou moins) d'une ICPE montre un risque plus élevé d'asthme de l'enfant (+3,0 % (1,8 - 4,2)), de morbidité respiratoire chez les moins de 40 ans (+1,8 % (0,5 - 3,1)) et de mortalité toutes causes hors morts violentes (+2,1 % (1,2 - 2,9)) par rapport aux communes situées à plus de 4 km de toute ICPE ou bassin. Des surrisques de morbidité respiratoire chronique chez les plus de 40 ans et de prématurité sont également suggérés à proximité d'une ICPE.

Le choix de définir une distance de 4 km repose sur les travaux de l'Ineris (6). Or, la distance prise en compte influe sur les résultats de l'étude. En effet, en la réduisant de 4 à 2 km, un surrisque est également mis en évidence pour les indicateurs de périnatalité et la morbidité respiratoire chronique des 40 ans ou plus, dans les communes hébergeant une ICPE ou une IED/Seveso. Et à l'inverse, pour l'asthme de l'enfant, le surrisque à proximité des bassins n'est plus observé avec une proximité de 2 km. Dans la littérature, les distances à un site industriel considérées peuvent varier :

- de l'ordre du kilomètre : Cambra *et al*. (2011) avaient mis en évidence un risque de mortalité par cancer des poumons et des Vads chez les hommes résidant dans un rayon d'1 kilomètre autour de sites de production d'énergie par rapport à ceux vivant à distance (23) ;
- à plusieurs kilomètres : Buteau *et al*. 2018 avaient considéré des émissions dans des rayons de 2,5 ou 7,5 km autour du lieu de résidence d'une cohorte d'enfants pour mettre en évidence une association entre l'incidence de l'asthme de l'enfant et l'exposition aux émissions atmosphériques industrielles (8).

Pour étudier la robustesse des résultats et les approfondir ou voir l'impact d'un paramètre sur les résultats, un certain nombre d'analyses complémentaires ont été conduites Elles sont présentées dans les annexes de chacun des indicateurs sanitaires et certains résultats sont plus développés ci-après.

Concernant la disponibilité des scores communaux de pression industrielle construits à partir de la BDREP, il a été observé une absence de données pour un nombre élevé de communes (entre 26 % à 39 % des communes selon la zone exposée ou non) alors qu'il existe une ICPE dans la commune. Pour pallier ce manque de données, un essai d'imputation a été mené. Le fait d'imputer des scores communaux BDREP n'a pas modifié les résultats des RR qui sont restés du même ordre de grandeur que les RR de l'analyse principale (Annexes 7 à 12).

Une analyse complémentaire a été conduite en faisant varier la définition de la zone non exposée. Dans le scénario 1, plutôt que de considérer l'ensemble des communes situées à plus de 4 km d'un bassin (mais pouvant néanmoins héberger des industries), la zone non exposée a été réduite, aux communes sans aucune ICPE dont le score BDREP était donc nul. Les résultats sont les mêmes que pour l'analyse principale, excepté pour la mortalité toutes causes où le risque n'est pas différent entre la zone exposée aux bassins industriels et les communes avec un score BDREP à 0 (annexes 7 à 12).

Il a été proposé d'étudier aussi une autre définition de la zone non exposée prenant en compte uniquement les communes non exposées des 33 départements hébergeant au moins un grand bassin industriel (plutôt que la France entière), sous l'hypothèse que ces communes présentent davantage de caractéristiques communes avec les communes exposées car situées sur une même entité géographique et administrative. Cette analyse complémentaire n'a pas non plus amené à des modifications de résultats (annexes 7, 10 et 11).

Concernant la zone exposée aux grands bassins industriels, des variantes de leur définition ont été étudiées. Le design de l'étude BIS étant multisites, les données de l'ensemble des zones exposées à chacun des grands bassins considérés sont combinées. Or, même si ces 41 bassins présentent des caractéristiques communes par le fait de présenter de fortes densités d'industries de type IED ou Seveso (ce qui a justifié de les considérer globalement dans l'analyse), certaines différences peuvent être observées. Ainsi, plusieurs tests sur le scénario 1 ont été menés avec différents objectifs :

- Retirer de l'analyse les 2 gros bassins urbanisés du Nord Parisien et Lyon Sud[26]. Cela n'a pas eu d'influence sur le résultat final (Annexe 7 et annexes 10 à 12) ;
- Classer les bassins en 3 groupes selon les informations disponibles de ressemblance (typologie d'activités et de substances rejetées)[27]. Cela n'a pas eu non plus d'influence sur les résultats finaux.

Un dernier test a également été réalisé afin de limiter la zone exposée aux grands bassins industriels aux seules communes intersectées par un bassin industriel et non à l'ensemble des communes situées à moins de 4 km. Cette analyse revient à réduire la distance d'impact potentiel des rejets canalisés des industries présentes dans les bassins. Cela n'a pas modifié les résultats par rapport à l'effet bassin (annexes 7 à 11).

L'ensemble des analyses multivariées ont pris en compte les mêmes facteurs de confusion relatifs au niveau socio-économique, à l'accès aux soins et à la consommation de tabac. Néanmoins, des analyses complémentaires ont aussi été réalisées en modifiant certains facteurs d'ajustement. Ainsi, pour l'étude de la périnatalité, un second indice de défaveur sociale, le *French European Deprivation Index* (F-EDI) a été considéré à la place du FDEP, car plus discriminant (55) ; les résultats n'ont pas été modifiés. De même, pour l'étude de l'incidence de l'asthme de l'enfant, le F-EDI a également été considéré, sans impact sur les résultats (1). Concernant les indicateurs d'accès aux soins, l'APL pour les médecins généralistes a été privilégié du fait de son accès rapide, au vu des contraintes de temps liées à l'appel à projets, et de sa disponibilité à l'échelle communale. Néanmoins, il pourrait être intéressant, dans le cadre de la poursuite des travaux, de préciser l'accessibilité aux soins. Par exemple, la proximité à une infrastructure hospitalière pourrait être pertinente pour l'étude de la périnatalité notamment, ou encore, la prise en compte de l'indice d'accessibilité aux soins SCALe permettrait d'avoir une mesure globale d'accès aux soins et non pour une profession de santé particulière (56).

Enfin, pour éviter d'avoir un effet lié à la pandémie du Covid-19, l'analyse de la mortalité a également été restreinte aux années antérieures à 2020, sans mettre en évidence de modification sur les résultats.

Essai de prise en compte du cumul d'exposition dans les bassins industriels

Pour finir et dans le cadre d'un essai de prise en compte des cumuls d'exposition des populations au sein des bassins industriels, il a été conduit un dernier scénario (scénario 1b) avec un design similaire au scénario 1 mais s'affranchissant du statut exposé ou non exposé des communes, en considérant à la place, dans les bassins et communes exposées, un score cumulé « bassin » pour toutes les communes exposées au bassin. Ce score cumulé « bassin » est constitué du cumul de l'ensemble des scores communaux de la zone source et s'applique aux communes exposées de chaque bassin. Pour les communes non exposées, seul leur score communal est considéré. Ce scénario 1b est développé pour tous les indicateurs de santé retenus de l'étude à partir des scores communaux BD REP ou INS.

L'ensemble des résultats sont présentés dans l'Annexe 13.

Cet essai de prise en compte du cumul (par simple addition des scores communaux de la zone source du bassin) n'a pas apporté d'éléments complémentaires. Par ailleurs, il a montré des limites car les règles de construction des scores des communes sont différentes selon

[26] Ces bassins apparaissent en effet différents des autres par leur surface importante, le nombre et la nature des communes qu'ils intersectent (communes très urbaines), mais surtout par la population qu'ils exposent. À eux deux, ils concentrent plus de 40 % de la population exposée totale.
[27] Utilisation d'une classification ascendante hiérarchique prenant en compte plusieurs variables dont les statuts des industries, leur activité, les substances rejetées etc. pour définir les groupes de bassins.

l'exposition ou non de la commune aux bassins industriels, ce qui crée un poids plus important des rejets industriels pour les communes des bassins industriels. Par manque de temps, il n'a pas été possible de tester une autre construction pour ce cumul (en utilisant plutôt les maximums des scores communaux des zones des bassins plutôt que le cumul par exemple).

5.2 Forces et limites de l'étude

Dans les paragraphes suivants, les forces et limites de l'étude sont présentées en revenant sur les différents éléments de l'étude multisites mis en œuvre et leur impact potentiel sur les résultats.

5.2.1 Design de l'étude

L'étude BIS est la première étude nationale qui vise à étudier l'état de santé des populations riveraines des grands bassins industriels français.

La considération de l'ensemble de la population de France hexagonale (Corse comprise) permet d'avoir une grande puissance d'analyse, en lien avec un nombre de cas important, afin de pallier les limites des études de même design écologique mises en œuvre localement.

L'étude BIS est une étude écologique, c'est-à-dire que les données sont agrégées (pas de données individuelles). Il a été choisi de travailler à l'échelle de la commune, échelle à laquelle sont agrégées les données du SNDS, permettant ainsi une grande précision géographique.

En revanche, une étude écologique ne permettant pas d'étudier des données individuelles, certains facteurs de risque des pathologies étudiées n'ont pas pu être pris en compte (comme les antécédents familiaux par exemple). Concernant le tabagisme, l'exposition a cependant pu être approchée par les taux standardisés de mortalité par cancer du poumon et des Vads.

L'étude est exclusivement basée sur une utilisation secondaire de données. En effet, les données étaient déjà disponibles et n'ont pas nécessité un nouveau recueil, que ce soient les données sanitaires ou environnementales (extraction de données du SNDS ; récupération des données de rejets industriels de la BDREP ou de l'INS, utilisation de différents facteurs d'ajustement et facteurs de risques environnementaux issus de la littérature).

Le travail d'exploration des bases de données tout au long du projet a d'ailleurs permis d'en évaluer la qualité et l'adéquation à une étude épidémiologique.

5.2.2 Exploitation et mobilisation des données environnementales

5.2.2.1 Identification des grands bassins industriels

En l'absence de définition réglementaire d'un grand bassin industriel, Santé publique France a proposé une méthode d'identification basée sur la géolocalisation précise des ICPE classées IED ou Seveso, issues de la base de données ICPE de 2016 (5). L'étude des ICPE présentes dans les bassins et de l'emprise du bâti industriel sur la zone identifiée a permis de délimiter les contours de chacun des grands bassins industriels. Chaque bassin a été ainsi étudié individuellement et sa définition repose sur une étude cartographique approfondie de la zone.

Cependant, seules les données de l'année 2016 dont Santé publique France disposait ont été prises en compte du fait d'une absence d'historisation des données de la base ICPE. Or, il n'y est pas précisé le statut de l'activité des installations (en activité, en arrêt) alors que certaines installations ont pu cesser ou faire évoluer leur activité dans le temps. De nouvelles ICPE ont

d'ailleurs pu s'installer en 2016 sans être enregistrées immédiatement dans la base de données. De plus, les ICPE soumises au régime de déclaration n'étant pas inventoriées dans la base ICPE, elles n'ont pas pu être prises en compte dans la phase de délimitation des bassins.

La base ICPE de 2016 a été une source de données centrale puisqu'elle a également permis d'identifier les communes selon leur proximité à une industrie, ainsi que les communes hébergeant une ICPE mais sans déclaration BDREP (alors classées comme valeur manquante dans l'analyse du scenario 1). Aussi la qualité de cette base de données est un élément important à prendre en compte pour l'étude BIS.

Dans le cadre de la réponse à l'appel à projets du HDH et du GD4H, il a été possible de bénéficier d'un appui sur la qualité de géo-référencement des données de la base ICPE 2016 (par le bureau d'études *Wavestone*). L'objectif était de définir la qualité de géo-référencement des ICPE de la base, à l'échelle de la commune, en comparant la position des coordonnées géographiques avec l'adresse déclarée dans la base. À l'issue de ce travail, il apparaît que la qualité de géo-référencement des ICPE est très bonne à une échelle communale : entre 92 % et 97 % des ICPE (en fonction du type d'ICPE) sont localisées dans la commune déclarée. En tenant compte des problèmes d'identification des codes communaux Insee à partir du code postal et du nom de la commune, la qualité du géo-référencement reste bonne estimée entre 80 et 90 %. Ces éléments sont ainsi plutôt positifs quant à l'utilisation des données de la base ICPE dans le cadre de l'étude BIS.

5.2.2.2 Définition de la zone d'exposition aux grands bassins industriels et des zones non exposées

Au vu des bases de données environnementales disponibles, il n'a pas été possible de disposer de données d'exposition de la population. Aussi, pour définir une population exposée, il a été nécessaire de travailler sur la définition d'une zone dite d'exposition au-delà de laquelle il est considéré que la population n'est plus exposée aux rejets des installations des bassins industriels. Les travaux de l'Ineris ont pu définir une distance d'impact autour des bassins industriels de 4 km. L'échelle géographique de l'étude étant la commune, la zone exposée est ainsi constituée des communes dont le centroïde ou le chef-lieu est situé à moins de 4 km du polygone du bassin. Ainsi, en raisonnant sur des communes et non pas sur des cercles concentriques autour des bassins industriels, les populations considérées exposées peuvent être situées à plus ou moins 4 km du bassin, selon la taille et la forme de la commune. Cette distance pouvant dépasser parfois les 10 km (entre le périmètre d'un bassin et la frontière administrative la plus éloignée d'une commune).

Cette distance de 4 km utilisée peut être questionnée. En effet, la direction des vents dominants peut influer sur la propagation des polluants et ainsi exposer les populations autour d'un bassin industriel de manière asymétrique. L'Ineris a mené un travail exploratoire à partir des roses des vents transmises par Météo-France, pour chaque bassin. Mais une identification de zones potentiellement moins exposées aux bassins n'a pas pu être déterminée de manière très robuste, c'est donc une isotropie de l'ensemble des rejets émis par les industries des bassins qui a été prise en compte. Des travaux à l'échelle des bassins auraient pu apporter des éléments plus fins sur ce point.

D'autres facteurs peuvent également influer la distance de propagation des polluants, comme la hauteur d'émission des rejets (hauteur des cheminées) dans un bassin industriel. Une prise en compte de la hauteur de la cheminée la plus haute d'un bassin industriel pour définir la distance de propagation/dispersion des polluants aurait pu permettre une plus grande précision dans la définition de la zone exposée. Mais les hauteurs des cheminées en activité sont assez mal recensées à l'échelle nationale (il a cependant pu être vérifié que chaque grand

bassin industriel avait bien une cheminée enregistrée dans la base BDREP), il est alors difficile d'avoir des données exhaustives.

Par ailleurs, pour la définition des zones non exposées aux bassins industriels, il n'a pas été possible de considérer une zone spécifique à chaque bassin, comme il est commun de le faire dans des études écologiques (reste du département situé à distance d'un bassin par exemple), notamment à cause de bassins trop proches ou de bassins étendus sur plusieurs départements. Ainsi, une zone non exposée unique a été définie comme le reste des communes de France situées à plus de 4 km d'un grand bassin. Ce choix a pu avoir pour conséquence d'étudier, dans la même analyse, des populations très hétérogènes.

Les analyses complémentaires réalisées en ne sélectionnant que les départements incluant un bassin industriel pour la zone non exposée ont néanmoins permis de gagner en homogénéité des caractéristiques entre zone exposée et zone non exposée (cf. 5.1). Aucun changement de résultat n'a été observé pour les différents indicateurs sanitaires testés.

Enfin, il est rappelé que les zones non exposées des scénarios 1 et 2 reposent sur des définitions différentes. Pour le scénario 1, il s'agit de toutes les communes dont le centroïde ou le chef-lieu est à plus de 4 km d'un bassin alors que pour le scénario 2, il s'agit des communes dont le centroïde ou le chef-lieu est à plus de 4 km d'une installation industrielle quelle qu'elle soit, bassin compris. Cet élément est à considérer dans l'interprétation des résultats.

5.2.2.3 Construction des scores de pression industrielle

Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été possible de mesurer ou modéliser la dispersion des substances polluantes. Ainsi, l'exposition de la population à la pollution industrielle a été approchée par plusieurs méthodes, dont l'utilisation des données provenant des bases de données réglementaires, recensant les rejets déclarés par les exploitants industriels. Une modélisation aurait aussi été source d'incertitudes (géolocalisation des sources, précision des informations déclarées, absence de données etc.).

Un choix a été porté sur certaines substances ou traceurs de pollution industrielle pour la construction des scores (6). Ce choix tient compte des listes de polluants disponibles dans les bases exploitées et de l'origine majoritaire de pollution dans l'environnement. Le traceur COV et NO_2 sont les traceurs les plus déclarés au-dessus des seuils de notification en termes de nombre de rejets industriels pour les 41 grands bassins étudiés. Ils sont aussi considérés dans les scores de pression industrielle bien que pouvant aussi être émis par d'autres sources (secteur résidentiel et pollution de l'air ambiante).

Faute de temps, il n'a pas été possible de construire et tester un score uniquement basé sur des rejets de SO_2 (majoritairement rejeté par l'industrie bien qu'en forte décroissance cette dernière décennie).

Enfin, pour construire les scores, une normalisation des données a été nécessaire afin de pouvoir tenir compte de plusieurs polluants. Du fait de la difficulté d'interprétation des seuils de notification et comme expliqué dans la note méthodologique de l'Ineris (6), les données ont été normalisées sur les valeurs minimales et maximales annuelles de chaque polluant. Les scores sont donc exprimés relativement en tenant compte pour chaque substance ou traceur du maximum déclaré par polluant.

Au vu de l'état des lieux des bases de données environnementales dressé par l'Ineris, dans un objectif de définition de score de pression industrielle, 2 sources de données ont été

identifiées : la BDREP et l'INS, chacune d'entre elles présentant des avantages et des limites dans le cadre de l'étude épidémiologique BIS.

BDREP

La base de données BDREP est disponible et actualisée chaque année depuis 2003 (mais plus complète depuis 2008). Elle permet alors de suivre des évolutions dans le temps des déclarations. Des scores de pression industrielle ont ainsi été construits pour chaque année entre 2008 et 2021. Les scénarios définis avec ces scores BDREP n'ont pas mis en évidence de risque plus élevé pour les indicateurs de santé étudiés en lien avec les niveaux de scores, excepté pour la mortalité toutes causes hors mort violente. Ces résultats sont à mettre en regard du fait que la base de données BDREP, basée sur des déclarations des exploitants, sans caractère obligatoire en dessous d'un seuil de notification, est plutôt remplie par une petite partie des exploitants. Ainsi, sur les plus de 11 000 communes hébergeant une ICPE, environ 80 % n'ont aucune déclaration dans BDREP pour la liste des polluants considérés dans le score (certaines avaient néanmoins des déclarations pour d'autres polluants non pris en compte comme les gaz à effet de serre). Ce manque d'exhaustivité de la base de données n'a pas permis d'étudier cette variable en continu dans les modèles d'analyse. Des analyses complémentaires ont été réalisées en imputant une valeur aux communes hébergeant au moins une ICPE mais n'ayant pas de déclaration dans BDREP (cf. 5.1). Cependant, à cause de la forte proportion de 0, ce sont beaucoup de valeurs nulles qui ont été imputées.

Par ailleurs, il faut rappeler que les seuils de notification au-dessus desquels les exploitants ont l'obligation de déclarer des substances, n'ont pas de sens sanitaire (toxicologique) ou environnemental au sens strict. Ils sont néanmoins utilisés pour aider à définir les installations déclarant le plus de rejets, avec une volonté de surveillance et d'abaissement des rejets.

De plus, le fait que la déclaration ne soit pas obligatoire en dessous de ces seuils peut biaiser l'information disponible. La base de données Irep, qui recense seulement les déclarations au-dessus de ces seuils, permettrait ainsi de s'affranchir du potentiel biais de déclaration. Ces 2 bases ont été comparées à l'échelle de chaque bassin. Il a été recensé une moyenne de 42 déclarations par bassin dans BDREP contre 7 déclarations dans Irep. En revanche il est plus difficile de connaître l'impact réel que cela aurait pu avoir sur les scores construits. En effet, avoir plus de déclarations dans une base BDREP ne permet de chiffrer l'impact final sur le score (il peut y avoir de nombreuses déclarations à de faibles quantités). Quelques travaux partiels menés ont montré qu'il est néanmoins possible de récupérer une quantité d'information non négligeable pour certains bassins en utilisant BDREP.

INS

Une force de la base de données INS et qu'elle reprend des éléments de différentes sources (dont BDREP) et permet d'avoir, pour la liste des substances retenues pour l'étude, un score non nul pour l'ensemble des communes de France hexagonale. En revanche, cette base n'a pas eu d'actualisation depuis 2012, ne permettant alors pas de prendre en compte de potentielles évolutions des pressions industrielles sur la période d'étude.

De plus, il existe des incertitudes sur la qualification des sources comme rejets industriels car l'objectif premier de l'inventaire n'est pas de classifier les sources de cette manière (6).

Des différences notables ont été observées en termes de résultats entre les bases BDREP et INS. Il n'a pas été possible dans le cadre de cette étude, d'expliquer l'origine de ces différences. Néanmoins, l'une des spécificités de l'INS est qu'il contient des modules d'estimation complémentaire à BDREP avec des calculs de quantité annuelle à partir de la description d'une caractéristique d'activités ou de secteurs d'activité par exemple.

Il est nécessaire aussi de noter que la méthode de construction des scores par rapport à la normalisation des données est différente entre l'INS et BDREP. La normalisation est réalisée à l'échelle de la commune pour l'INS, alors qu'elle est réalisée à l'échelle de l'ICPE (puis sommée à l'échelle de la commune) pour BDREP.

Enfin, le *buffer* d'exposition aux bassins industriels est défini pour une distance de 4 km mais les scores ont été construits à l'échelle communale. Ainsi, dans un rayon de 4 km, les scores des communes, même proches, peuvent être très différents.

5.2.2.4 Construction des indicateurs de proximité à une installation industrielle ou à un bassin

L'indicateur de proximité à un site industriel permet de considérer dans l'analyse l'ensemble des ICPE, ayant déclaré ou non des rejets dans l'air. Il s'appuie sur l'expertise de l'Ineris quant à la distance d'impact maximale des rejets industriels canalisés (soit la distance de 4 km) (6). Ainsi, il a été possible de déterminer un risque relatif lié à la proximité à une ICPE, à une ICPE classée IED et/ou Seveso ou à un bassin industriel. Les résultats montrent d'ailleurs un lien entre plusieurs indicateurs sanitaires et la proximité à une installation industrielle ne faisant pas partie des bassins en comparaison à une zone non exposée dénuée d'installation industrielle dans les 4 km.

La proximité de moins de 4 km à un bassin industriel a montré une association positive avec l'asthme de l'enfant, la morbidité respiratoire chronique (chez les adultes de moins de 40 ans et de plus de 40 ans) et la prématurité. En prenant en compte une proximité de 2 km, on observe un surrisque seulement pour la morbidité respiratoire chronique. La mesure de proximité à un bassin est imparfaite comme il a déjà été précisé au paragraphe 5.2.2.2. En effet, la proximité de la commune est déterminée par la proximité de son chef-lieu et/ou de son centroïde par rapport au périmètre du bassin.

5.2.3 Définition des indicateurs sanitaires et mobilisation des données

Les indicateurs de santé étudiés ont été priorisés au vu des données de la littérature (cf. paragraphe 3.6.2). Le choix s'est notamment porté sur la population des enfants (asthme, périnatalité) qui permet de se concentrer sur les expositions environnementales et de s'affranchir d'autres expositions (au tabagisme actif, à l'alcool, ou des expositions professionnelles par exemple) ou des questions de mobilité résidentielle.

Pour les différents indicateurs étudiés, les algorithmes d'extraction des données à partir du SNDS ont été définis avec les équipes de Santé publique France qui travaillent plus particulièrement sur la surveillance de ces pathologies à l'échelle nationale.

Cependant, lorsque les données sont extraites à l'échelle de la commune, des précautions sont à prendre en compte pour leur interprétation en tant que proxy d'effet sanitaire. Pour la morbidité respiratoire (chez les enfants et chez adultes), les cas sont identifiés par un algorithme reposant sur le remboursement de médicaments et non sur un diagnostic de pathologie respiratoire. Ainsi, ni la compliance du patient à prendre ses médicaments ni les différences de pratiques de médecins sur le territoire ne sont prises en compte. De même, les cas de petit poids pour l'âge gestationnel ne sont pas identifiés via un diagnostic mais sont des estimations basées sur le calcul réalisé à partir des poids et de l'âge gestationnel renseignés dans les séjours hospitaliers des nouveau-nés, dont la commune peut être discordante avec celle renseignée dans le séjour des mères. Par ailleurs, le code géographique du PMSI correspond au code postal de résidence. Si le code postal regroupe des communes qui accueillent au total plus de 1 000 habitants, le code géographique PMSI correspond au code postal. Dans le cas contraire, le code géographique PMSI correspond à

un code postal agrégé[28]. Ainsi dans ces communes, même en se basant sur leur nom, il est parfois difficile de réattribuer des effectifs de cas, ce qui peut conduire à une sous-estimation des cas. Enfin, la courbe de référence utilisée pour identifier les cas sous le dixième percentile des poids selon l'âge gestationnel (courbes EPOPé (57)) montre aussi des limites d'utilisation, et d'autres courbes d'identification pourraient être testées dans la poursuite des travaux.

Du fait d'une épidémiologie spécifique, il a été décidé d'étudier les cas de morbidité respiratoire chronique chez l'adulte en distinguant un seuil de 40 ans. En effet, une consommation de médicaments pour les maladies obstructives des voies respiratoires avant 40 ans correspond en majorité à de l'asthme (58). Après 40 ans, il est plus difficile de distinguer les différentes pathologies respiratoires, dont l'asthme et la BPCO. C'est la raison pour laquelle, la mention de morbidité respiratoire chronique selon l'âge a été préférée dans ce rapport.

Les données de la BDREP étant disponibles à partir de 2008, il a été possible de tenir compte d'un temps de latence entre l'exposition et les pathologies chez l'adulte ou la mortalité. Pour la morbidité respiratoire chronique, les données BDREP de 2008 à 2012 ont été utilisées pour étudier les données sanitaires de 2013 à 2021. De même, pour la mortalité, les données BDREP agrégées entre 2008 et 2012 ont été utilisées pour la mortalité de 2013 à 2021. En revanche, il n'a pas été possible de tenir compte d'un temps de latence différent selon les indicateurs sanitaires pour l'INS dont l'année la plus récente disponible est 2012.

5.2.4 Construction des facteurs de risque environnementaux et facteurs de confusion et mobilisation des données

Les pathologies étudiées sont multifactorielles, il est difficile de recenser et de créer des indicateurs pour chacun des facteurs de risque. Néanmoins, l'une des forces de cette étude repose dans la prise en compte d'un nombre important de facteurs de risque environnementaux qui ont permis d'ajuster au mieux les modèles. Tout particulièrement, un focus sur l'asthme de l'enfant a été réalisé dans le cadre de l'étude des variations spatio-temporelles des cas d'asthme de l'enfant (1), à travers une vaste revue bibliographique qui a permis d'identifier les facteurs de risque potentiels ne se limitant pas aux facteurs environnementaux. Malgré cet important travail, certains facteurs de risque n'ont pas pu être étudiés car il était impossible de créer un indicateur à l'échelle de la commune sur l'ensemble de la France. C'est le cas par exemple de la pollution de l'air intérieur ou des expositions alimentaires.

Pour l'étude des autres indicateurs sanitaires (mortalité, morbidité respiratoire chez l'adulte, indicateurs de périnatalité), un travail d'identification des facteurs de risque environnementaux a également été mené via une revue de la littérature. Aussi, n'ont été retenus que les facteurs identifiés dans les principales revues et études à ce sujet (cf. 3.7.1.1). Pour l'analyse de la mortalité toutes causes, seule la pollution de l'air a été prise en compte.
Pour l'ensemble des indicateurs sanitaires étudiés, ce sont jusqu'à 15 facteurs de risque pour l'analyse de l'asthme de l'enfant qui ont été considérés à travers la construction d'indicateurs dédiés au projet, à l'échelle communale. Cependant, certains n'étaient disponibles qu'à l'échelle départementale. La valeur du département a donc été affectée à l'ensemble des communes le constituant, gommant ainsi les nuances infradépartementales. C'est le cas pour les températures annuelles moyennes ou les pollens. Pour certains facteurs, un travail complémentaire d'ajustement au bon référentiel communal a dû être réalisé pour permettre le croisement des données. Cependant la prise en compte de ces nombreux facteurs d'ajustement ne permet pas d'expliquer l'hétérogénéité de distribution spatiale des cas d'asthme de l'enfant (1).

[28] Source : https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/codes-geographiques-pmsi/

Il est à noter que de nombreuses données (données de pollution de l'air, données climatiques…) ne sont disponibles que sur la France hexagonale et pas pour les départements d'Outre-mer, ce qui notamment conduit en plus d'autres considérations (singularité et spécificité du territoire) à la non-inclusion du bassin de Kourou dans l'étude BIS.

Enfin, l'exposition au tabagisme a été prise en compte comme facteur de risque pour la mortalité toutes causes et la morbidité respiratoire chronique. L'indicateur de mortalité par cancer du poumon ou des VADS construit pour 2013-2021 reflète une consommation de tabac datant d'au moins une dizaine d'années (le CIRC recommande de considérer un temps de latence de 10 ans), soit 2003-2011. En revanche, pour l'étude de la périnatalité de 2013 à 2022, l'exposition in utero au tabagisme passif pouvant avoir un impact sur les issues de grossesse doit être prise en compte sans temps de latence. Le proxy du tabagisme construit n'est alors donc pas pertinent.

5.2.5 Interopérabilité et croisement des données

L'ensemble des variables environnementales, socio-démographiques et sanitaires étudiées dans l'étude, en lien avec les bassins industriels ont été construites à partir de bases de données existantes, créées pour répondre à des besoins divers parfois très éloignés de la surveillance sanitaire (administratifs, gestion, etc.). Un travail d'appropriation et de mise en cohérence de ces données a alors été nécessaire. Les indicateurs construits à partir des données de ces bases l'ont été à l'échelle des communes (référentiel 2021), unité spatiale de référence de l'étude sur l'ensemble du territoire hexagonal et sur l'ensemble de la période d'étude. C'est ainsi que les données environnementales et socio-démographiques ont pu être croisées avec les données sanitaires. En lien avec le HDH et le GD4H, Santé publique France a pu partager à la communauté scientifique le script de construction d'une base commune des indicateurs utilisés dans l'analyse de l'asthme de l'enfant (1).

5.3 Perspectives et préconisations

5.3.1 Perspectives pour des études futures – faisabilité de mettre en œuvre une surveillance autour des bassins industriels

Santé publique France a inscrit un axe fort de travail dans sa programmation concernant la santé des populations vivant dans les bassins industriels. La réalisation de cette étude, en réponse à l'appel à projets du GD4H et de l'HDH, a permis d'apporter des réponses utiles pour la suite du projet. En mobilisant les données disponibles, elle a contribué à mieux cerner la problématique posée, non seulement autour des bassins industriels, mais aussi des installations industrielles en général. Elle a également montré les possibilités d'exploitation des données mobilisables en environnement et en santé, issues d'un recueil passif à l'échelle communale. L'ensemble de ces résultats s'inscrivent ainsi comme une base utile pour la suite des travaux de Santé publique France sur cette thématique.

5.3.2 Perspectives et préconisations dans le cadre de la mobilisation des données et de leur croisement

En l'absence de données environnementales plus précises (mesures de l'état des milieux ou modélisation) et au vu du temps imparti, c'est l'utilisation d'un *buffer* d'exposition autour des bassins industriel couplé à l'utilisation d'un score d'une part et un indicateur de proximité d'ICPE d'autre part qui ont été utilisés comme proxy d'exposition des populations aux bassins industriels.

5.3.2.1 Utilisation de données d'identification des ICPE

Pour définir les bassins industriels, c'est la base ICPE 2016 qui a été utilisée comme un « instantané », il n'y avait pas des données plus anciennes disponibles car l'outil évolue au fil des années. Il serait utile de disposer de version annuelle et d'une information indiquant la date d'implantation et fermeture des sites afin de pouvoir objectiver la transformation géographique de certains bassins industriels (croissance et décroissance) d'autant qu'il est important de tenir compte de temps de latence entre une exposition et ses effets potentiels sur la santé.

5.3.2.2 Utilisation des bases de données environnementales sur les rejets industriels : BD REP et INS

Concernant l'utilisation des bases de données et notamment la base BDREP, celle-ci a posé beaucoup de questions au vu de ses objectifs initiaux. Il aurait été nécessaire de disposer de données plus exhaustives des rejets industriels annuels sur tout le territoire pour pouvoir bénéficier d'un état des lieux plus représentatif.

La base INS a présenté des qualités mais n'a plus été mise à jour depuis 2012 et ne dispose pas de données pour les départements d'Outre-mer. En revanche, la base BDREP mise à jour annuellement n'est pas suffisante en l'état à des fins épidémiologiques.

Une autre source de données environnementales pourrait être envisagée. Dans le cadre des dossiers de demande d'autorisation environnementale des installations de type IED, des données de mesures et surveillance autour des installations et des résultats de modélisation doivent être fournis pour estimer la part attribuable de leurs émissions à la qualité des milieux. La centralisation de ce type de données, au niveau national, de même que celles issues de surveillances environnementales parfois mises en place autour d'ICPE, permettrait de disposer d'éléments complémentaires.

5.3.2.3 Données de santé et algorithme de récupération

Les données utilisées sont celles du SNDS, à partir d'algorithmes spécifiques à chaque indicateur de santé étudié. Il a fallu prévoir un nettoyage des données et s'assurer de leur qualité à l'issue des extractions. Cela sous-entend de bien anticiper les temps de toutes ces phases de traitement et d'échange entre les équipes afin d'interpréter au mieux les résultats. Il existe en effet des limites inhérentes à la définition de cas à partir de données médico-administratives et d'éventuelles évolutions des algorithmes d'extraction des données sont possibles.

L'étude BIS a priorisé les indicateurs de santé au vu des contraintes de l'appel à projet (18 mois). Pour la poursuite des travaux sur l'étude de l'état de santé des populations riveraines de bassins industriels, d'autres pathologies pourront être étudiées à partir des données du SNDS, telles que les maladies cardiovasculaires. Concernant l'incidence des cancers, si les registres pédiatriques permettent d'étudier l'incidence des cancers de l'enfant sur l'ensemble du territoire, les registres de cancer chez l'adulte ne couvrent que partiellement les départements français : seul un quart des grands bassins industriels est couvert par un registre de cancer chez les personnes âgées de plus de 18 ans.

5.3.2.4 Interopérabilité des données

Un des paramètres importants pour permettre le croisement des données reste la qualité des données et nécessite de ce fait un traitement et une bonne connaissance des données disponibles en amont du croisement.

Par ailleurs, pour pouvoir croiser les données, il est nécessaire de disposer de base de croisement commune, ici la base choisie était l'échelle communale, cela a demandé quelques traitements pour que les données soient considérées sous le même référentiel. La plus grande difficulté technique est liée à la volumétrie des données manipulées et à la nécessité de disposer de la puissance informatique nécessaire.

6. CONCLUSION

Cette étude nationale a permis d'analyser, pour la première fois en France, le lien entre proximité de grands bassins industriels et l'état de santé des populations riveraines, à travers la mobilisation de plusieurs de bases de données.

Plusieurs indicateurs de santé (asthme de l'enfant, morbidité respiratoire chez l'adulte, prématurité, petit poids pour l'âge gestationnel et mortalité toutes causes hors morts violentes) et deux indicateurs de pression industriels distincts ont été considérés, soit basés sur des scores de pression industrielle, soit basés sur la proximité à un site industriel dont les grands bassins.

Pour approcher l'exposition de la population, l'Ineris a proposé la définition d'une zone d'exposition autour des grands bassins et une méthode de construction d'indicateurs de pressions environnementales sous forme de scores à partir de données annuelles des émissions atmosphériques industrielles disponibles (BDREP -2008 à 2021) et de l'inventaire national spatialisé (INS 2012) (6).

Des limites sont apparues quant à l'utilisation de la BDREP pour l'ensemble du territoire, au regard de l'objectif initial de cette base. Les limites de l'INS sont moins contraignantes, ce qui a permis de définir des indicateurs communaux de pression industrielle pour toutes les communes de France hexagonale.

Lorsque l'on considère les scores communaux de pression industrielle, aucun surrisque associé à l'exposition aux bassins industriels n'est mis en évidence. En revanche, dans les communes présentant un score INS élevé, un surrisque d'asthme chez l'enfant est observé pour les communes situées à proximité d'un bassin industriel, comparativement à celles qui ne le sont pas. Ce résultat n'est pas retrouvé avec le score construit à partir de la BDREP.

Un surrisque d'asthme de l'enfant mais aussi de morbidité respiratoire chronique chez les adultes âgés de 40 ans ou plus est également observé dans les communes à proximité d'un bassin industriel, par rapport aux communes à plus de 4 km d'une ICPE. Des surrisques de morbidité respiratoire chronique chez les adultes de moins de 40 ans et de prématurité sont aussi suggérés.

De façon plus générale à la problématique industrielle, un surrisque de tous les indicateurs sanitaires étudiés est observé pour des expositions plus importantes à des rejets industriels, estimées par le score INS. Ces résultats ne sont pas retrouvés avec les scores de pression industrielle calculés à partir de la BDREP.

De plus, un risque plus élevé est également retrouvé pour tous les indicateurs de santé étudiés, excepté les PAG, dans les communes situées à proximité d'une industrie de type IED ou Seveso par rapport aux communes situées à distance de toute ICPE ou d'un bassin.

Enfin, un surrisque d'asthme et de mortalité toutes causes hors morts violentes est également observé dans les communes à proximité d'une ICPE (non IED ou Seveso). Des surrisques de prématurité et de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans ou plus sont également suggérés à proximité d'une ICPE.

Si certains des résultats de cette étude ont montré une association entre une exposition liée à des industries (et pas uniquement celles présentes au sein d'un bassin industriel) et des surrisques pour certains indicateurs de santé, il faut toutefois les mettre en perspectives, au vu des limites identifiées des bases de données utilisées et du design même de l'étude, de

nature écologique, qui ne permet pas d'établir de lien causal entre l'exposition industrielle et l'apparition des pathologies étudiées.

Cette approche écologique a permis d'identifier et d'exploiter les bases de données environnementales disponibles pour étudier les liens entre l'exposition aux bassins industriels et la santé des populations riveraines, et d'en identifier les limites pour une utilisation lors d'études à visée épidémiologique (actualisation, historisation, précision, accessibilité et non disponibilité, notamment pour les territoires d'Outre-Mer), et notamment dans la poursuite des travaux de Santé publique France sur la mise en place d'une surveillance sanitaire autour de l'ensemble des bassins industriels français.

Références bibliographiques

1. Morel P, Goria S, Stempfelet M, Ben Raies J, Serra D, Hardy P, *et al.* Bassins industriels et santé : Focus sur l'asthme de l'enfant - Étude des variations spatio-temporelles de l'incidence et de leurs déterminants, en France de 2015 à 2021. Saint-Maurice: Santé publique France; 2025. - À paraître

2. Iavarone I, Pasetto R. ICSHNet. Environmental health challenges from industrial contamination. Epidemiologia e prevenzione. 2018;42(5-6 Suppl 1):5-7.

3. Buteau S, Shekarrizfard M, Hatzopolou M, Gamache P, Liu L, Smargiassi A. Air pollution from industries and asthma onset in childhood: A population-based birth cohort study using dispersion modeling. Environmental research. 2020;185:109180.

4. Chang WW, Boonhat H, Lin RT. Incidence of Respiratory Symptoms for Residents Living Near a Petrochemical Industrial Complex: A Meta-Analysis. International journal of environmental research and public health. 2020;17(7).

5. Roudier C, Ben-Raies J, Hardy P, Andriamboavonjy T, Goria S, Bidondo ML, et al. . Surveillance épidémiologique autour des grands bassins industriels : description des bassins industriels et des données disponibles pour caractériser l'exposition des populations. Saint-Maurice: Santé publique France; 2024.

6. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2025, Bassins Industriels et Santé (BIS) - Volet 1 Construction d'indicateurs liés aux émissions atmosphériques industrielles, Ineris - 217401- 2789780 – v3

7. Ineris. Etude des distances d'impact – Règle de Stern. 2021.

8. Buteau S, Doucet M, Tétreault LF, Gamache P, Fournier M, Brand A, *et al.* A population-based birth cohort study of the association between childhood-onset asthma and exposure to industrial air pollutant emissions. Environment international. 2018;121(Pt 1):23-30.

9. Chiang TY, Yuan TH, Shie RH, Chen CF, Chan CC. Increased incidence of allergic rhinitis, bronchitis and asthma, in children living near a petrochemical complex with SO2 pollution. Environment international. 2016;96:1-7.

10. Idavain J, Julge K, Rebane T, Lang A, Orru H. Respiratory symptoms, asthma and levels of fractional exhaled nitric oxide in schoolchildren in the industrial areas of Estonia. The Science of the total environment. 2019;650(Pt 1):65-72.

11. Mock K, Palma AM, Wu J, Billimek J, Lu KD. Breathing Room: Industrial Zoning and Asthma Incidence Using School District Health Records in the City of Santa Ana, California. International journal of environmental research and public health. 2022;19(8).

12. Amster ED, Haim M, Dubnov J, Broday DM. Contribution of nitrogen oxide and sulfur dioxide exposure from power plant emissions on respiratory symptom and disease prevalence. Environ Pollut. 2014;186:20-8.

13. Hagemeyer AN, Sears CG, Zierold KM. Respiratory Health in Adults Residing Near a Coal-Burning Power Plant with Coal Ash Storage Facilities: A Cross-Sectional Epidemiological Study. International journal of environmental research and public health. 2019;16(19).

14. Nuvolone D, Petri D, Pepe P, Voller F. Health effects associated with chronic exposure to low-level hydrogen sulfide from geothermoelectric power plants. A residential cohort study in the geothermal area of Mt. Amiata in Tuscany. The Science of the total environment. 2019;659:973-82.

15. Bae HJ, Kang JE, Lim YR. Assessment of Relative Asthma Risk in Populations Living Near Incineration Facilities in Seoul, Korea. International journal of environmental research and public health. 2020;17(20).

16. Tomita A, Cuadros DF, Burns JK, Tanser F, Slotow R. Exposure to waste sites and their impact on health: a panel and geospatial analysis of nationally representative data from South Africa, 2008-2015. Lancet Planet Health. 2020;4(6):e223-e34.

17. Singh SK, Chokhandre P, Salve PS, Rajak R. Open dumping site and health risks to proximate communities in Mumbai, India: A cross-sectional case-comparison study. Clinical Epidemiology and Global Health. 2021;9:34-40.

18. Eom SY, Lee B, Hong S, Hong YS, Choi KH, Kwon HJ, *et al.* Exposure to Hazardous Substances and Their Health Effects Among Residents Living Near Three Industrial Waste Incinerators in Korea. J Korean Med Sci. 2023;38(37):e289.

19. Khatatbeh M, Alzoubi K, Khabour O, Al-Delaimy W. Adverse Health Impacts of Living Near an Oil Refinery in Jordan. Environ Health Insights. 2020;14:1178630220985794.

20. Al-Wahaibi A, Zeka A. Health impacts from living near a major industrial park in Oman. BMC Public Health. 2015;15:524.

21. Ancona C, Badaloni C, Mataloni F, Bolignano A, Bucci S, Cesaroni G, *et al.* Mortality and morbidity in a population exposed to multiple sources of air pollution: A retrospective cohort study using air dispersion models. Environmental research. 2015;137:467-74.

22. Bergstra AD, Been JV, Burdorf A. The association of specific industry-related air pollution with occurrence of chronic diseases: A register-based study. Environmental research. 2022;209:112872.

23. Cambra K, Martinez-Rueda T, Alonso-Fustel E, Cirarda FB, Ibanez B, Esnaola S, *et al.* Mortality in small geographical areas and proximity to air polluting industries in the Basque Country (Spain). Occupational and environmental medicine. 2011;68(2):140-7.

24. De Rocchi D, Zona A, Tumino R, Egidi V, Pasetto R. Mortality temporal trends and cancer incidence profiles of residents in the petrochemical industrially contaminated town of Gela (Sicily, Italy). Annali dell'Istituto superiore di sanita. 2021;57(2):174-82.

25. García-Pérez J, Fernández de Larrea-Baz N, Lope V, Molina AJ, O'Callaghan-Gordo C, Alonso MH, *et al.* Residential proximity to industrial pollution sources and colorectal cancer risk: A multicase-control study (MCC-Spain). Environment international. 2020;144:106055.

26. García-Pérez J, Lope V, Fernández de Larrea-Baz N, Molina AJ, Tardón A, Alguacil J, *et al.* Risk of gastric cancer in the environs of industrial facilities in the MCC-Spain study. Environmental Pollution. 2021;278:116854.

27. García-Pérez J, Lope V, Pérez-Gómez B, Molina AJ, Tardón A, Díaz Santos MA, *et al.* Risk of breast cancer and residential proximity to industrial installations: New findings from a multicase-control study (MCC-Spain). Environ Pollut. 2018;237:559-68.

28. García-Pérez J, Morales-Piga A, Gómez J, Gómez-Barroso D, Tamayo-Uria I, Pardo Romaguera E, *et al.* Association between residential proximity to environmental pollution sources and childhood renal tumors. Environmental research. 2016;147:405-14.

29. García-Pérez J, López-Abente G, Gómez-Barroso D, Morales-Piga A, Romaguera EP, Tamayo I, *et al.* Childhood leukemia and residential proximity to industrial and urban sites. Environmental research. 2015;140:542-53.

30. García-Pérez J, Morales-Piga A, Gómez-Barroso D, Tamayo-Uria I, Pardo Romaguera E, López-Abente G, *et al.* Residential proximity to environmental pollution sources and risk of rare tumors in children. Environmental research. 2016;151:265-74.

31. García-Pérez J, Morales-Piga A, Gómez-Barroso D, Tamayo-Uria I, Pardo Romaguera E, López-Abente G, *et al.* Risk of bone tumors in children and residential proximity to industrial and urban areas: New findings from a case-control study. The Science of the total environment. 2017;579:1333-42.

32. García-Pérez J, Gómez-Barroso D, Tamayo-Uria I, Ramis R. Methodological approaches to the study of cancer risk in the vicinity of pollution sources: the experience of a population-based case-control study of childhood cancer. Int J Health Geogr. 2019;18(1):12.

33. Roudier C, Kairo C, Legendre L, Bidondo M-L, Ben Raies J, Stempfelet M, *et al.* Quelles donneés pour une surveillance nationale autour des bassins industriels français. IXème Congrès International d'Epidémiologie« Epidémiologie et santé publique: union des forces en francophonie »; Août 2022; Québec2022.

34. Medina S, Corso M, Chanel O, Wagner V, De Crouy Chanel P, Host S, *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 1 : Évaluation quantitative d'impact sur la santé (EQIS-PA). . Santé publique France; 2025.

35. Gomes E, Menguy C, Cahour L, Lebreton E, Regnault N, périnatalité Gdtslie. Rapport de surveillance de la santé périnatale en France 2010-2019. Saint-Maurice: Santé publique France; 2024.

36. Adélaïde L, Hough I, Seyve E, Kloog I, Fifre G, Launoy G, *et al.* Environmental and social inequities in continental France: an analysis of exposure to heat, air pollution, and lack of vegetation. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. 2024;34(6):962-72.

37. Joly D, Brossard T, Cardot H, Cavailhès J, Hilal M, Wavresky P. Les types de climats en France, une construction spatiale. Cybergeo: European Journal of Geography. 2010.

38. RNSA. BULLETIN ALLERGO-POLLINIQUE 2023 N°33 édité le 18 août. 2023.

39. Atmo France. L'indice pollinique [Available from: https://www.atmo-france.org/article/lindice-pollinique.

40. Rey G, Jougla E, Fouillet A, Hémon D. Ecological association between a deprivation index and mortality in France over the period 1997 - 2001: variations with spatial scale, degree of urbanicity, age, gender and cause of death. BMC Public Health. 2009;9:33.

41. Beck S, De Bellefon M-P, Forest J, Gerardin M, Levy D. La grille communale de densité à 7 niveaux. Documents de travail N°2022-18. Insee; 2023.

42. Besag J, York J, Mollié A. Bayesian image restoration, with two applications in spatial statistics. Annals of the Institute of Statistical Mathematics. 1991;43(1):1-20.

43. Riebler A, Sørbye SH, Simpson D, Rue H. An intuitive Bayesian spatial model for disease mapping that accounts for scaling. Stat Methods Med Res. 2016;25(4):1145-65.

44. Rue H, Martino S, Chopin N. Approximate Bayesian Inference for Latent Gaussian models by using Integrated Nested Laplace Approximations. Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology. 2009;71(2):319-92.

45. Lee D. CARBayes: An R Package for Bayesian Spatial Modeling with Conditional Autoregressive Priors. Journal of Statistical Software. 2013;55(13):1 - 24.

46. Wood SN. Generalized Additive Models: An Introduction with R, Second Edition (2d ed.). Hall/CRC. Ca, editor2017.

47. Gautier C, Lecam MT, Basses S, Pairon JC, Andujar P. Définition de l'asthme en relation avec le travail et ses conséquences sociales et professionnelles chez l'adulte et l'adolescent. Revue des Maladies Respiratoires. 2021;38(9):914-35.

48. Centre International de Recheche sur le Cancer. Les cancers attribuables au mode de vie et à l'environnement en France métropolitaine. Lyon; 2018.

49. Stekhoven DJ, Bühlmann P. MissForest—non-parametric missing value imputation for mixed-type data. Bioinformatics. 2011;28(1):112-8.

50. Fouillet A, Ghosn W, Rivera C, Clanché F, Coudin E. Grandes causes de mortalité en France en 2021 et tendances récentes. Bulletin épidémiologique hebdomadaire. 2023;26:554-69.

51. García-Pérez J, Pollán M, Boldo E, Pérez-Gómez B, Aragonés N, Lope V, *et al.* Mortality due to lung, laryngeal and bladder cancer in towns lying in the vicinity of combustion installations. The Science of the total environment. 2009;407(8):2593-602.

52. García-Pérez J, López-Cima MF, Boldo E, Fernández-Navarro P, Aragonés N, Pollán M, *et al.* Leukemia-related mortality in towns lying in the vicinity of metal production and processing installations. Environment international. 2010;36(7):746-53.

53. García-Pérez J, Pérez-Abad N, Lope V, Castelló A, Pollán M, González-Sánchez M, *et al.* Breast and prostate cancer mortality and industrial pollution. Environ Pollut. 2016;214:394-9.

54. Marquès M, Domingo JL, Nadal M, Schuhmacher M. Health risks for the population living near petrochemical industrial complexes. 2. Adverse health outcomes other than cancer. The Science of the total environment. 2020;730:139122.

55. Barry Y. Approches individuelles et territoriales du désavantage socio-économique et rôle de la littératie en santé dans les associations avec la morbi-mortalité périnatale et la morbidité maternelle. 2023.

56. Launay Ludivine GF, Medjkane Mohand, Launoy Guy, Dejardin Olivier Indice d'accessibilité (SCALe) aux soins en France métropolitaine. Congrès 2023 de la Société Française de Santé Publique; Saint-Etienne2023.

57. Verspyck E, Gascoin G, Senat MV EA, Simon L, Guellec I, Monier I, Zeitlin J, Subtil D, Vayssiere C. Les courbes de croissance Ante et Post-natales en France - Recommandations pour la pratique clinique du Collège National des Gynécologues et Obstétriciens Français (CNGOF) et de la Société Française de Néonatologie (SFN). Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie. 2022;5229(1):1-62.

58. Tuppin P, Aguadé A-S, Guillo S, Gastaldi C, Taillé C. Evaluation of drug deliveries and refunds for obstructive airway diseases in France between 2012 and 2017. Respiratory Medicine and Research. 2021;80:100854.

59. Shrestha SK, Lambert KA, Erbas B. Ambient pollen concentrations and asthma hospitalization in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. J Asthma. 2021;58(9):1155-68.

60. Steinegger L, Regenass S, Bachmann LM, Probst E, Steiner UC. Atopy and related clinical symptoms among Swiss medical students from 2007 to 2015. Allergy, Asthma & Clinical Immunology. 2018;14(1):4.

ANNEXES

Annexe 1. Les grands bassins industriels identifiés en France par SIG

Région	Nom du Bassin*
Hauts-de-France	
	AMIENS
	BOULOGNE-SUR-MER
	DOUAI
	DUNKERQUE
	LILLE LOOS
	VALENCIENNES
	VILLERS-SAINT-PAUL
Normandie	
	LE HAVRE GONFREVILLE
	PORT-JERÔME
	ROUEN
Bretagne	
	RENNES
Pays de la Loire	
	SAINT-NAZAIRE MONTOIR-DE-BRETAGNE
Nouvelle-Aquitaine	
	AMBES
	ANGOULÊME
	BASSENS
	COGNAC
	LACQ
Provence-Alpes-Côte d'Azur	
	BERRE L'ÉTANG
	FOS-SUR-MER
	GRASSE
	MARSEILLE
	MARTIGUES
Auvergne-Rhône-Alpes	
	LYON SUD
	PAYS ROUSSILLONNAIS
	PONT-DE-CLAIX
	SAINT-ÉTIENNE
	SAINT-VULBAS
	VALENCE
Bourgogne-Franche-Comté	
	CHALON-SUR-SAÔNE
	DIJON
Grand Est	
	CARLING ST-AVOLD
	FLORANGE
	ILLZACH
	OTTMARSHEIM
	STRASBOURG
	THANN CERNAY
Île-de-France	
	CRÉTEIL BONNEUIL
	LIMAY
	MITRY-MORY
	MONTEREAU-FAULT-YONNE
	NORD PARISIEN
Guyane	
	KOUROU

*Les bassins sont désignés par le nom de la ou des villes présentant le plus d'industries IED ou Seveso, dans un but d'harmonisation, excepté pour le Nord Parisien qui s'étend sur plusieurs départements.

Annexe 2. Synthèse des travaux de l'Ineris pour le volet 1 de l'étude BIS

Note externe
(ID Modèle = 659682)

Ineris-217401-2819361-v1.0 13/12/2024

Entité émettrice :	SIT	Rédacteur :	GUERIN Sabine

Synthèse des travaux de l'Ineris dans le volet 1 du projet BIS

Destinataires :	Cécile Kairo, Candice Roudier, Perrine Hardy, Guillaume Boulanger	Copies :	Arnaud Charmoille, Laure Malherbe, Stéphane Duplantier, Hafid Baroudi

Les travaux de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) dans le volet 1 du projet BIS avaient pour objectif la construction d'indicateurs environnementaux liés aux émissions atmosphériques industrielles à l'échelle nationale. Ces indicateurs doivent permettre de caractériser la pression environnementale exercée au niveau communal pour les grands bassins industriels identifiés par Santé publique France en 2024[29]. Considérant les pathologies étudiées dans le cadre du projet BIS, notamment l'asthme, ainsi que les données disponibles, les travaux se sont concentrés sur les émissions atmosphériques.

En se basant sur la définition du périmètre précis des bassins délimités par Santé publique France, l'Ineris a d'abord identifié les communes intersectées par le périmètre du bassin. Par ailleurs, les communes susceptibles d'être les plus exposées aux activités d'un bassin ont également été répertoriées en se fondant sur des travaux de l'Ineris concernant la distance d'impact maximale des émissions canalisées d'une installation[30]. Une distance maximum de 2 km depuis la source pour l'impact maximal et une distance double, soit 4 km depuis la source, comme distance d'impact potentielle ont été retenues. La sélection des communes dites « exposées » repose ensuite sur l'inclusion de leur centroïde géographique et/ou de leur chef-lieu administratif dans la zone tampon circulaire de 4 km de rayon autour de chaque périmètre des bassins industriels dessiné par Santé publique France.

Ainsi, 343 communes, soit environ 1 % des communes du territoire français, ont été identifiées comme intersectant le périmètre d'un bassin tandis que 766 communes ont été considérées comme potentiellement exposées aux activités des bassins, soit 2 % des communes de France.

Une liste de 8 polluants a été retenue dans le cadre de la construction d'un indicateur de pression environnementale, proxy[31] de l'activité industrielle : SO_2 (dioxyde de soufre), NO_x (oxydes d'azote), As (arsenic), Cd (cadmium), Hg (mercure), Ni (nickel), Pb (plomb) et COV_{NM} (Composés Organiques Volatils Non Méthaniques). Une liste complémentaire de 4 polluants a également été considérée en plus de la première dans le cadre d'une analyse de sensibilité, considérant que les émissions de ces polluants sont souvent déclarées dans les bassins industriels : les dioxines-furanes (PCDD/F), les particules fines inférieures à 10 µm (PM_{10}), les poussières totales en suspension (TSP) et le benzène.

La complétude et la précision thématique, spatiale et temporelle des bases de données possiblement pertinentes pour le projet ont été préalablement étudiées. En l'absence de données

[29] Roudier, Candice, J. Ben Raies, P. Hardy, T. Andriamboavonjy, S. Goria, and ML Bidondo. 2024. Surveillance Épidémiologique Autour Des Grands Bassins Industriels : Description Des Bassins Industriels et Des Données Disponibles Pour Caractériser l'exposition Des Populations. Saint-Maurice.
[30] Ineris. 2021. « Étude Des Distances d'impact – Règle de Stern » (Ineris-177722-1865607-v1.0).
[31] Le terme proxy utilisé ici se définit comme une variable destinée à en représenter une autre, soit parce que cette dernière n'est pas disponible, soit parce que son estimation serait peu fidèle ou impossible à obtenir.

d'exposition spécifiques des émissions des bassins, l'Ineris, en collaboration avec Santé publique France a construit deux proxys d'activités industrielles basés sur les données d'émissions atmosphériques, soit celles de BDREP (base de données du registre des émissions polluantes et des déchets), soit celles de l'INS (inventaire national spatialisé des émissions atmosphériques), et d'un proxy lié au trafic routier, visant à caractériser le trafic engendré par les bassins qui sera utilisé comme facteur de confusion. Ces variables nous semblent les plus pertinentes dans le contexte actuel des connaissances et des données disponibles exploitables pour les polluants considérés.

La construction des indicateurs environnementaux liés aux émissions atmosphériques industrielles déclarées dans BDREP a consisté en une normalisation des données d'émission pour chacun des polluants d'intérêt au niveau de chaque installation et pour chaque année d'étude (de 2008 à 2022). Ces données ont ensuite été agrégées spatialement à l'échelle de commune ou du bassin. Au vu de la méthode de construction de l'indicateur, la normalisation par année rend la comparaison des valeurs dans le temps complexe, les normalisations reposant sur les émissions maximales de chaque polluant spécifiques de chaque année. Ainsi, une diminution de l'indicateur dans le temps ne signifie pas forcément une diminution des émissions mais indique plutôt que relativement à la valeur maximale nationale de l'année considérée, l'émission se situe à un niveau plus bas que l'année précédente. La représentation de cet indicateur ainsi que la limite des bassins industriels pour l'année 2016 sont présentées en exemple en Figure 17.

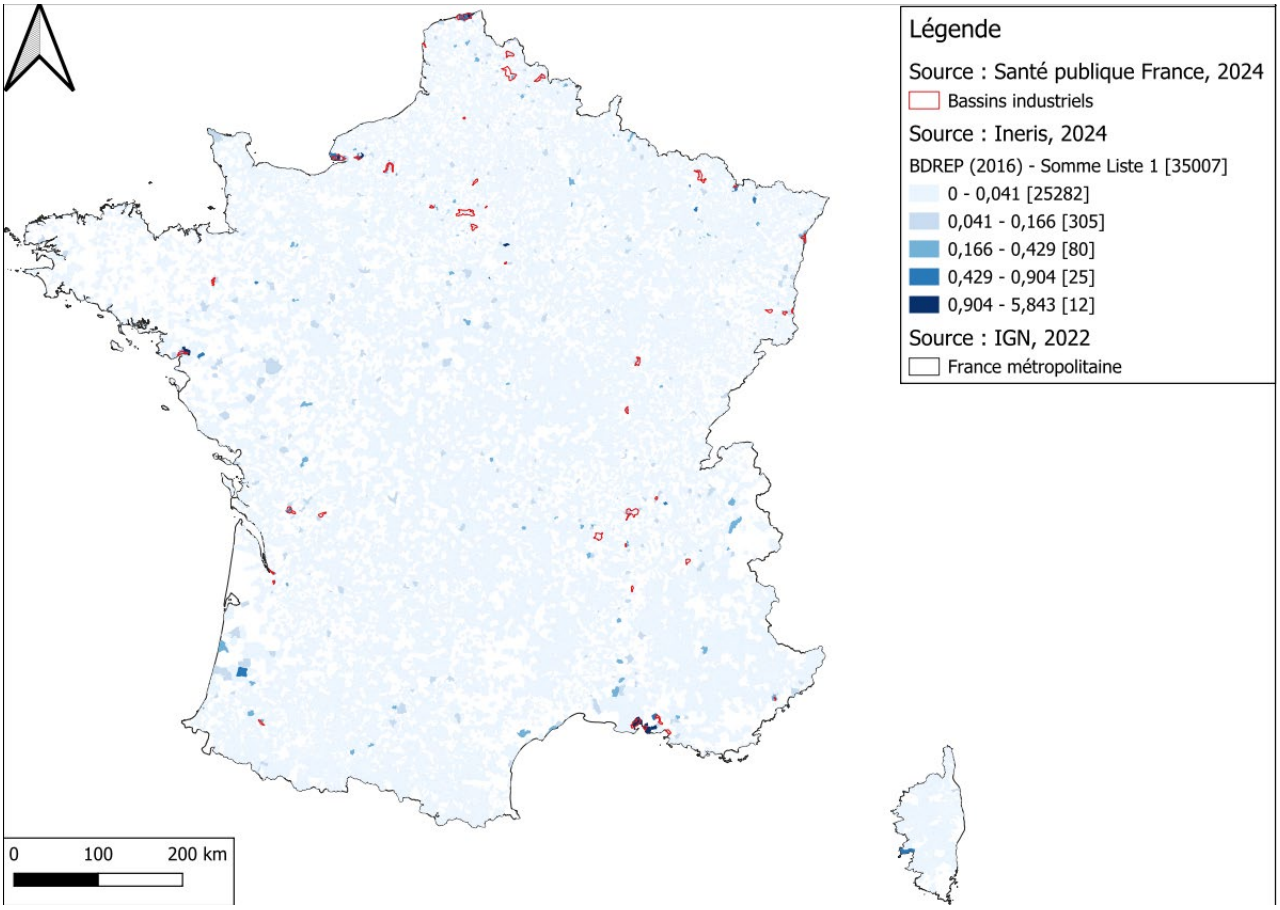


Figure 17 : Somme des 8 indicateurs pour les polluants de la liste 1 (SO_2, NO_x, As, Cd, Hg, Ni, Pb et COV_{NM}) pour l'année 2016 pour les émissions déclarées dans BDREP

L'indicateur de pression environnementale lié aux émissions atmosphériques estimées dans l'INS illustré en Figure 18 a été construit en identifiant des sources considérées comme « industrielles » selon les objectifs du projet et la définition des bassins par Santé publique France.

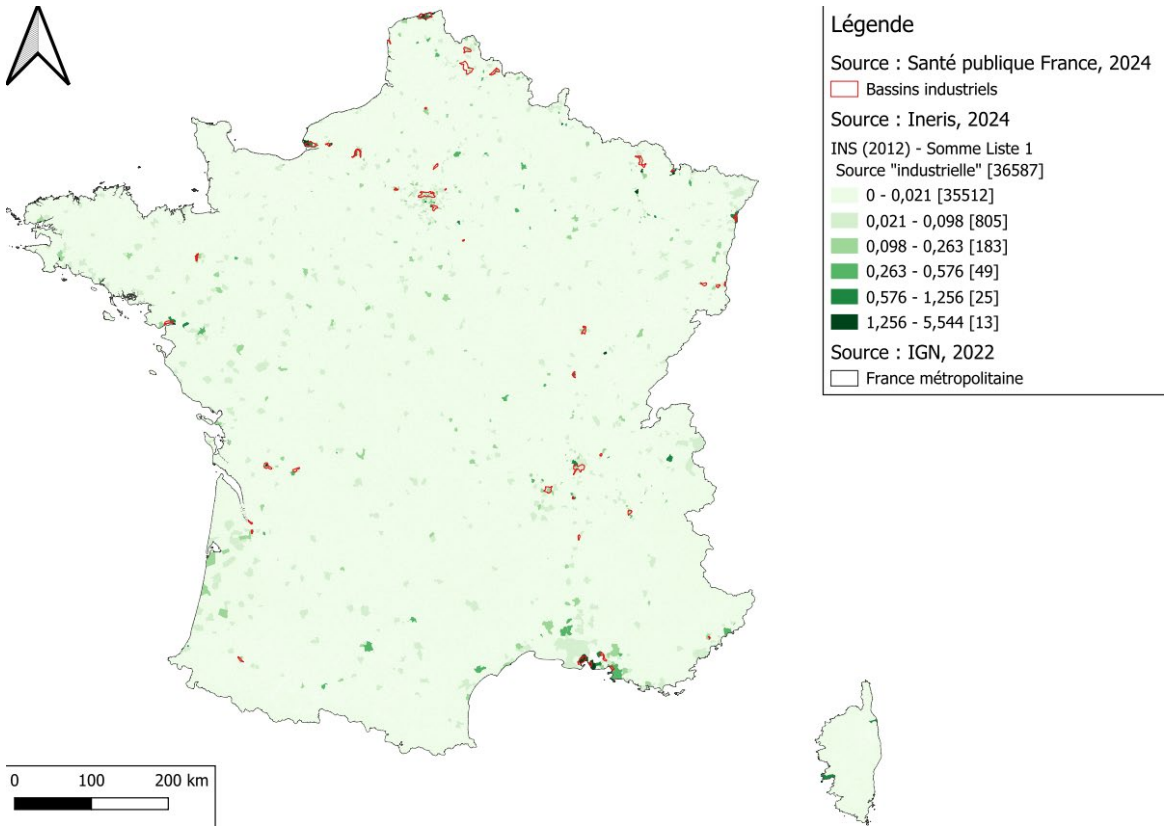


Figure 18 : Somme des 8 indicateurs pour les polluants de la liste 1 (SO_2, NO_x, As, Cd, Hg, Ni, Pb et COV_{NM}) pour l'année 2012 et pour les sources d'émission considérées comme « industrielles » dans l'INS

L'utilisation et l'exploitation de données environnementales d'émissions présentent de nombreux défis, notamment lorsque les seules bases de données disponibles n'ont pas été conçues avec l'objectif d'estimer une exposition pour la population. La conception de ces bases et leur évolution répondent souvent à des contraintes réglementaires, juridiques et financières. Les travaux réalisés ont mis en lumière les limites et les incertitudes inhérentes aux données d'entrée exploitées, ainsi qu'aux méthodologies et aux choix effectués dans la définition des indicateurs.

Les données disponibles n'ont pas permis de construire un indicateur représentatif de l'exposition des populations. Pour se doter à terme d'un tel indicateur, un travail de recueil des données existantes et de production de nouvelles données adaptées à cet objectif serait nécessaire. En l'absence de données d'exposition à une échelle suffisamment fine pour répondre aux besoins du projet, la construction de proxys a permis de produire des indicateurs environnementaux nationaux représentatifs de l'intensité de l'activité industrielle.

Les travaux synthétisés dans ce chapitre sont détaillés dans une note méthodologique rédigée par l'Ineris en 2024 et intitulée « Bassins Industriels et Santé (BIS) - Volet 1 Construction d'indicateurs liés aux émissions atmosphériques industrielles » (Ineris - 217401 - 2789780 – v3).

Annexe 3. Liste des classes thérapeutiques considérées - Médicaments pour les maladies obstructives des voies respiratoires

Classes thérapeutiques	PHA_ATC_CLA	PHA_ATC_LIB
β_2-mimétiques inhalés	R03AC02	SALBUTAMOL
	R03AC03	TERBUTALINE
	R03AC04	FENOTEROL
	R03AC08	PIRBUTEROL
	R03AC12	SALMETEROL
	R03AC13	FORMOTEROL
	R03AC18	INDACATEROL
	R03AC19	OLODATEROL
Associations de bronchodilatateurs de courte durée d'action (β_2-mimétiques+anticholinergique courte durée) *(inhalés)*	R03AK03	FENOTEROL ET AUTRES MÉDICAMENTS PR SYNDROMES OBSTRUCTIFS VOIES AÉRIENNES
	R03AK04	SALBUTAMOL ET AUTRES ANTIASTHMATIQUES
β_2-mimétiques en association avec des corticoïdes *(inhalés)*	R03AK06	SALMETEROL + FLUTICASONE
	R03AK07	FORMOTEROL + BUDESONIDE
	R03AK08	FORMOTEROL + BECLOMETASONE
	R03AK10	VILANTEROL + FLUTICASONE FUROATE
	R03AK11	FORMOTEROL + FLUTICASONE
	R03AK14	INDACATEROL + MOMETASONE
Associations de bronchodilatateurs de longue durée d'action (avec ou sans corticoïdes) *(inhalés)*	R03AL01	FENOTEROL + IPRATROPIUM BROMURE
	R03AL03	VILANTEROL + UMECLIDINIUM BROMURE
	R03AL04	INDACATEROL + GLYCOPYRRONIUM BROMURE
	R03AL08	VILANTEROL + UMECLIDINIUM + FLUTICASONE
	R03AL09	FORMOTEROL + GLYCOPYRRONIUM BROMURE + BECLOMETASONE
	R03AL11	FORMOTEROL + GLYCOPYRRONIUM BROMURE + BUDESONIDE
	R03AL12	INDACATEROL + GLYCOPYRRONIUM BROMURE + MOMETASONE
Corticoïdes inhalés	R03BA01	BECLOMETASONE
	R03BA02	BUDESONIDE
	R03BA03	FLUNISOLIDE

Classes thérapeutiques	PHA_ATC_CLA	PHA_ATC_LIB
	R03BA05	FLUTICASONE
	R03BA07	MOMETASONE
	R03BA08	CICLESONIDE
Anticholinergiques inhalés	R03BB01	IPRATROPIUM BROMURE
	R03BB04	TIOTROPIUM BROMURE
	R03BB06	GLYCOPYRRONIUM BROMURE
	R03BB07	UMECLIDINIUM
	R03BB54	TIOTROPIUM BROMURE EN ASSOCIATION
Cromones	R03BC01	CROMOGLICIQUE ACIDE
	R03BC03	NEDOCROMIL
β_2-mimétiques systémiques	R03CC02	SALBUTAMOL
	R03CC03	TERBUTALINE
	R03CC12	BAMBUTEROL
Xanthines	R03DA01	DIPROPHYLLINE
	R03DA04	THEOPHYLLINE
	R03DA05	AMINOPHYLLINE
	R03DA08	BAMIFYLLINE
	R03DA51	DIPROPHYLLINE EN ASSOCIATION
	R03DA54	THEOPHYLLINE EN ASSOCIATION SAUF AUX PSYCHOLEPTIQUES
	R03DA74	THEOPHYLLINE EN ASSOCIATION AVEC DES PSYCHOLEPTIQUES
Antileucotriènes	R03DC03	MONTELUKAST
Anticorps monoclonaux	R03DX05	OMALIZUMAB
	R03DX09	MEPOLIZUMAB
	R03DX10	BENRALIZUMAB

Annexe 4. Principaux résultats de la revue de la littérature sur les facteurs de risque suspectés de l'asthme de l'enfant

Tableau 73. Sélection des facteurs de risque de l'asthme de l'enfant liés à l'exposition à des polluants environnementaux ou à prendre en compte comme facteurs de confusion dans les analyses écologiques des corrélations géographiques

Type de facteurs de risque	Conclusion de la revue de la littérature	Données disponibles pour la construction d'un indicateur à l'échelle de la commune
Polluants atmosphériques (NO_2, O_3, $PM_{2,5}$, PM_{10}, SO_2)	De nombreuses études chez l'Homme montrent des associations positives entre l'exposition à la pollution atmosphérique et l'asthme de l'enfant. Nombreuses études épidémiologiques sur le recours aux soins, hospitalisations… Il est aujourd'hui établi que des niveaux élevés de pollution de l'air sont un facteur de risque d'exacerbation de l'asthme, chez l'enfant comme chez l'adulte. Données plus contradictoires concernant le SO_2. Présence de données sur l'exposition prénatale à la grossesse : associations positives pour les PM_{10}, $PM_{2,5}$, NO_2, SO_2. *Types d'études/références : méta-analyses sur exposition durant la grossesse ou post-natale et asthme de l'enfant, revue de la littérature, études de cohortes, études transversales.*	Cartothèque de l'Ineris (sauf SO_2)
Pesticides émis lors de l'épandage	Plusieurs études ont montré des associations entre l'exposition à des pesticides dans l'air extérieur et l'asthme. Toutefois, ces associations ne sont pas retrouvées dans toutes les études. Une étude cas témoins évaluant les associations entre exposition aux pesticides durant la grossesse et le développement de l'asthme chez l'enfant, a montré que le fait de résider à proximité d'activités agricoles avec utilisation fréquente de pesticides, est associé au risque de développer un asthme chez l'enfant. *Types d'études/références : revue de la littérature, méta-analyse portant sur 24 études, étude transversale, étude cas témoins*	Solagro
Facteurs physiques et climatiques : température, humidité, précarité énergétique, /changement climatique	- Températures : Plusieurs études montrent des associations entre les vagues de froid et de chaleur et une exacerbation de l'asthme. *Types d'études/références : revue multifactorielle sur froid et crise d'asthme, méta-analyse sur passages aux urgences pour crise d'asthme et vagues de froid et de chaleur.* - Humidité : Plusieurs études montrent qu'un taux d'humidité relative plus important est associé à l'asthme chez l'enfant. Un taux d'humidité plus important dans l'air extérieur peut favoriser les infections respiratoires et les symptômes de l'asthme. *Types d'études/références : étude écologique à l'échelle mondiale, étude transversale répétée, étude multicentrique, revue de la littérature*	Météo-France (échelle départementale)
Périnatalité (âge jeune de la mère à l'accouchement, naissance par césarienne, petit poids de naissance, conception par procréation médicalement assistée (PMA))	- Plusieurs études ont montré une association avec un âge jeune de la mère à l'accouchement. Le risque d'asthme chez les descendants décroît avec l'avancée en âge de la mère. *Types d'études/références : cohorte, étude multicentrique* - Naissance par césarienne : plusieurs études ont mis en évidence une augmentation du risque d'asthme. *Types d'études/références : méta-analyse, cohorte* - Prématurité : Plusieurs études ont également montré une augmentation du risque d'asthme chez l'enfant en cas de prématurité. Les mécanismes ne sont toutefois pas pleinement connus. *Types d'études/références : revue de la littérature, méta-analyse* - Petit poids de naissance : Des associations observées avec l'asthme (notamment pour des enfants avec un poids de naissance entre 1 000 et 1 499 g). Des associations significatives avec l'asthme mais plus faibles que pour la prématurité sont observées. *Types d'études/références : méta-analyse, étude transversale*	SNDS (sauf conception par PMA)

Facteurs socio-démographiques (sexe)	Des études internationales et nationales montrent une prévalence plus élevée de l'asthme chez les jeunes garçons. *Types d'études/références : cohorte, étude de prévalence*	SNDS
Allergènes dans l'air extérieur : pollens	Augmentation de la concentration de pollen de graminées associée à une augmentation des admissions à l'hôpital (59). Hausse de la prévalence de la sensibilisation à ces pollens (60). *Types d'études : cohortes, méta-analyses*	RAEP, RNSA
Infections respiratoires aiguës	Les pathologies respiratoires avec sifflements durant la petite enfance dues à une infection par le virus respiratoire syncytial (VRS) et le rhinovirus sont associés à une augmentation du risque d'asthme ultérieur chez l'enfant. Inversement, les personnes asthmatiques sont plus à risque de contracter des infections respiratoires. Hypothèse hygiéniste : excès d'hygiène et donc faible exposition aux germes entraînerait une immaturité du système immunitaire et augmenterait ainsi le risque de maladies allergiques. *Types d'études/références : revue de la littérature multifactorielle, littérature grise, étude cas témoins*	Passages aux urgences

Annexe 5. Caractéristiques de la population d'étude

Tableau 74. Caractéristiques des zones exposées et non exposées

	Zone exposée	Zone non exposée
Nombre de communes	765	34 113
Classe de densité (N communes et %)		
1 - Grands centres urbains	286 (37,4 %)	523 (1,5 %)
2 - Centres urbains intermédiaires	63 (8,2 %)	462 (1,4 %)
3 - Petites villes	14 (1,8 %)	872 (2,6 %)
4 - Ceintures urbaines	231 (30,2 %)	1 711 (5,0 %)
5 - Bourgs ruraux	80 (10,5 %)	4 991 (14,7 %)
6 - Rural à habitat dispersé	90 (11,8 %)	18 287 (53,6 %)
7 - Rural à habitat très dispersé	1 (0,1 %)	7 267 (21,2 %)
Distribution du FDEP 2015		
min	-6,11	-6,08
P25	-1,38	-0,52
P50	-0,17	0,34
moyenne	-0,2	0,31
P75	0,98	1,16
max	4,76	10,26
Distribution de l'APL médecin généraliste 2020		
min	0	0
P25	2,62	2,32
P50	3,38	3,06
moyenne	3,46	3,11
P75	4,15	3,83
max	13,97	24,45
Proxy du tabagisme **SMR cancers liés au tabac* (période 2013-2021)**		
Min	0	0
P25	0,79	0,41
P50	0,98	0,85
Moyenne	1,00	0,91
P75	1,24	1,25
Max	3,04	17,91

** mortalité par cancers pulmonaires et des VADS*

Annexe 6. Description des Scores de pression industrielle (BDREP ou INS)

1. Scores communaux BDREP

Tableau 75. Données disponibles pour les scores communaux BDREP par année et selon la zone

Année	Zone	Communes avec score> 0 (%)	Communes avec score=0* (%)	**Communes sans déclarations BDREP** (%)**
2008	Totalité	2 003 (5,7)	23 449 (67,2)	9 426 (27,0)
	Exposée	251 (32,8)	204 (26,7)	310 (40,5)
	Non exposée	1 752 (5,1)	23 245 (68,1)	9 116 (26,7)
2009	Totalité	2 093 (6,0)	23 449 (67,2)	9 336 (26,8)
	Exposée	255 (33,3)	205 (26,8)	305 (39,9)
	Non exposée	1 838 (5,4)	23 244 (68,1)	9 031 (26,5)
2010	Totalité	2 126 (6,1)	23 443 (67,2)	9 309 (26,7)
	Exposée	263 (34,4)	205 (26,8)	297 (38,8)
	Non exposée	1 863 (5,5)	23 238 (68,1)	9 012 (26,4)
2011	Totalité	2 159 (6,2)	23 458 (67,3)	9 261 (26,6)
	Exposée	260 (34,0)	208 (27,2)	297 (38,8)
	Non exposée	1 899 (5,6)	23 250 (68,2)	8 964 (26,3)
2012	Totalité	2 160 (6,2)	23 456 (67,3)	9 262 (26,6)
	Exposée	262 (34,2)	208 (27,2)	295 (38,6)
	Non exposée	1 898 (5,6)	23 248 (68,1)	8 967 (26,3)
2013	Totalité	2 127 (6,1)	23 445 (67,2)	9 306 (26,7)
	Exposée	264 (34,5)	207 (27,1)	294 (38,4)
	Non exposée	1 863 (5,5)	23 238 (68,1)	9 012 (26,4)
2014	Totalité	2 121 (6,1)	23 444 (67,2)	9 313 (26,7)
	Exposée	265 (34,6)	205 (26,8)	295 (38,6)
	Non exposée	1 856 (5,4)	23 239 (68,1)	9 018 (26,4)
2015	Totalité	2 112 (6,1)	23 437 (67,2)	9 329 (26,7)
	Exposée	263 (34,4)	205 (26,8)	297 (38,8)
	Non exposée	1 849 (5,4)	23 232 (68,1)	9 032 (26,5)
2016	Totalité	2 122 (6,1)	23 453 (67,2)	9 303 (26,7)
	Exposée	261 (34,1)	208 (27,2)	296 (38,7)
	Non exposée	1 861 (5,5)	23 245 (68,1)	9 007 (26,4)
2017	Totalité	2 148 (6,2)	23 452 (67,2)	9 278 (26,6)
	Exposée	263 (34,4)	209 (27,3)	293 (38,3)
	Non exposée	1 885 (5,5)	23 243 (68,1)	8 985 (26,3)
2018	Totalité	2 155 (6,2)	23 443 (67,2)	9 280 (26,6)
	Exposée	266 (34,8)	205 (26,8)	294 (38,4)
	Non exposée	1 889 (5,5)	23 238 (68,1)	8 986 (26,3)
2019	Totalité	1 813 (5,2)	23 425 (67,2)	9 640 (27,6)
	Exposée	238 (31,1)	203 (26,5)	324 (42,4)

Année	Zone	Communes avec score> 0 (%)	Communes avec score=0* (%)	**Communes sans déclarations BDREP** (%)**
	Non exposée	1 575 (4,6)	23 222 (68,1)	9 316 (27,3)
2020	Totalité	1 912 (5,5)	23 443 (67,2)	9 523 (27,3)
	Exposée	245 (32,0)	204 (26,7)	316 (41,3)
	Non exposée	1 667 (4,9)	23 239 (68,1)	9 207 (27)
2021	Totalité	1 858 (5,3)	23 438 (67,2)	9 582 (27,5)
	Exposée	243 (31,8)	204 (26,7)	318 (41,6)
	Non exposée	1 615 (4,7)	23 234 (68,1)	9 264 (27,2)
2022	Totalité	1 860 (5,3)	23 451 (67,2)	9 567 (27,4)
	Exposée	243 (31,8)	205 (26,8)	317 (41,4)
	Non exposée	1 617 (4,7)	23 246 (68,1)	9 250 (27,1)

*communes sans ICPE ou avec la valeur 0 déclarée
**communes avec au moins une ICPE mais sans donnée déclarée

Tableau 76. Données disponibles pour les scores communaux agrégés sur cinq ans

		Scores communaux BDREP sur 5 ans		
Période	Zone	Communes avec score >0 (%)	Communes avec score= 0* (%)	Communes sans déclarations BDREP** (%)
Période 2008-2012	France hexagonale	2 437 (7,0)	23 442 (67,2)	8 999 (25,8)
	Zone exposée	281 (36,7)	205 (26,8)	279 (36,5)
	Zone non exposée	2 156 (6,3)	23 237 (68,1)	8 720 (25,6)
Période 2013-2017	France hexagonale	2 448 (7,0)	23 433 (67,2)	8 997 (25,8)
	Zone exposée	290 (37,9)	206 (26,9)	269 (35,2)
	Zone non exposée	2 158 (6,3)	23 227 (68,1)	8 728 (25,6)
Période 2018-2022	France hexagonale	2361 (6,8)	23424 (67,2)	9093 (26,1)
	Zone exposée	281 (36,7)	204 (26,7)	280 (36,6)
	Zone non exposée	2080 (6,1)	23220 (68,1)	8813 (25,8)

*communes sans ICPE ou avec la valeur 0 déclarée
**communes avec au moins une ICPE mais sans donnée déclarée

Tableau 77. Distribution du score BDREP communal annuel par année* et selon la zone

Année	Zone	Min	P25	Médiane	Moyenne	P75	Max
2008	Totalité	0	0	0	0,005	0	5,587
	Exposée	0	0	$6{,}27.10^{-4}$	0,133	0,024	5,587
	Non exposée	0	0	0	0,003	0	2,496
2009	Totalité	0	0	0	0,005	0	5,865
	Exposée	0	0	$6{,}54.10^{-4}$	0,127	0,027	5,865
	Non exposée	0	0	0	0,003	0	3,540
2010	Totalité	0	0	0	0,005	0	5,754
	Exposée	0	0	$8{,}79.10^{-4}$	0,123	0,025	5,754
	Non exposée	0	0	0	0,003	0	3,829
2011	Totalité	0	0	0	0,005	0	5,114
	Exposée	0	0	$5{,}37.10^{-4}$	0,109	0,021	5,114
	Non exposée	0	0	0	0,003	0	3,047
2012	Totalité	0	0	0	0,005	0	4,700
	Exposée	0	0	$7{,}35.10^{-4}$	0,106	0,022	4,700
	Non exposée	0	0	0	0,003	0	3,504

Année	Zone	Min	P25	Médiane	Moyenne	P75	Max
2013	Totalité	0	0	0	0,004	0	5,352
	Exposée	0	0	$4,86.10^{-4}$	0,108	0,028	5,352
	Non exposée	0	0	0	0,002	0	3,569
2014	Totalité	0	0	0	0,005	0	7,721
	Exposée	0	0	$6,84.10^{-4}$	0,111	0,021	7,721
	Non exposée	0	0	0	0,003	0	1,481
2015	Totalité	0	0	0	0,005	0	7,227
	Exposée	0	0	$4,52.10^{-4}$	0,112	0,021	7,227
	Non exposée	0	0	0	0,003	0	1,308
2016	Totalité	0	0	0	0,004	0	5,843
	Exposée	0	0	$5,56.10^{-4}$	0,091	0,017	5,843
	Non exposée	0	0	0	0,002	0	1,517
2017	Totalité	0	0	0	0,004	0	6,675
	Exposée	0	0	$2,63.10^{-4}$	0,101	0,017	6,675
	Non exposée	0	0	0	0,002	0	1,144
2018	Totalité	0	0	0	0,004	0	5,668
	Exposée	0	0	$2,58.10^{-4}$	0,087	0,014	5,668
	Non exposée	0	0	0	0,002	0	1,208
2019	Totalité	0	0	0	0,004	0	6,699
	Exposée	0	0	$1,75.10^{-4}$	0,099	0,020	6,699
	Non exposée	0	0	0	0,002	0	1,040
2020	Totalité	0	0	0	0,004	0	7,826
	Exposée	0	0	$2,80.10^{-4}$	0,094	0,019	7,826
	Non exposée	0	0	0	0,002	0	1,463
2021	Totalité	0	0	0	0,004	0	8,134
	Exposée	0	0	$1,13.10^{-4}$	0,096	0,022	8,134
	Non exposée	0	0	0	0,002	0	1,212
2022	Totalité	0	0	0	0,004	0	6,764
	Exposée	0	0	$1,47.10^{-4}$	0,100	0,018	6,764
	Non exposée	0	0	0	0,003	0	1,467

*Il est à noter que ces données annuelles ne permettent pas de conclure à une évolution entre les années. En effet, les scores sont obtenus par le biais d'une normalisation sur les valeurs maximales annuelles, qui peuvent varier selon les années.

Tableau 78. Liste des dix communes avec les scores BDREP les plus élevés en 2016

Nom de commune	Score BDREP	Située dans un bassin
Fos-sur-Mer	5,84	Oui
Dunkerque	4,64	Oui
Martigues	4,21	Oui
Port-Jérôme-sur-Seine	3,57	Oui
Gonfreville-l'Orcher	2,06	Oui
Châteauneuf-les-Martigues	1,52	Non
Donges	1,34	Oui
Grandpuits-Bailly-Carrois	1,18	Non
Bagneaux-sur-Loing	1,01	Non
Sandouville	0,90	Oui

Tableau 79. Distribution du score communal BDREP agrégé sur 5 ans, période 2008-2012

Période	Zone	Min	P25	Médiane	Moyenne	P75	Max
2008-2012	France hexagonale	0	0	0	$5{,}5.10^{-3}$	0	5,95
	Zone exposée	0	0	$1{,}3.10^{-3}$	0,13	0,03	5,95
	Zone non exposée	0	0	0	$3{,}1.10^{-3}$	0	3,86
2013-2017	France hexagonale	0	0	0	0,005	0	7,10
	Zone exposée	0	0	$7{,}3.10^{-4}$	0,113	0,022	7,10
	Zone non exposée	0	0	0	0,003	0	2,39
2018-2022	France hexagonale	0	0	0	$4.4.10^{-3}$	0	7,16
	Zone exposée	0	0	$6{,}2.10^{-4}$	0,10	0,019	7,16
	Zone non exposée	0	0	0	$2{,}6.10^{-3}$	0	1,13

2. Scores communaux INS

Tableau 80. Liste des 10 communes avec les scores INS industriel les plus élevés et présence ou non dans un bassin

Commune	Score INS	Située dans un Bassin
Fos sur Mer	3,77	Oui
Pont-à-Mousson	3,17	Non
Le Havre	2,56	Oui
Saint-Avold	2,33	Oui
Martigues	2,27	Oui
Loon-Plage	2,03	Oui
Dunkerque	1,85	Oui
Woippy	1,73	Non
Cognac	1,62	Oui
Harfleur	1,56	Oui

Annexe 7. Analyses - asthme de l'enfant

1. Analyses descriptives

Tableau 81. Nombre de cas incidents d'asthme de 0-17 ans par classe d'âge et année, France hexagonale (2015-2021)

	<1 an	1-2 ans	3-5 ans	6-10 ans	11-14 ans	15-17 ans
2015	16 221	89 713	55 973	39 806	26 467	16 382
2016	14 936	89 432	55 860	41 894	26 530	16 174
2017	14 722	87 858	51 967	36 102	24 900	15 567
2018	13 531	84 345	48 712	33 969	23 325	14 815
2019	11 347	81 384	45 507	32 366	22 303	14 283
2020	4 833	42 855	25 883	25 226	17 730	12 055
2021	13 235	76 481	55 102	26 874	16 698	12 040
Total	88 825	552 068	339 004	236 237	157 953	101 316

Tableau 82. Nombre de cas incidents de l'asthme de l'enfant observés dans la zone exposée selon les classes du score communal BDREP (France hexagonale – Corse comprise, années 2015 et 2019)

	2015		2019	
Score Bassin BDREP	**Nombre de communes (%)**	**Nombre de cas observés (%)**	**Nombre de communes (%)**	**Nombre de cas observés (%)**
Classe 1 : indicateur = 0*	205 (26,8)	2 607 (6,2)	203 (26,5)	2 208 (6,0)
Classe 2 : >0 et ≤ P50	91 (11,9)	7 359 (17,5)	86 (11,2)	6 822 (18,6)
Classe 3 : >P50 et ≤ P90	106 (13,9)	12 308 (29,3)	92 (12,1)	10 542 (28,7)
Classe 4 : >P90	66 (8,6)	6 071 (14,4)	64 (7,8)	4 758 (12,9)
NA**	297 (38,8)	13 700 (32,6)	320 (42,4)	12 421 (33,8)
Total	765	42 045	765	36 751

**communes sans ICPE ou avec une déclaration BDREP nulle*
*** communes avec ICPE mais sans déclaration BDREP*

Tableau 83. Nombre de communes, population d'enfants de 2016 et nombre de cas incidents d'asthme chez les moins de 18 ans observés sur la période 2015-2019, par classe de l'indicateur de proximité de 2 km d'1 ICPE (France hexagonale – Corse comprise) et pour une proximité de 4 km prenant en compte les industries frontalières

	Nombre de communes (%)	Population < 18 ans 2016 (%)	Cas observés (%)
Classe de proximité 2 km d'1 ICPE ou d'un bassin			
1 (> 2 km ICPE)	21 240 (60,9)	2 661 300 (19,9)	192 188 (18,8)
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	10 372 (29,7)	5 354 827 (40,1)	414 771 (40,5)
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	2 862 (8,2)	3 580 127 (26,8)	277 432 (27,1)
4 (≤ 2 km Bassin)	404 (1,2)	1 748 237 (13,2)	138 894 (13,6)
Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (ICPE frontalières incluses)			
1 (> 4 km ICPE)	10 039 (28,7)	897 219 (6,7)	62 173 (6,1)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 445 (47,2)	3 914 478 (29,3)	289 855 (28,3)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	5 961 517 (44,7)	469 413 (45,9)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	2 571 277 (19,3)	201 844 (19,7)

Tableau 84. Percentiles du score BDREP annuel utilisés dans l'analyse multivariée

Année	P50	P90
2015	$7{,}00.10^{-3}$	0,111
2016	$5{,}64.10^{-3}$	0,097
2017	$4{,}87.10^{-3}$	0,099
2018	$4{,}47.10^{-3}$	0,091
2019	$7{,}27.10^{-3}$	0,113

2. Analyses multivariées complémentaires

a) *Modèle sans zone exposée*

Tableau 85. RR estimés d'asthme de l'enfant selon les scores BDREP ou INS communaux

	RR	IC95 %
Modèle incluant le score BDREP		
Score communal BD REP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,004	(0,994 - 1,014)
3 (>P50 et ≤P90)	0,989	(0,978 - 1,000)
4 (>P90)	1,007	(0,990 - 1,025)
Modèle incluant le score INS		
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,035**	**(1,020 - 1,050)**
P90 vs P10	**1,046**	**(1,028 - 1,064)**

b) *Imputation du score BDREP*

Scénario 1

Tableau 86. Distribution du score communal BDREP sans et avec imputation

Classes	Nombre de communes (%)	
Score communal BDREP	Données 2017 N = 25 600	Données imputées 2017 N = 34 878
1 (=0)	23 452 (91,6)	32 534 (93,3)
2 (>0 et ≤P50)	1 116 (4,4)	1 231 (3,5)
3 (>P50 et ≤P90)	823 (3,2)	893 (2,6)
4 (>P90)	209 (0,8)	220 (0,6)

Tableau 87. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (après imputations du score BDREP)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,016	(0,991 - 1,041)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,001	(0,988 - 1,014)
3 (>P50 et ≤P90)	0,997	(0,983 - 1,011)
4 (>P90)	0,984	(0,959 - 1,009)

c) Variation de la zone exposée

i) Zone exposée = zone source

Tableau 88. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (modèle avec la zone exposée définie par la zone source)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,993	(0,967 - 1,021)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,004	(0,994 - 1,014)
3 (>P50 et ≤P90)	0,989	(0,978 - 1,000)
4 (>P90)	1,008	(0,991 - 1,026)

ii) Analyse sans les deux bassins « Nord Parisien » et « Lyon Sud »

Tableau 89. Nombre de communes selon les percentiles du score communal BDREP avec et sans les bassins « Lyon Sud » et « Nord Parisien »

	Nombre communes	
	Tous les bassins	**Sans « Lyon Sud » et « Nord Parisien »**
Score communal BDREP		
1 (=0)	23 442	23 424
2 (>0 et ≤P50)	1 219	1 196
3 (>P50 et ≤P90)	975	951
4 (>P90)	243	237
NA	8 999	8 948

Scénario 1

Tableau 90. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (modèle sans les communes exposées aux bassins du Nord Parisien et de Lyon Sud)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,013	(0,986 - 1,040)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,003	(0,993 - 1,014)
3 (>P50 et ≤P90)	0,990	(0,978 - 1,001)
4 (>P90)	1,009	(0,991 - 1,027)

iii) Zone exposée selon le type de bassin industriel (3 classes définies à partir des tests de typologie d'activité et de substances rejetées des bassins)

Tableau 91. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'exposition à un bassin définie selon 3 classes* et le score communal BDREP

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin (classes de bassin)		
0 (Non)	réf	
Classe 1	0,960	(0,884 - 1,042)
Classe 2	1,024	(0,961 - 1,091)
Classe 3	1,019	(0,990 - 1,048)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,004	(0,994 - 1,014)
3 (>P50 et ≤P90)	0,989	(0,978 - 1,000)
4 (>P90)	1,007	(0,990 - 1,026)

** 3 classes de bassin définies à partir des tests de typologie de bassins (Classe 1 : FOS-SUR-MER, MARTIGUES-LAVERA, DUNKERQUELE HAVRE GONFREVILLE, PORT-JERÔME, SAINT-NAZAIRE MONTOIR-DE-BRETAGNE et LACQ ; Classe 2 : NORD PARISIEN, LYON SUD ; Classe 3 : reste des bassins)*

d) Analyse selon définition de la zone non exposée

i) Sélection des communes avec score BDREP = 0 pour définir la zone non exposée (score BD REP)

Tableau 92. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'exposition à un bassin (zone non exposée définie par les communes où le score BDREP=0)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,016	(0,983 - 1,049)

ii) Limitation de la zone non exposée aux communes non exposées appartenant à un département avec un bassin industriel

Dans le cadre de cette analyse, les communes des départements sans bassins industriels sont enlevées de l'analyse. 33 départements sur 96 sont inclus dans l'analyse.

Scénario 1

Tableau 93. RR estimés d'asthme de l'enfant selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (zone non exposée limitée aux communes non exposées situées dans un département hébergeant au moins un bassin)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,021	(0,997 - 1,045)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,003	(0,990 - 1,016)
3 (>P50 et ≤P90)	0,990	(0,975 - 1,004)
4 (>P90)	1,010	(0,987 - 1,033)

Scénario 2

Tableau 94. RR estimés d'asthme de l'enfant selon la proximité d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin (zone non exposée limitée aux communes non exposées situées dans un département hébergeant au moins un bassin)

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à une ICPE		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE)	**1,028**	**(1,009 - 1,048)**
3 (≤ 4 km IED/Seveso)	**1,031**	**(1,009 - 1,054)**
4 (≤ 4 km Bassin)	**1,052**	**(1,020 - 1,085)**

Annexe 8. Analyses – Morbidité respiratoire chronique chez les adultes de moins de 40 ans (asthme de l'adulte)

1. Analyses descriptives

Tableau 95. Nombre de nouveaux cas d'asthme de l'adulte observés entre 2016 et 2022 – France (référentiel communal 2021 - n=34 878 communes)

Année	Nombre de cas observés	Population
2016	127 294	16 979 936
2017	109 436	16 946 909
2018	104 734	16 952 680
2019	104 151	17 031 814
2020	112 435	17 050 842
2021	104 904	17 090 785
2022	127 188	17 090 785*

*données de recensement pas disponible pour 2022 : on utilise les données de 2021

Tableau 96. Nombre de communes, population d'adultes de moins de 40 ans de 2021 et nombre de cas incidents d'asthme chez l'adulte de moins de 40 ans observés sur la période 2016-2022, par classe de l'indicateur de proximité de 2 km d'1 ICPE (France hexagonale – Corse comprise) et pour une proximité de 4 km prenant en compte les industries frontalières

	Nombre de communes (%)	Population < 40 ans 2021 (%)	Cas observés (%)
Classe de proximité 2 km d'1 ICPE ou d'un bassin			
1 (> 2 km ICPE)	21 240 (60,9)	2 705 434 (15,8)	131 474 (16,6)
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	10 372 (29,7)	6 667 941 (39)	311 126 (39,4)
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	2 862 (8,2)	5 020 418 (29,4)	228 249 (28,9)
4 (≤ 2 km Bassin)	404 (1,2)	2 696 991 (15,8)	119 293 (15,1)
Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (ICPE frontalières incluses)			
1 (> 4 km ICPE)	10 039 (28,7)	892 490 (5,2)	42 971 (5,4)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 445 (47,2)	4 242 971 (24,8)	207 810 (26,3)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	7 963 412 (46,6)	366 231 (46,4)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	3 991 911 (23,4)	173 130 (21,9)

2. Analyses multivariées complémentaires

a) *Imputation du score BDREP*

Scénario 1

Tableau 97. Distribution du score communal BDREP sans et avec imputation

	Nombre de communes (%)	
Score communal BDREP	Données N = 25 879	Données imputées N = 34 878
1 (=0)	23 442 (90,6)	32 249 (92,5)
2 (>0 et ≤P50)	1 219 (4,7)	1 319 (3,8)
3 (>P50 et ≤P90)	975 (3,8)	1 056 (3,0)
4 (>P90)	243 (0,9)	254 (0,7)

Tableau 98. RR estimés d'asthme de l'adulte (<40 ans) selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (après imputations du score BDREP)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,001	(0,977 - 1,025)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,002	(0,989 - 1,015)
3 (>P50 et ≤P90)	0,989	(0,975 - 1,003)
4 (>P90)	0,986	(0,963 - 1,010)

b) *Variation de la zone exposée*

i) *Zone exposée = zone source*

Tableau 99. RR estimés d'asthme de l'adulte (<40 ans) selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (modèle avec la zone exposée définie par la zone source)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,014	(0,988 - 1,042)
Score communal BDREP 2008-2012		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,003	(0,990 - 1,016)
3 (>P50 et ≤P90)	0,987	(0,973 - 1,001)
4 (>P90)	0,984	(0,960 - 1,008)

ii) *Zone exposée selon le type de bassin industriel (3 classes définies à partir des tests de typologie d'activité et de substances rejetées des bassins)*

Tableau 100. RR estimés d'asthme de l'adulte (<40 ans) selon l'exposition à un bassin définie selon 3 classes* et le score communal BDREP

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée selon classes de bassin		
0 (Non)	réf	
1	1,005	(0,931 - 1,084)
2	0,994	(0,939 - 1,053)
3	1,001	(0,974 - 1,028)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,003	(0,990 - 1,016)
3 (>P50 et ≤P90)	0,988	(0,974 - 1,002)
4 (>P90)	0,986	(0,962 - 1,010)

** 3 classes de bassin définies à partir des tests de typologie de bassins (Classe 1 : FOS-SUR-MER, MARTIGUES-LAVERA, DUNKERQUELE HAVRE GONFREVILLE, PORT-JERÔME, SAINT-NAZAIRE MONTOIR-DE-BRETAGNE et LACQ ; Classe 2 : NORD PARISIEN, LYON SUD ; Classe 3 : reste des bassins)*

c) *Analyse selon définition de la zone non exposée - Sélection des communes avec score BDREP = 0 pour définir la zone non exposée (score BD REP)*

Tableau 101. RR estimés d'asthme de l'adulte (<40 ans) selon l'exposition à un bassin (zone non exposée définie par les communes où le score BDREP=0)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,997	(0,966 - 1,028)

Annexe 9. Analyses – Morbidité respiratoire chronique chez les adultes de 40 ans ou plus

1. Analyses descriptives

Tableau 102. Nombre de nouveaux cas de morbidité respiratoire chronique chez les adultes âgés de 40 ans ou plus observés entre 2016 et 2022 – France (référentiel communal 2021 - n=34 878 communes)

Année	Nombre de cas observés	Population
2016	411 071	33 429 049
2017	363 472	33 659 617
2018	337 322	33 897 304
2019	337 307	34 082 133
2020	315 158	34 283 095
2021	286 612	34 547 062
2022	356 034	34 547 062*

**données de recensement pas disponibles pour 2022 (données de 2021)*

Tableau 103. Nombre de communes, population 2021 et nombre de cas incidents morbidité respiratoire chronique chez l'adulte de plus de 40 ans observés sur la période 2016-2022, par classe de l'indicateur de proximité de 2 km d'1 ICPE (France hexagonale – Corse comprise) et pour une proximité de 4 km prenant en compte les industries frontalières

	Nombre de communes (%)	Population ≥ 40 ans 2021 (%)	Cas observés (%)
Classe de proximité 2 km d'1 ICPE ou d'un bassin			
1 (> 2 km ICPE)	21 240 (60,9)	7 324 634 (21,2)	478 177 (19,9)
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	10 372 (29,7)	14 384 336 (41,7)	987 627 (41,0)
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	2 862 (8,2)	9 028 638 (26,1)	646 602 (26,9)
4 (≤ 2 km Bassin)	404 (1,2)	3 809 454 (11,0)	294 570 (12,2)
Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (ICPE frontalières incluses)			
1 (> 4 km ICPE)	10 039 (28,7)	2 619 666 (7,6)	170 929 (7,1)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 445 (47,2)	10 867 621 (31,5)	729 751 (30,3)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	15 278 050 (44,2)	1 073 263 (44,6)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	5 781 726 (16,7)	433 033 (18,0)

2. Analyses multivariées Complémentaires

a) *Modèle sans l'indicateur zone exposée ou non*

Tableau 104. RR estimés de morbidité respiratoire chez les adultes de 40 ans et plus selon les scores BDREP ou INS communaux

	RR	IC95 %
Modèle incluant le score communal BDREP		
Score communal BDREP 2008-2012		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,008	(0,999 - 1,017)
3 (>P50 et ≤P90)	**1,017**	**(1,007 - 1,026)**
4 (>P90)	1,009	(0,992 - 1,026)
Modèle incluant le score INS communal		
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,014**	**(1,010 - 1,019)**
P90 vs P10	**1,021**	**(1,014 - 1,028)**

b) Imputations

Scénario 1

Tableau 105. Distribution du score communal BDREP sans et avec imputation

	Nombre de communes (%)	
Score communal BDREP	Données N = 25 879	Données imputées N = 34 878
1 (=0)	23 442 (90,6)	32 249 (92,5)
2 (>0 et ≤P50)	1 219 (4,7)	1 319 (3,8)
3 (>P50 et ≤P90)	975 (3,8)	1 056 (3,0)
4 (>P90)	243 (0,9)	254 (0,7)

Tableau 106. RR estimés de morbidité respiratoire chronique (chez les 40 ans et plus) selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (après imputations du score BDREP)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,009	(0,992 - 1,027)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,007	(0,999 - 1,016)
3 (>P50 et ≤P90)	**1,017**	**(1,008 - 1,027)**
4 (>P90)	1,010	(0,994 - 1,027)

c) Variation de la zone exposée

i) Zone exposée = zone source

Tableau 107. RR estimés de morbidité respiratoire chronique (chez les 40 ans et plus) selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (modèle avec la zone exposée définie par la zone source)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	**1,028**	**(1,008 - 1,049)**
Score communal BDREP 2008-2012		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,007	(0,999 - 1,016)
3 (>P50 et ≤P90)	**1,016**	**(1,007 - 1,026)**
4 (>P90)	1,005	(0,989 - 1,022)

ii) Zone exposée selon le type de bassin industriel (3 classes définies à partir des tests de typologie d'activité et de substances rejetées des bassins)

Tableau 108. RR estimés de morbidité respiratoire chronique (chez les 40 ans et plus) selon l'exposition à un bassin définie selon 3 classes* et le score communal BDREP

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée selon classes de bassin		
0 (Non)	réf	
1	1,023	(0,966 - 1,084)
2	1,004	(0,959 - 1,051)
3	1,013	(0,993 - 1,033)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,008	(0,999 - 1,017)
3 (>P50 et ≤P90)	**1,017**	**(1,007 - 1,026)**
4 (>P90)	1,008	(0,992 - 1,025)

** 3 classes de bassin définies à partir des tests de typologie de bassins (Classe 1 : FOS-SUR-MER, MARTIGUES-LAVERA, DUNKERQUELE HAVRE GONFREVILLE, PORT-JERÔME, SAINT-NAZAIRE MONTOIR-DE-BRETAGNE et LACQ ; Classe 2 : NORD PARISIEN, LYON SUD ; Classe 3 : reste des bassins)*

d) Analyse selon définition de la zone non exposée

i) Sélection des communes avec score BDREP = 0 pour définir la zone non exposée (score BD REP)

Tableau 109. RR estimés de morbidité respiratoire chronique (chez les 40 ans et plus) selon l'exposition à un bassin (zone non exposée définie par les communes où le score BDREP=0)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	**1,027**	**(1,004 - 1,051)**

Annexe 10. Analyses – Prématurité

1. Analyses descriptives

Tableau 110. Nombre de naissances prématurées entre 2013 et 2022 – France (référentiel communal 2021 – n= 34 878 communes)

Année	Nombre de naissances prématurées (<37SA) observées	Nombre de naissances vivantes
2013	52 876	751 383
2014	53 425	753 467
2015	52 429	739 057
2016	50 822	721 865
2017	49 504	704 066
2018	48 467	697 454
2019	46 879	685 200
2020	44 013	671 194
2021	45 318	682 162
2022	43 958	663 739

Tableau 111. Nombre de communes, nombre de naissances estimés et nombre de cas incidents de prématurité observés sur la période 2013-2022, par classe de l'indicateur de proximité de 2 km d'1 ICPE (France hexagonale – Corse comprise) et pour une proximité de 4 km prenant en compte les industries frontalières

	Nombre de communes (%)	Naissances estimées (%)	Naissances prématurées (%)
Classe de proximité 2 km d'1 ICPE ou d'un bassin			
1 (> 2 km ICPE)	21 240 (60,9)	1 133 889 (16,0)	73 677 (15,1)
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	10 372 (29,7)	2 708 756 (38,3)	184 352 (37,8)
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	2 862 (8,2)	2 040 301 (28,9)	144 627 (29,7)
4 (≤ 2 km Bassin)	404 (1,2)	1 186 641 (16,8)	85 035 (17,4)
Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (ICPE frontalières incluses)			
1 (> 4 km ICPE)	10 039 (28,7)	369 713 (5,2)	23 974 (5,0)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 445 (47,2)	1 751 134 (24,8)	115 845 (23,8)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	3 224 165 (45,6)	224 590 (46,1)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	1 724 575 (24,4)	123 282 (25,3)

Tableau 112. Distribution du nombre de naissances prématurées (<37SA) et de naissances vivantes (données annuelles à la commune)

	Min	P25	P50	Moyenne	P75	Max
Naissances prématurées	0	0	0	1,4	1	434
Naissances vivantes estimées	0	1	4	20,3	11	6 894

2. Analyses multivariées (modèles principaux)

Scénario 1

Tableau 113. RR estimés de naissances prématurées selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP communal (données annuelles)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,998	(0,981 - 1,015)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	**1,011**	**(1,000 - 1,021)**
3 (>P50 et ≤P90)	1,003	(0,992 - 1,014)
4 (>P90)	1,015	(0,998 - 1,033)

Scénario 2

Tableau 114. RR estimés de naissances prématurées selon la proximité d'une commune à une installation industrielle ou à un bassin (données annuelles)

Proximité à une ICPE	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à 1 ICPE		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE)	1,011	(0,996 - 1,027)
3 (≤ 4 km IED/Seveso)	**1,017**	**(1,001 - 1,034)**
4 (≤ 4 km Bassin)	1,016	(0,992 - 1,039)

3. Analyses multivariées complémentaires

a) *Modèle sans l'indicateur zone exposée ou non*

Tableau 115. RR estimés de naissances prématurées selon les scores BDREP ou INS communaux

	RR	IC95 %
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,006	(0,995 - 1,018)
3 (>P50 et ≤P90)	1,009	(0,996 - 1,021)
4 (>P90)	1,010	(0,990 - 1,031)
Modèle incluant le score communal INS		
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,012**	**(1,005 - 1,019)**
P90 vs P10	**1,018**	**(1,007 - 1,029)**

b) Imputations

Scénario 1

Tableau 116. Distribution du score communal BDREP sans et avec imputation

	Nombre de communes (%)	
Score communal BDREP	Données N = 25 600	Données imputées N = 34 878
1 (=0)	23 452 (91,6)	32 547 (93,3)
2 (>0 et ≤P50)	1 130 (4,4)	1 249 (3,6)
3 (>P50 et ≤P90)	813 (3,2)	869 (2,5)
4 (>P90)	205 (0,8)	213 (0,6)

Tableau 117. RR estimés de prématurité selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (après imputations du score BDREP)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,001	(0,984 - 1,018)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,005	(0,993 - 1,017)
3 (>P50 et ≤P90)	1,009	(0,996 - 1,022)
4 (>P90)	1,015	(0,994 - 1,036)

c) Variation de la zone exposée

i) Zone exposée = zone source

Tableau 118. RR estimés de prématurité selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP Bassin (modèle avec la zone exposée définie par la zone source)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,991	(0,973 - 1,010)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,005	(0,993 - 1,016)
3 (>P50 et ≤P90)	1,008	(0,996 - 1,021)
4 (>P90)	1,012	(0,991 - 1,033)

ii) Analyse sans les deux bassins « Nord Parisien » et « Lyon Sud »

Dans le cadre du scénario 1, une analyse a été réalisée en retirant deux bassins industriels majeurs « Nord Parisien » et « Lyon Sud » pour voir si cela modifiait les résultats. Les communes exposées à ces deux bassins sont de l'ordre de 122 dont 81 pour le bassin « Nord Parisien ».

Scénario 1

Tableau 119. RR estimés de prématurité selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (modèle sans les communes exposées aux bassins du Nord Parisien et de Lyon Sud)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,000	(0,981 - 1,019)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,008	(0,996 - 1,020)
3 (>P50 et ≤P90)	1,009	(0,996 - 1,022)
4 (>P90)	1,012	(0,990 - 1,033)

Scénario 2

Tableau 120. RR estimés de prématurité selon la proximité à une installation industrielle en retirant les bassins de Nord Parisien et Lyon sud

Proximité à une ICPE	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à 1 ICPE		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE)	1,007	(0,992 - 1,023)
3 (≤ 4 km IED/Seveso)	1,012	(0,995 - 1,029)
4 (≤ 4 km Bassin)	1,012	(0,986 - 1,038)

iii) Zone exposée selon le type de bassin industriel (3 classes définies à partir des tests de typologie d'activité et de substances rejetées des bassins)

Tableau 121. RR estimés de prématurité selon l'exposition à un bassin définie selon 3 classes* et le score communal BDREP

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée selon classes de bassin		
0 (Non)	réf	
1	1,025	(0,965 - 1,090)
2	1,010	(0,975 - 1,045)
3	0,999	(0,979 - 1,019)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,005	(0,993 - 1,017)
3 (>P50 et ≤P90)	1,008	(0,996 - 1,020)
4 (>P90)	1,010	(0,989 - 1,031)

** 3 classes de bassin définies à partir des tests de typologie de bassins (Classe 1 : FOS-SUR-MER, MARTIGUES-LAVERA, DUNKERQUELE HAVRE GONFREVILLE, PORT-JERÔME, SAINT-NAZAIRE MONTOIR-DE-BRETAGNE et LACQ ; Classe 2 : NORD PARISIEN, LYON SUD ; Classe 3 : reste des bassins)*

d) Analyse selon définition de la zone non exposée

i) Sélection des communes avec score BDREP = 0 pour définir la zone non exposée (score BD REP)

Tableau 122. RR estimés de prématurité selon l'exposition à un bassin (zone non exposée définie par les communes hors bassin industriel où le score BDREP=0)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,012	(0,986 - 1,039)

Tableau 123. RR estimés de prématurité selon la classe de bassins définie par les tests de typologie (zone non exposée définie par les communes où le score BDREP=0)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1	1,062	(0,989 - 1,140)
2	1,008	(0,962 - 1,057)
3	1,008	(0,979 - 1,038)

ii) Sélection des communes appartenant à un département avec un bassin industriel

Dans le cadre de cette analyse, les communes des départements sans bassins industriels sont enlevées de l'analyse. 33 départements sur 96 sont inclus dans l'analyse. Le nombre de naissances prématurées est de 315 206 (64,6 %).

Tableau 124. RR estimés de prématurité selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (zone non exposée limitée aux départements hébergeant un bassin)

	RR	IC95 %
Modèle *incluant la zone exposée et le score BDREP*		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,002	(0,986 - 1,019)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	0,996	(0,982 - 1,010)
3 (>P50 et ≤P90)	1,001	(0,986 - 1,016)
4 (>P90)	0,996	(0,973 - 1,020)

Tableau 125. RR estimés de prématurité selon la proximité à une installation industrielle (zone non exposée limitée aux départements hébergeant un bassin)

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à 1 ICPE		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE)	0,975	(0,951 - 0,999)
3 (≤ 4 km IED/Seveso)	0,981	(0,956 - 1,006)
4 (≤ 4 km Bassin)	0,982	(0,953 - 1,012)

Annexe 11. Analyses - PAG

1. Analyses descriptives

Tableau 126. Nombre de « petits poids de naissance pour l'âge gestationnel » entre 2013 et 2022 – France (référentiel communal 2021 – n= 34 878 communes)

Année	Nombre de « petit poids pour l'âge gestationnel » observé	Nombre de naissances
2013	87 418	752 347
2014	88 307	754 760
2015	86 761	740 948
2016	84 109	724 153
2017	82 559	707 498
2018	82 991	698 866
2019	79 791	687 855
2020	76 550	673 927
2021	76 570	684 586
2022	77 990	664 209

Tableau 127. Nombre de communes, nombre de naissances et nombre de cas incidents de PAG observés sur la période 2013-2022, par classe de l'indicateur de proximité de 2 km d'1 ICPE (France hexagonale – Corse comprise) et pour une proximité de 4 km prenant en compte les industries frontalières

	Nombre de communes (%)	Naissances (%)	Cas de PAG (%)
Classe de proximité 2 km d'1 ICPE ou d'un bassin			
1 (> 2 km ICPE)	21 240 (60,9)	1 141 643 (16,2)	132 773 (16,1)
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	10 372 (29,7)	2 717 161(38,3)	315 214 (38,3)
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	2 862 (8,2)	2 043 648 (28,8)	239 645 (29,1)
4 (≤ 2 km Bassin)	404 (1,2)	1 186 697 (16,7)	135 414 (16,5)
Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (ICPE frontalières incluses)			
1 (> 4 km ICPE)	10 039 (28,7)	372 700 (5,3)	44 543 (5,4)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 445 (47,2)	1 761 628 (24,8)	206 094 (25,0)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	3 230 220 (45,6)	376 930 (45,8)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	1 724 601 (24,3)	195 479 (23,8)
Total	34 878	7 089 149	823 046

2. Analyses multivariées (modèles principaux)

Scénario 1

Tableau 128. RR estimés de naissances avec PAG selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP communal (données annuelles)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,000	(0,986 - 1,014)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,004	(0,996 - 1,013)
3 (>P50 et ≤P90)	1,006	(0,997 - 1,015)
4 (>P90)	1,004	(0,990 - 1,017)

Scénario 2

Tableau 129. RR estimés de naissances avec PAG selon la proximité à une installation industrielle (données annuelles)

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à 1 ICPE		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE)	1,006	(0,994 - 1,017)
3 (≤ 4 km IED/Seveso)	1,007	(0,995 - 1,020)
4 (≤ 4 km Bassin)	1,007	(0,989 - 1,026)

3. Analyses multivariées complémentaires

a) *Modèle sans l'indicateur zone exposée ou non*

Tableau 130. RR estimés de naissance avec PAG selon les scores BDREP ou INS communaux

	RR	IC95 %
Modèle incluant le score BDREP		
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,004	(0,995 - 1,013)
3 (>P50 et ≤P90)	1,007	(0,998 - 1,017)
4 (>P90)	1,007	(0,990 - 1,023)
Modèle incluant le score INS		
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,017**	**(1,012 - 1,023)**
P90 vs P10	**1,026**	**(1,017 - 1,034)**

b) *Imputations*

Scénario 1

Tableau 131. RR estimés de PAG selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (après imputations du score BDREP)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,006	(0,987 - 1,015)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,003	(0,994 - 1,012)
3 (>P50 et ≤P90)	1,004	(0,994 - 1,014)
4 (>P90)	1,007	(0,991 - 1,024)

c) *Variation des facteurs d'ajustement : F-EDI à la place du FDEP*

Tableau 132. RR estimés de naissances avec PAG selon la proximité à une installation industrielle (données agrégées ; Modèle prenant en compte le F-EDI à la place du FDEP)

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à 1 ICPE		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE)	1,008	(0,997 - 1,019)
3 (≤ 4 km IED/Seveso)	**1,013**	**(1,000 - 1,026)**
4 (≤ 4 km Bassin)	**1,022**	**(1,003 - 1,041)**

Tableau 133. RR estimés de naissances avec PAG selon la proximité à une installation industrielle (données annuelles ; Modèle prenant en compte le F-EDI à la place du FDEP)

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à 1 ICPE		
1 (>4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE)	1,006	(0,995 - 1,018)
3 (≤ 4 km IED/Seveso)	1,009	(0,996 - 1,022)
4 (≤ 4 km Bassin)	1,014	(0,996 - 1,032)

d) *Variation de la zone exposée*

i) *Zone exposée = zone source*

Tableau 134. RR estimés de PAG selon l'exposition de la commune à un bassin industriel et le score BDREP Bassin (modèle avec la zone exposée définie par la zone source)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,997	(0,982 - 1,012)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,003	(0,994 - 1,012)
3 (>P50 et ≤P90)	1,007	(0,997 - 1,017)
4 (>P90)	1,007	(0,991 - 1,024)

ii) Analyse sans les deux bassins « Nord Parisien » et « Lyon Sud »

Il y a 122 communes exposées à ces deux bassins, dont 81 pour le bassin « Nord Parisien ».

Scénario 1

Tableau 135. RR estimés de PAG selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (modèle sans les communes exposées aux bassins du Nord Parisien et de Lyon Sud)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,000	(0,984 - 1,016)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,004	(0,994 - 1,014)
3 (>P50 et ≤P90)	1,008	(0,998 - 1,019)
4 (>P90)	1,006	(0,989 - 1,023)

Scénario 2

Tableau 136. RR estimés de PAG selon la proximité à une installation industrielle (modèle sans les communes exposées aux bassins du Nord Parisien et de Lyon Sud)

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à 1 ICPE		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE)	1,006	(0,995 - 1,018)
3 (≤ 4 km IED/Seveso)	1,008	(0,996 - 1,021)
4 (≤ 4 km Bassin)	1,009	(0,989 - 1,029)

iii) Zone exposée selon le type de bassin industriel (3 classes définies à partir des tests de typologie d'activité et de substances rejetées des bassins)

Tableau 137. RR estimés de PAG selon l'exposition à un bassin définie selon 3 classes* et le score communal BDREP

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée selon classes de bassin		
0 (Non)	réf	
1	1,034	(0,984 - 1,088)
2	1,005	(0,976 - 1,036)
3	0,998	(0,982 - 1,014)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	1,003	(0,994 - 1,012)
3 (>P50 et ≤P90)	1,007	(0,997 - 1,017)
4 (>P90)	1,006	(0,989 - 1,022)

**3 classes de bassin définies à partir des tests de typologie de bassins (Classe 1 : FOS-SUR-MER, MARTIGUES-LAVERA, DUNKERQUELE HAVRE GONFREVILLE, PORT-JERÔME, SAINT-NAZAIRE MONTOIR-DE-BRETAGNE et LACQ ; Classe 2 : NORD PARISIEN, LYON SUD ; Classe 3 : reste des bassins)*

e) Analyse selon définition de la zone non exposée

i) Sélection des communes avec score BDREP = 0 pour définir la zone non exposée (score BD REP)

Tableau 138. RR estimés de PAG selon l'exposition à un bassin industriel (zone non exposée définie par les communes où le score BDREP=0)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,011	(0,992 - 1,032)

Tableau 139. RR estimés de PAG selon la classe de bassins définie par les tests de typologie* (zone non exposée définie par les communes où le score BDREP=0)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1	**1,057**	**(1,001 - 1,116)**
2	0,988	(0,954 - 1,024)
3	1,013	(0,991 - 1,035)

**3 classes de bassin définies à partir des tests de typologie de bassins (Classe 1 : FOS-SUR-MER, MARTIGUES-LAVERA, DUNKERQUELE HAVRE GONFREVILLE, PORT-JERÔME, SAINT-NAZAIRE MONTOIR-DE-BRETAGNE et LACQ ; Classe 2 : NORD PARISIEN, LYON SUD ; Classe 3 : reste des bassins)*

ii) Sélection des communes appartenant à un département avec un bassin industriel

Dans le cadre de cette analyse, les communes des départements sans bassins industriels sont enlevées de l'analyse. 33 départements sur 96 sont inclus dans l'analyse. Le nombre de PAG est de 513,137 (62.3 %).

Scénario 1

Tableau 140. RR estimés de PAG selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (zone non exposée limitée aux départements hébergeant un bassin)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,998	(0,984 - 1,012)
Score communal BDREP 2017		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	0,997	(0,986 - 1,009)
3 (>P50 et ≤P90)	1,002	(0,990 - 1,015)
4 (>P90)	1,007	(0,988 - 1,027)

Scénario 2

Tableau 141. RR estimés de PAG selon la proximité à une installation industrielle (zone non exposée limitée aux départements hébergeant un bassin)

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à 1 ICPE		
1 (> 4 km ICPE)	réf	
2 (≤ 4 km ICPE)	0,982	(0,963 - 1,000)
3 (≤ 4 km IED/Seveso)	0,986	(0,967 - 1,006)
4 (≤ 4 km Bassin)	0,984	(0,961 - 1,008)

Annexe 12. Analyses - mortalité toutes causes

1. Analyses descriptives

Tableau 142. Nombre de décès toutes causes observés par année (≥18 ans) – France hexagonale – Corse comprise (référentiel communal 2021 – n = 34 878 communes)

Année	Nombre de décès observés	Population
2013	516 301	49 726 900
2014	505 591	49 998 883
2015	537 955	50 240 397
2016	538 160	50 408 986
2017	549 501	50 606 526
2018	552 436	50 849 984
2019	554 999	51 113 947
2020	601 372	51 333 937
2021	598 719	51 637 847

Tableau 143. Nombre de communes, population d'adultes de 2021, et nombre décès observés sur la période 2013-2021, par classe de l'indicateur de proximité de 2 km d'1 ICPE (France hexagonale – Corse comprise) et pour une proximité de 4 km prenant en compte les industries frontalières

	Nombre de communes (%)	Population ≥ 18 ans 2021 (%)	Décès observés (%)
Classe de proximité 2 km d'1 ICPE ou d'un bassin			
1 (> 2 km ICPE)	21 240 (60,9)	10 030 068 (19,4)	992 768 (20,0)
2 (≤ 2 km ICPE) hors bassin	10 372 (29,7)	21 052 278 (40,8)	2 104 396 (42,5)
3 (≤ 2 km IED/Seveso) hors bassin	2 862 (8,2)	14 049 056 (27,2)	1 348 610 (27,2)
4 (≤ 2 km Bassin)	404 (1,2)	6 506 445 (12,6)	509 620 (10,3)
Classe de proximité 4 km d'1 ICPE ou d'un bassin (ICPE frontalières incluses)			
1 (> 4 km ICPE)	10 039 (28,7)	3 512 156 (6,8)	385 292 (7,8)
2 (≤ 4 km ICPE) hors bassin	16 445 (47,2)	15 110 592 (29,3)	1 601 531 (32,3)
3 (≤ 4 km IED/Seveso) hors bassin	7 629 (21,9)	23 241 462 (45)	2 208 863 (44,6)
4 (≤ 4 km Bassin)	765 (2,2)	9 773 637 (18,9)	759 708 (15,3)

2. Analyses multivariées complémentaires

a) *Modèle sans l'indicateur zone exposée ou non*

Tableau 144. RR estimés de mortalité toutes causes selon les scores BDREP ou INS communaux

	RR	IC95 %
Modèle incluant le score BDREP		
Score communal BDREP 2008-2012		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	**1,052**	**(1,036 - 1,067)**
3 (>P50 et ≤P90)	**1,060**	**(1,043 - 1,078)**
4 (>P90)	**1,036**	**(1,004 - 1,068)**
Modèle incluant le score INS		
Score communal INS		
P75 vs P10	**1,102**	**(1,095 - 1,109)**
P90 vs P10	**1,153**	**(1,142 - 1,164)**

b) *Imputations*

Scénario 1

Tableau 145. Distribution du score communal BDREP sans et avec imputation

Score BDREP	Nombre de communes (%)	
	Données N = 25 879	**Données imputées N = 34 878**
1 (=0)	23 442 (90,6)	32 241 (92,4)
2 (>0 et ≤P50)	1 219 (4,7)	1 319 (3,8)
3 (>P50 et ≤P90)	975 (3,8)	1 067 (3,1)
4 (>P90)	243 (0,9)	251 (0,7)

Tableau 146. RR estimés de mortalité toutes causes selon l'exposition à un bassin et le score communal BDREP (après imputations du score BDREP)

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,966	(0,945 - 0,988)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	**1,051**	**(1,036 - 1,066)**
3 (>P50 et ≤P90)	**1,061**	**(1,044 - 1,079)**
4 (>P90)	**1,044**	**(1,012 - 1,076)**

c) *Analyse sans les 2 années Covid, 2020 et 2021*

La mortalité toutes causes a beaucoup évolué sur la période 2020-2021, touchée par la pandémie de Covid-19. Ainsi, il a été décidé de réaliser une analyse complémentaire en retirant ces années de la période d'étude. Les résultats ne montrent pas de lien entre l'indicateur d'exposition à un bassin et la mortalité toutes causes. On observe un risque relatif de mortalité plus important dans les classes 2, 3 et 4 par rapport à la classe 1, sans gradient entre ces classes.

Scénario 1

Tableau 147. RR estimés de mortalité toutes causes selon l'exposition à un bassin industriel et le score BDREP communal en retirant les années 2020 et 2021 de l'analyse

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,978	(0,955 - 1,000)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	**1,043**	**(1,028 - 1,059)**
3 (>P50 et ≤P90)	**1,057**	**(1,040 - 1,075)**
4 (>P90)	**1,034**	**(1,002 - 1,068)**

d) *Variation de la zone exposée*

i) *Analyse sans les communes exposées aux bassins « Lyon Sud » et « Nord Parisien »*

Il y a 122 communes exposées à ces deux bassins, dont 81 pour le bassin « Nord Parisien ».

Tableau 148. Effectifs de communes dans les classes du Score communal BDREP, en retirant Nord Parisien et Lyon Sud

	Nombre communes	
Score communal BD REP	**Tous les bassins**	**Sans « Lyon Sud » et « Nord Parisien »**
1 (=0)	23 442	23 424
2 (>0 et ≤P50)	1 219	1 196
3 (>P50 et ≤P90)	975	951
4 (>P90)	243	237
NA	8 999	8 948

Scénario 1

Tableau 149. RR estimés de mortalité toutes causes selon l'exposition à un bassin industriel et le score BDREP communal en retirant en retirant les bassins de Nord Parisien et Lyon sud

	RR	IC95 %
Modèle *incluant la zone exposée et le score BDREP*		
Zone exposée Bassin		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	0,974	(0,951 - 0,997)
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	**1,051**	**(1,036 - 1,067)**
3 (>P50 et ≤P90)	**1,062**	**(1,044 - 1,080)**
4 (>P90)	**1,039**	**(1,007 - 1,073)**

Scénario 2

Tableau 150. RR estimés de mortalité toutes causes selon la proximité à une installation industrielle en retirant en retirant les bassins de Nord Parisien et Lyon sud

	RR	IC95 %
Modèle incluant l'indicateur de proximité		
Proximité à 1 ICPE		
1 (>4 km ICPE)	réf	
2 (≤4 km ICPE)	**1,021**	**(1,013 - 1,030)**
3 (≤4 km IED/Seveso)	**1,011**	**(1,000 - 1,022)**
4 (≤4 km Bassin)	0,993	(0,969 - 1,018)

ii) *Analyse selon les classes de Bassin (3 classes définies à partir des tests de typologie d'activité et de substances rejetées des bassins)*

Tableau 151. RR estimés de mortalité toutes causes selon l'exposition à un bassin définie selon 3 classes* et le score communal BDREP

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée et le score BDREP		
Zone exposée selon classes de bassin		
0 (Non)	réf	
1	0,971	(0,908 - 1,039)
2	0,985	(0,930 - 1,043)
3	**0,975**	**(0,951 - 0,999)**
Score communal BDREP		
1 (=0)	réf	
2 (>0 et ≤P50)	**1,051**	**(1,036 - 1,067)**
3 (>P50 et ≤P90)	**1,060**	**(1,043 - 1,077)**
4 (>P90)	**1,039**	**(1,007 - 1,072)**

**3 classes de bassin définies à partir des tests de typologie de bassins (Classe 1 : FOS-SUR-MER, MARTIGUES-LAVERA, DUNKERQUELE HAVRE GONFREVILLE, PORT-JERÔME, SAINT-NAZAIRE MONTOIR-DE-BRETAGNE et LACQ ; Classe 2 : NORD PARISIEN, LYON SUD ; Classe 3 : reste des bassins)*

e) *Analyse selon définition de la zone non exposée : sélection des communes avec le Score BD REP = 0*

On compare ici les communes supposées exposées à un bassin et les communes non exposées à un bassin et avec le score BD REP = 0

Tableau 152. RR estimés de mortalité toutes causes dans une commune exposée à un bassin industriel par rapport aux communes dont le score BDREP communal =0

	RR	IC95 %
Modèle incluant la zone exposée		
Zone exposée		
0 (Non)	réf	
1 (Oui)	1,005	(0,978 - 1,032)

Annexe 13. Essai de prise en compte du cumul de pression industrielle dans les bassins – variante du scénario 1 (scénario 1b)

Calcul d'un score cumulé « bassin » à partir des indicateurs de pression industrielle à l'échelle de la commune, appliqués à l'ensemble des communes exposées

Sous l'hypothèse qu'il y a plus d'industries et de rejets déclarés dans les communes des bassins industriels que dans les autres communes de France et que la population y est exposée à différents types de rejets industriels (un bassin industriel hébergeant des activités industrielles variées), il est proposé de travailler avec un score de cumul de l'ensemble des rejets des communes intersectées par le bassin industriel, dans le cadre d'une analyse complémentaire.

Pour chacune des 2 bases de données BDREP et l'INS, un score bassin est construit pour les communes intersectées par le polygone du bassin (source d'émission) à partir des scores calculés pour chacune de ses communes. Il prend en compte le cumul des émissions de la zone source d'un bassin et est **affecté à l'ensemble des communes** définies comme zone exposée à ce bassin.

Pour exemple, un bassin est intersecté par 3 communes et sa zone exposée comprend 6 communes. Deux de ses 3 communes intersectées possèdent un indicateur ; alors, ces 2 valeurs sont sommées et vont être appliquées à l'ensemble des 6 communes considérées comme exposées (Figure 19).

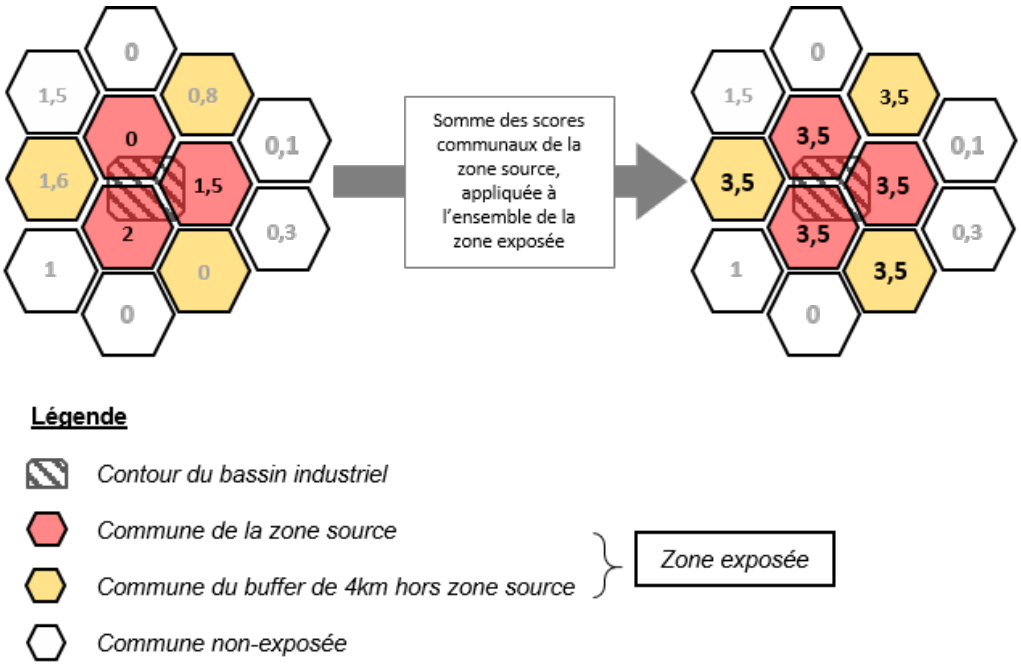


Figure 19. Schéma du calcul du score bassin (valeurs choisies arbitrairement et non représentatives de la réalité)

Analyses statistiques : prise en compte d'une pression industrielle à l'échelle d'un bassin

Afin de pouvoir considérer la diversité des sources et rejets industriels sur la zone d'un bassin industriel, un scénario 1b a été testé. Il prend en compte cette fois-ci la valeur du score cumulé bassin (BDREP ou INS) qui est attribuée à l'ensemble des communes de la zone exposée.
En revanche pour les communes des zones non exposées, c'est le score communal BD REP ou INS qui est pris en compte.

Résultats

Description des scores cumulés bassin pour les communes exposées

a) Distribution du score cumulé bassin BDREP

Les bassins industriels ont des scores hétérogènes (cf. Figure 21 à titre d'illustration) avec un groupe restreint de bassins avec des scores supérieurs à 1 (8 bassins). Pour l'année 2016, en moyenne, l'indicateur est de 0,99 (Tableau 154). Le minimum est de 0,007 et concerne le bassin industriel de Mitry-Mory. Les scores les plus élevés se retrouvent dans les bassins de Dunkerque (6,039), Fos-sur-Mer (5,581) et Le Havre Gonfreville (4,515) (Tableau 155).

Tableau 153. Distribution du score bassin BDREP, année 2016 (zone exposée)

	Minimum	P25	P50	Moyenne	P75	Maximum
Score bassin BDREP	0,007	0,133	0,392	0,991	0,775	6,039

Tableau 154. Distribution du score bassin BDREP par année

Année	Min	p25	médiane	moyenne	p75	max
2008	0,004	0,194	0,399	1,373	1,185	7,945
2009	0,014	0,207	0,397	1,314	1,231	8,722
2010	0,021	0,236	0,482	1,299	1,549	7,726
2011	0,017	0,222	0,383	1,159	1,561	6,153
2012	0,016	0,145	0,336	1,115	1,476	6,393
2013	0,012	0,153	0,426	1,132	1,427	7,876
2014	0,011	0,195	0,376	1,169	1,063	7,734
2015	0,007	0,199	0,438	1,192	0,989	7,243
2016	0,007	0,133	0,392	0,991	0,775	6,039
2017	0,005	0,182	0,473	1,121	0,893	7,875
2018	0,008	0,117	0,342	0,941	0,689	6,316
2019	0,008	0,135	0,405	0,996	0,743	7,234
2020	0,009	0,140	0,405	0,963	0,625	7,826
2021	$1{,}95.10^{-10}$	0,171	0,355	0,994	0,669	8,276
2022	$2{,}29.10^{-10}$	0,158	0,397	1,037	0,946	9,310

Tableau 155. Liste des 10 bassins avec les scores cumulés bassins BD REP les plus élevés

Nom du bassin	Score Bassin BDREP 2016
Dunkerque	6,039
Fos sur Mer	5,851
Le Havre-Gonfreville	4,515
Martigues-Lavéra	4,211
Port-Jérôme	4,192
Cognac	2,182
Saint-Nazaire-Montoir de Bretagne	1,733
Lyon Sud	1,652
Rouen	0,799
Carling-St Avold	0,779

Les résultats sont cohérents avec les éléments décrits dans le rapport descriptif des bassins industriels en France sur le nombre de données déclarées dans Irep en 2016 par bassin (5).

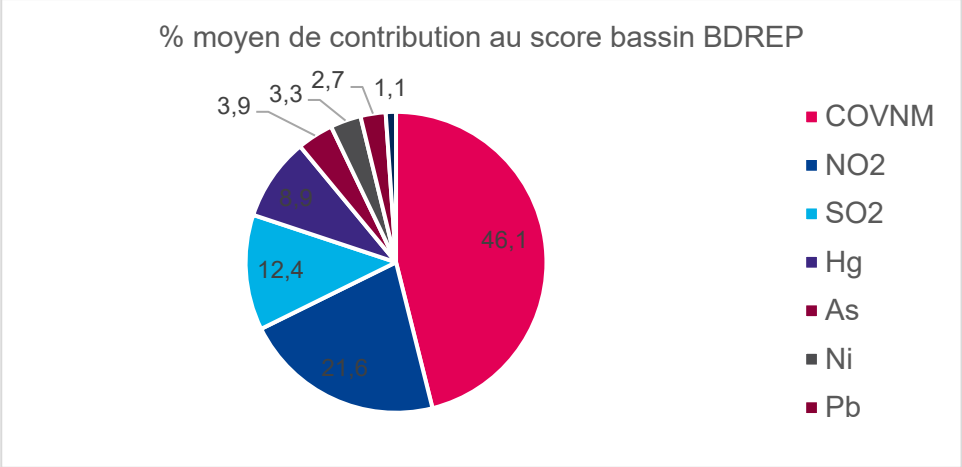


Figure 20. Pourcentage moyen de contribution des polluants aux scores bassins BDREP de France hexagonale, année 2016

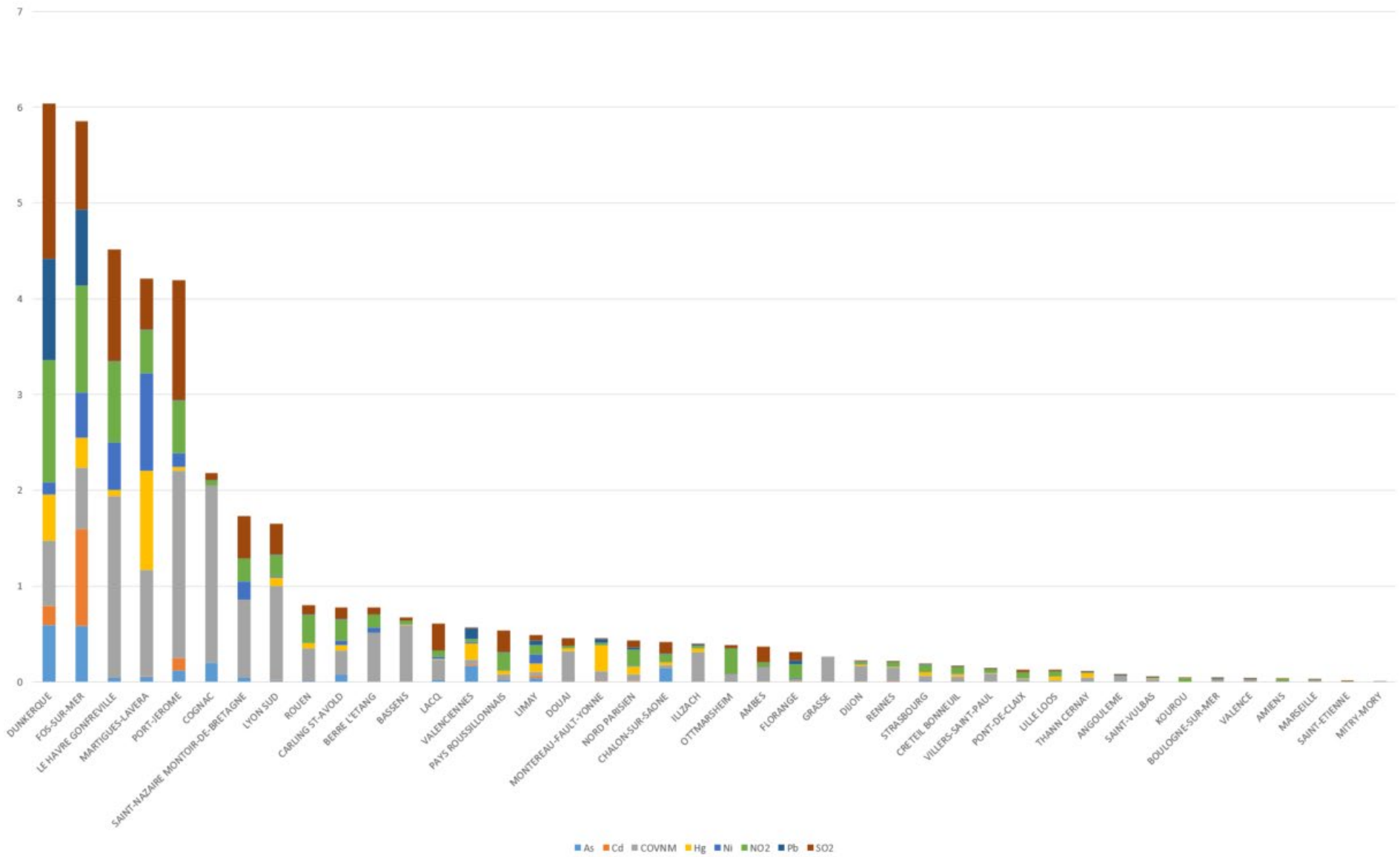


Figure 21 : Scores cumulés BDREP, par bassin, par polluant, 2016

Pour l'année 2016, les COVNM sont les polluants qui contribuent le plus aux scores cumulés « bassins » à partir de la BDREP, et représentent 46 % du score d'un bassin. Viennent ensuite le NO_2 et le SO_2.

Ces 3 premiers contributeurs sont les mêmes que les plus gros contributeurs au score communal. Néanmoins on observe une part un peu plus faible du NO_2 (22 % contre 34 % pour le score communal) et une plus forte du SO_2 (12 % contre 8 %). On observe aussi une part plus importante du mercure (9 % contre 3 %). En créant artificiellement des scores cumulés bassin pour les communes exposées, on augmente artificiellement le nombre de communes avec des valeurs élevées.

b) Distribution du score cumulé à partir de l'INS

Les bassins industriels ont des scores hétérogènes, allant d'un score de 0,06 (Mitry-Mory) à 9.11 (Dunkerque) (Tableau 156).

Tableau 156. Distribution du score Bassin calculé à partir de l'INS (2012)

	Min	P25	Médiane	Moyenne	P75	Max
Score bassin INS	0,060	0,220	0,553	1,262	1,553	9,107

Dans le cadre du scénario 1b, les scores bassins sont appliqués aux communes des zones exposées correspondantes et le score communal est affecté au reste des communes (non exposées). On observe alors une différence de distribution des scores en fonction de la zone d'exposition (Figure 22).

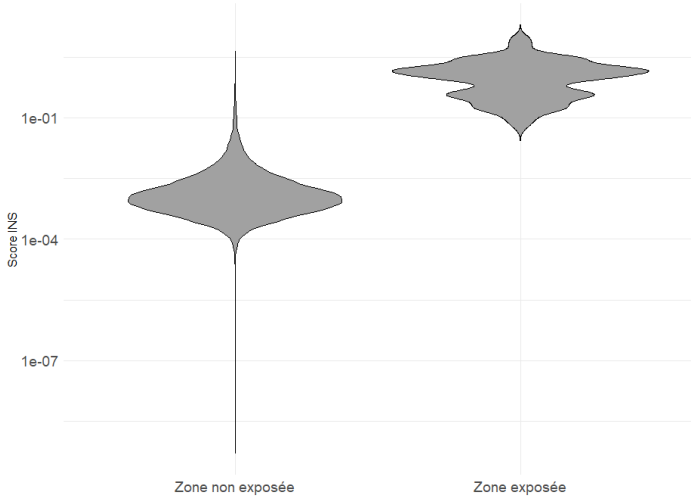


Figure 22. Distribution du score bassin INS (2012), prenant en compte un cumul dans les zones exposées, selon la zone d'exposition aux bassins industriels (échelle logarithmique)

Les bassins industriels de Dunkerque, Le Havre et de Fos-sur-Mer ont les scores INS les plus élevés (Tableau 157).

Tableau 157. Bassins avec le score bassin INS (composante industrielle) le plus élevé, 2012

Nom bassin	Score bassin INS
DUNKERQUE	9,11
LE HAVRE	5,92
FOS-SUR-MER	3,78
NORD PARISIEN	2,98
CARLING	2,98
PORT-JERÔME	2,85
MARTIGUES-LAVERA	2,28
COGNAC	1,86
LYON SUD	1,78
CRÉTEIL BONNEUIL	1,58
ROUEN ELBEUF	1,55
SAINT-NAZAIRE	1,48

Concernant la contribution des polluants, ce sont les COVNM qui participent le plus au score des bassins, avec un pourcentage d'environ 41 %, suivi par le NO_2 (26,7 %) puis l'arsenic (10 %).

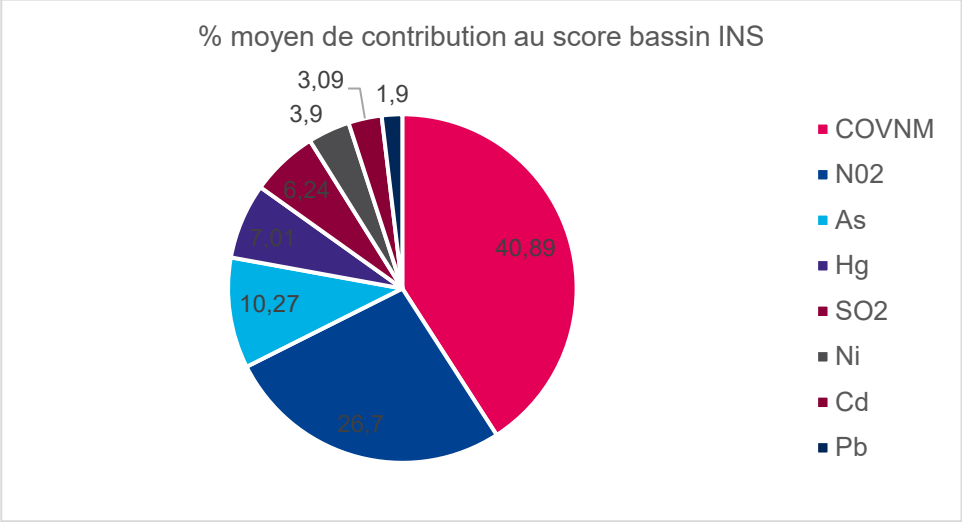


Figure 23. Pourcentage moyen de contribution des polluants aux scores cumulés Bassin INS (composante industrielle), année 2012

Tableau 158. Distribution du score cumulé Bassin BDREP pour la zone exposée et du score communal pour la zone non exposée en classes (France hexagonale – Corse comprise 2016)

	Nombre de communes (%)
Score BDREP	
Classe 1 : indicateur = 0*	23 237 (66,6)
Classe 2 : >0 et ≤ P50 (9,83 10^{-4})	1 461 (4,2)
Classe 3 : >P50 et ≤P90	1 137 (3,3)
Classe 4 : >P90 (0,21)	323 (0,9)
NA	8 720 (25,0)
Total	34 878

** Communes sans ICPE ou avec ICPE déclarant 0*

Analyses multivariées - Synthèse des résultats pour le scénario prenant en compte un score cumulé Bassin

Tableau 159. Synthèse des résultats des RR estimés par indicateur sanitaire selon le score de pression industrielle Bassin construit à partir de la BDREP

BDREP (Scénario 2)	Classes	RR (95% CI)
Asthme de l'enfant		
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.003 [0.993 : 1.013]
	>P50 et <=P90	1.005 [0.992 : 1.017]
	>P90	0.999 [0.981 : 1.016]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de moins de 40 ans		
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.000 [0.988 : 1.013]
	>P50 et <=P90	0.986 [0.971 : 1.001]
	>P90	0.998 [0.964 : 1.034]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de 40 ans et plus		
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.007 [0.999 : 1.015]
	>P50 et <=P90	1.013 [1.003 : 1.023]
	>P90	1.003 [0.977 : 1.030]
Prématurité		
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.009 [0.997 : 1.020]
	>P50 et <=P90	1.004 [0.991 : 1.018]
	>P90	1.019 [0.991 : 1.048]
PAG		
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.006 [0.997 : 1.015]
	>P50 et <=P90	1.006 [0.995 : 1.017]
	>P90	1.021 [0.997 : 1.045]
Mortalité totale		
Score BDREP	0	réf
	<=P50	1.057 [1.043 : 1.072]
	>P50 et <=P90	1.034 [1.017 : 1.051]
	>P90	1.009 [0.978 : 1.042]

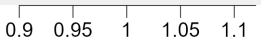
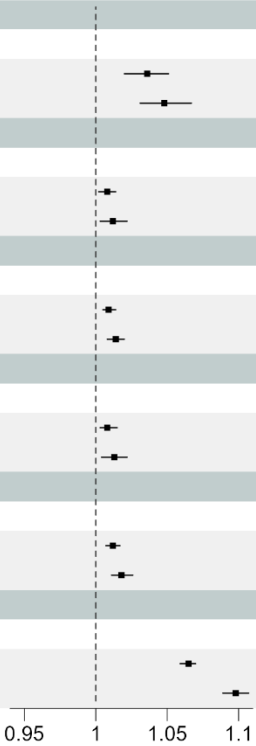


Tableau 160. Synthèse des résultats des RR estimés par indicateur sanitaire selon le score de pression industrielle Bassin construit à partir de l'INS

INS (Scénario 2)	Classes	RR (95% CI)
Asthme de l'enfant		
Score INS		
	P75 vs P10	1.036 [1.020 : 1.051]
	P90 vs P10	1.048 [1.031 : 1.067]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de moins de 40 ans		
Score INS		
	P75 vs P10	1.008 [1.002 : 1.014]
	P90 vs P10	1.012 [1.003 : 1.022]
Morbidité respiratoire chez l'adulte de 40 ans et plus		
Score INS		
	P75 vs P10	1.009 [1.005 : 1.014]
	P90 vs P10	1.014 [1.008 : 1.020]
Prématurité		
Score INS		
	P75 vs P10	1.008 [1.003 : 1.015]
	P90 vs P10	1.013 [1.004 : 1.022]
PAG		
Score INS		
	P75 vs P10	1.012 [1.007 : 1.017]
	P90 vs P10	1.018 [1.011 : 1.026]
Mortalité totale		
Score INS		
	P75 vs P10	1.065 [1.059 : 1.070]
	P90 vs P10	1.098 [1.089 : 1.107]



Asthme de l'enfant

Il n'est pas observé de risque d'asthme de l'enfant en lien avec le score BD REP.
Un risque faible est observé en lien avec le score bassin INS : une augmentation du risque d'asthme de 4,6 % (2,9 – 6,3) associé à une augmentation du score INS du P10 au P90.

Morbidité respiratoire chronique (< 40 ans)

Il n'est pas observé de risque plus élevé d'asthme chez l'adulte de moins de 40 ans en lien avec les scores BDREP. Il y a un risque d'asthme plus élevé chez l'adulte en lien avec l'augmentation du score INS.

Morbidité respiratoire chronique (≥ 40 ans)

Il est observé un risque plus élevé de morbidité respiratoire chronique chez les 40 ans ou plus pour la classe 3 du score BDREP bassin par rapport aux communes qui ne présentent d'ICPE (ou qui ont une déclaration BDREP nulle).
Une augmentation du risque de morbidité respiratoire chronique chez les 40 ans ou plus de 1.4 % (0,8 - 2,0) est observée en lien avec une augmentation du score INS du P10 au P90.

Prématurité

Il n'est pas observé de risque de naissances prématurées associé au score BD REP.
Il est observé un risque de prématurité associé au score INS.

PAG

Il n'est pas observé de risque additionnel de PAG en lien pour les communes situées à moins de 4 km d'une ICPE, IED et Seveso ou à un bassin industriel.
Il est observé un risque plus élevé de PAG en lien avec l'augmentation du score INS.

Mortalité toutes causes hors morts violentes

Il est observé un risque de mortalité plus élevé en lien avec le score BDREP excepté pour la dernière classe représentant les communes supposées exposées à un bassin (dernière classe du score BDREP bassin).

Il est observé un risque de mortalité plus élevé dans les communes présentant un score INS élevé (P75 ou P90) par rapport aux communes du 10e percentile.