

SANTÉ
ENVIRONNEMENT

JUILLET 2023

MÉTHODES

PROCOLE DE L'ÉTUDE DE MORTALITÉ
DANS LES COMMUNES DE LA VALLÉE
DE L'ORBIEL, PÉRIODE 2004-2017

Résumé

Protocole de l'étude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017

La vallée de l'Orbiel se situe en aval du complexe de l'ancienne mine d'or de Salsigne (département de l'Aude, Occitanie), localisé à une vingtaine de kilomètres au nord de Carcassonne.

À la suite des inondations dans la vallée de l'Orbiel en octobre 2018, l'ARS Occitanie a sollicité Santé publique France en mai et septembre 2019 sur la pertinence de nouvelles études épidémiologiques ou de la mise à jour de celles déjà réalisées.

Dans sa réponse, Santé publique France a proposé de créer un comité d'interface réunissant les parties prenantes afin de discuter des études menées et éventuellement à mener en termes de santé dans la vallée.

Le comité a priorisé les cancers comme pathologie d'intérêt. En l'absence de données d'incidence des cancers à l'échelle communale (morbidité), il a été décidé de mener, dans une première étape, une étude de mortalité par cancers. Suite aux propositions des relecteurs extérieurs, d'autres pathologies liées à l'exposition aux métaux ont été ajoutées à cette étude de mortalité : les maladies cardio-vasculaires et les maladies neurodégénératives de type Parkinson. Ce document décrit la méthode de l'étude de mortalité à mettre en place dans la vallée de l'Orbiel.

MOTS CLÉS : ÉPIDÉMIOLOGIE, PROTOCOLE, MORTALITÉ, SITE ET SOLS POLLUÉS, MÉTAUX, ARSENIC

Citation suggérée : Rivière S, Candice R, Golliot F, Jezewski-Serra D, Le Marec F. Protocole de l'étude de mortalité dans la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017 Saint-Maurice : Santé publique France, 2023. 36 p. www.santepubliquefrance.fr

ISSN : 2647-4816 / ISBN-NET : 979-10-289-0862-1 / RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE / DÉPÔT LÉGAL : JUILLET 2023

Abstract

Protocol for the Orbiel Valley Commune Mortality Study, 2004-2017

The Orbiel Valley lies downstream of the former Salsigne gold mine complex (Aude department, Occitanie), located some twenty kilometers north of Carcassonne.

Following floods in the area in October 2018, the ARS (regional health agency) Occitanie approached Santé publique France in May and September 2019 to discuss the relevance of conducting new epidemiological studies or updating those already in place.

In response, Santé publique France proposed setting up an interface committee bringing together stakeholders to discuss the studies already being carried out and possibly to be carried out in terms of health in the valley.

The committee prioritized cancers as pathologies of interest. In the absence of local cancer incidence data (morbidity), it was decided that the first step would be to conduct a cancer mortality study. Following suggestions from external reviewers, other pathologies linked to metal exposure were also added to this study, notably : cardiovascular diseases and neurodegenerative diseases such as Parkinson's. The following document describes the methodology proposed for the mortality study to be carried out in the Orbiel Valley.

KEY WORDS : EPIDEMIOLOGY, PROTOCOL, MORTALITY, SITE AND SOIL POLLUTION, METALS, ARSENIC

Coordination du projet et rédaction

Rivière Stéphanie Direction des régions - Cellule Occitanie, Santé publique France

Équipe Projet

Golliot Franck Direction des régions - Cellule Occitanie, Santé publique France

Jezewski-Serra Delphine Direction Appui, Traitements et Analyses de données,
Santé publique France

Le Marec Fabien Direction des Maladies Non Transmissibles et Traumatiques,
Santé publique France

Roudier Candice Direction Santé Environnement Travail, Santé publique France

Contributeurs

Bonaldi Christophe Direction Appui, Traitements et Analyses de données,
Santé publique France

Hachin Clothilde Cellule qualité, maîtrise des risques et juridique,
Santé publique France

Kairo Cécile Direction Santé Environnement Travail, Santé publique France

Relecteurs externes

Delpierre Cyrille CERPOP, UMR1295, unité mixte INSERM - Université Toulouse III
Paul Sabatier

Grosclaude Pascale Registre des cancers du Tarn, Albi

Vasseur Paule UMR 7360 CNRS - Université de Lorraine, Metz

Abréviations

Al	Aluminium
As	Arsenic
ARS	Agence régionale de santé
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
Cd	Cadmium
CépiDc	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (Inserm)
CIM	Classification internationale des maladies
Cr	Chrome
CSP	Catégorie socioprofessionnelle
Cu	Cuivre
EDI	<i>European Deprivation index</i>
FDep	<i>French deprivation index</i>
HAS	Haute Autorité de Santé
IC	Intervalle de confiance
Ineris	Institut national de l'environnement industriel et des risques
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale
Mn	Manganèse
Ni	Nickel
ORS	Observatoire régional de santé
Pb	Plomb
RR	Risque relatif
SMR	Ratio standardisé de mortalité
Sn	Étain
SNDS	Système national des données de santé
Zn	Zinc

Éléments de mises à jour du protocole

Le protocole de l'étude « Etude de mortalité liée à l'exposition aux métaux dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017 » présenté dans ce document, est l'aboutissement d'un travail mené en différentes étapes.

Une première version, mise au point suite à plusieurs réunions du comité d'interface afin de définir les attentes des parties prenantes et les objectifs en découlant, a été élaborée par l'équipe projet de Santé publique France et a été présentée au comité d'interface de la vallée de l'Orbiel le 23 juin 2022.

Plusieurs ajustements ont été alors apportés, tenant compte des remarques sur la zone d'étude et sur les pathologies (définition des cancers cutanés) exprimées lors de cette réunion. Cette version modifiée a été soumise à la relecture critique de 3 experts extérieurs à Santé publique France en septembre 2022.

Suite aux commentaires des relecteurs (octobre 2022), des modifications notables figurant dans la version de décembre 2022 ont été apportées :

1) le périmètre des pathologies étudiées a été élargi aux maladies cardio-vasculaires et à la maladie de Parkinson. L'analyse des cancers cutanés est centrée sur les plus spécifiques de l'exposition aux métaux, à savoir les carcinomes.

2) la définition de la zone d'étude s'appuie sur la définition utilisée dans les précédentes études de mortalité mais plusieurs analyses de sensibilité seront menées en fonction de niveaux d'exposition caractérisés sur la base de l'étude d'imprégnation de 1997, de l'avis du comité scientifique de 2007, des campagnes de mesures (poussières 2006, 2021, sols 2019, produits alimentaires 2019).

Des modifications plus mineures y figurent également, telles que le détail des analyses statistiques avec plusieurs études de sensibilité sur les facteurs d'ajustement.

Après relecture interne en février 2023, deux éléments ont été ajoutés : le niveau du fond pédo-géochimique pris en compte lors les analyses statistiques comme facteur d'ajustement et un paragraphe sur les limites de l'analyse statistique.

Sommaire

Résumé	1
Abstract	2
Coordination du projet, rédaction, équipe projet, contributeurs, relecteurs externes	3
Abréviations	4
1. CONTEXTE	7
2. GOUVERNANCE	8
3. OBJECTIF	9
4. MÉTHODE	10
4.1 Type d'étude	10
4.2 Période d'étude	10
4.3 Définition de la zone d'étude	10
4.3.1 <i>Caractérisation de la zone exposée</i>	11
4.3.2 <i>Caractérisation de la zone non-exposée à la pollution minière</i>	18
4.4 Population d'étude	20
4.5 Analyses statistiques	21
4.6 Données de mortalité	25
4.6.1 <i>Choix des pathologies à étudier</i>	25
4.6.2 <i>Recueil des données</i>	27
4.7 Aspects réglementaires	29
Références bibliographiques	30
Annexe 1. Définition des zones « exposée » et « non-exposée »	32
Annexe 2. Évaluation de la période d'exposition pour les cancers	35
Annexe 3. Définition Insee des catégories de communes rurales	36

1. CONTEXTE

La vallée de l'Orbiel se situe en aval du complexe de l'ancienne mine d'or de Salsigne, localisé à une vingtaine de kilomètres au nord de Carcassonne. La mine de Salsigne et ses sites annexes (mines annexes et installations industrielles de pyro- et hydro-métallurgie) ont été exploités dès l'antiquité et jusqu'en 2004, date de la fermeture du dernier site. Près de 12 millions de tonnes de minerais ont été traités sur le site pour en extraire notamment de l'or, mais également de l'arsenic, les minerais non valorisés restant sur place, notamment sous forme de verses. A partir de 1999, une partie du complexe minier a fait l'objet d'actions de surveillance et de réhabilitation chiffrées pour un total de 45 millions d'euros jusqu'en 2021 (confinement, végétalisation, bassins de rétention...). L'impact sanitaire de cet ancien complexe minier est l'objet de préoccupations apparues dès la fin des années 1990, notamment à la suite des inondations de 1996. Elles ont conduit à la réalisation de plusieurs études de santé sur les 20 dernières années par Santé publique France (étude d'imprégnation et de santé déclarée, études de mortalité par cancer en 1998, complétée en 2001 et mise à jour en 2007), et à la diffusion de recommandations sanitaires [1-3]. En 2006, une mission d'évaluation des risques sanitaires liés à la vallée de l'Orbiel a été confiée par la préfecture à un comité scientifique (sept experts reconnus dans leur domaine de compétences) autour de plusieurs questions : délimitation de la zone contaminée, qualité de l'air, prélèvements alimentaires, urbanisation de la zone, suivi post-professionnel. Les recommandations émises par ce comité ont fait l'objet d'un rapport scientifique rendu en 2007 [4].

Mais les inquiétudes de la population ont persisté. A la suite de nouvelles inondations dans la vallée de l'Orbiel en octobre 2018, l'ARS Occitanie a sollicité Santé publique France en mai et septembre 2019 sur la pertinence de nouvelles études épidémiologiques ou de la mise à jour de celles déjà réalisées.

Dans sa réponse, Santé publique France a proposé de créer un comité d'interface¹ réunissant les parties prenantes afin de discuter des études menées et éventuellement à mener en termes de santé dans la vallée.

Après présentation au comité d'interface des études déjà réalisées par Santé publique France en mentionnant leur portée et leurs limites, la question d'intérêt pour les membres du comité a été formulée comme suit : « Y a-t-il plus de pathologies, aujourd'hui, dans la population de la vallée de l'Orbiel, liées à l'exposition environnementale aux métaux ? ». Le comité a priorisé les cancers comme pathologie d'intérêt. En l'absence de données d'incidence des cancers à l'échelle communale (morbidité), il a été décidé de mener, dans une première étape, une étude de mortalité par cancer. Suite aux propositions des relecteurs extérieurs, d'autres pathologies liées à l'exposition aux métaux ont été ajoutées à cette étude de mortalité dès cette étape : les maladies cardio-vasculaires et les maladies neurodégénératives de type Parkinson.

¹ Le comité d'interface a été constitué en 2020 par Santé publique France par appel à volontaires au sein des différents collèges de la commission de suivi de site de l'ancien site industriel et minier de la Vallée de l'Orbiel : représentants de l'administration, des collectivités territoriales, des associations, des gestionnaires de site et de personnes qualifiées. Il est présidé par une scientifique extérieure à Santé publique France (Dr Pascale Fabbro-Peray, CHU de Nîmes) choisie par les membres du comité d'interface.

2. GOUVERNANCE

L'étude de santé proposée en réponse à la saisine de l'ARS de 2019 est placée sous la responsabilité scientifique de Santé publique France et pilotée par Stéphanie Rivière, épidémiologiste à la Cellule régionale de Santé publique France en région Occitanie. Une équipe projet, interne à Santé publique France a été mise en place. Elle est composée de : Franck Golliot (Direction des régions - Cellule Occitanie), Delphine Jezewski-Serra (Direction Appui, Traitements et Analyses de données – Unité « Applications, big data et surveillance syndromique »), Fabien Le Marec (Direction des Maladies Non Transmissibles et Traumatiques, unité « Cancer »), Candice Roudier (Direction Santé Environnement Travail - Unité « Qualité des milieux de vie et du travail et santé des populations »).

Le comité d'interface a été consulté pour discuter de la pertinence d'une nouvelle étude de santé, choisir le type d'étude à mener, et dans la construction du protocole, pour identifier les objectifs, prioriser les pathologies d'intérêt et préciser la zone d'étude.

Le comité d'interface sera informé de l'avancée de l'étude, des premiers résultats et participera à la préparation de la communication externe.

3. OBJECTIF

L'objectif de l'étude est de décrire, sur la période postérieure à 2003, la mortalité observée au sein de la population résidant dans les communes de la vallée de l'Orbiel et potentiellement exposée aux pollutions minières, et évaluer si cette mortalité observée est différente de celle d'une population non exposée aux pollutions minières.

4. MÉTHODE

4.1 Type d'étude

Il s'agit d'une étude descriptive écologique de mortalité. L'analyse va consister, d'une part, à actualiser les études de mortalité par cancer précédemment réalisées et d'autre part, à analyser les autres causes spécifiques de mortalité pouvant être liées à l'exposition aux métaux.

Ces analyses intégreront des facteurs d'ajustement disponibles aujourd'hui pour ce type d'analyse.

4.2 Période d'étude

La période d'étude débute à la suite de celle des études de mortalité par cancer précédemment menées [2-3] jusqu'à la date maximum de disponibilité des données de mortalité, soit : 2004-2017.

Afin d'étudier une évolution au cours du temps, il est proposé de découper la période en deux périodes d'analyse de 7 ans, si les effectifs le permettent :

- 2004-2010,
- 2011-2017.

Ces durées sont du même ordre de grandeur que celles des périodes I (1968-1978), II (1976-1985) et III (1986-1994) de l'étude initiale [2, 3].

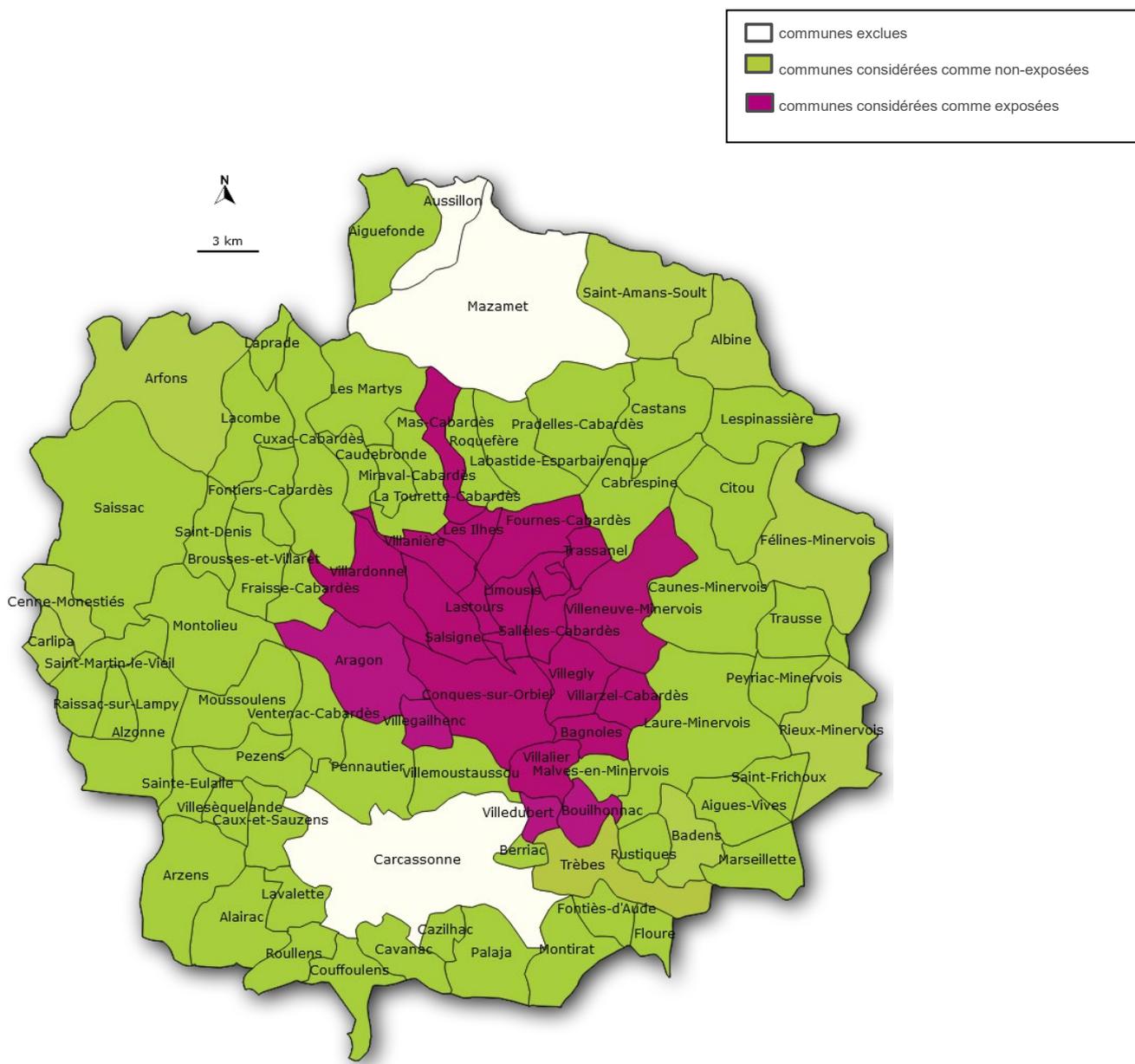
4.3 Définition de la zone d'étude

La définition de la zone d'étude (figure 1) repose sur la définition historique utilisée dans les précédentes études de mortalité menées dans la vallée de l'Orbiel. La cohérence de cette zone d'étude avec les résultats des mesures dans l'environnement (poussières, sols, légumes) et l'établissement du fond pédo-géochimique, réalisés *a posteriori* est vérifiée et la zone d'étude est ajustée en conséquence.

La zone historique est définie comme suit :

- la zone exposée est celle ayant été définie pour l'étude d'imprégnation de 1997 autour du site industriel de la Combe du Saut (20 communes environnant le site) [1-3]. Cette même zone exposée a été utilisée pour les études de mortalité menées en 1998, 2001 et 2007. Elle a été définie *a priori* (c'est-à-dire sans mesures disponibles, sur la base de l'emplacement des sites et de la géographie des lieux) par les investigateurs de la première étude de mortalité ;
- la zone non-exposée aux anciennes activités minières ou de transformation, a été définie pour la première étude de mortalité (1998) comme étant composée des communes limitrophes de la zone exposée dans un rayon de 20 km autour de Salsigne, avec une structure d'âge, de sexe et de catégorie socio-professionnelle similaire. Ont été exclues les zones urbanisées (Mazamet, Aussillon et Carcassonne) (détails des communes en annexe I) [2].

Figure 1. Zone d'étude historique (exposée et non-exposée) définie en 1998



4.3.1 Caractérisation de la zone exposée

La zone exposée avait été définie en 1997 *a priori* sans disposer de caractérisation de l'exposition. A la demande d'un des relecteurs extérieurs de ce protocole, nous avons vérifié le classement des communes exposées sur la base des données environnementales disponibles après 1997 :

- analyses biologiques disponibles issues de l'étude d'imprégnation de 1997) [1] et définition de la zone potentiellement contaminée par le comité scientifique dans le cadre de sa mission d'évaluation des risques sanitaires liés à la vallée de l'Orbiel (2007) [4] ;
- campagnes de mesures environnementales dans les poussières en 2006 [5] et 2021 [6], dans les sédiments en 2019 [7, 8], et dans les produits alimentaires en 2019 [9] ;
- établissement du fond pédo-géochimique en 2021 [10].

4.3.1.1 Caractérisation de l'exposition

Étude d'imprégnation et définition de la zone potentiellement contaminée par le comité scientifique

En 2006, un comité scientifique a été réuni pour mener une évaluation des risques sanitaires liés à l'ancien complexe minier et industriel de la vallée de l'Orbiel [4]. Une des questions qui lui a été posée était de définir « le périmètre à retenir pour définir la zone potentiellement contaminée »². Après analyse des études disponibles, le comité scientifique a conclu « *qu'il est pertinent d'utiliser les résultats de l'enquête d'imprégnation pour la définition de la zone contaminée* ». Cette étude d'imprégnation humaine a été réalisée en 1997. Elle a donc une temporalité en partie cohérente avec la période d'exposition supposée des décès par cancer observés entre 2004 et 2017 (10 à 40 ans avant), si ces cancers sont liés à une exposition environnementale (annexe 2). La définition de la zone exposée envisagée par le comité scientifique s'appuyait sur le niveau d'imprégnation humain mesuré en Arsenic en raison « *1) de son caractère persistant dans les sols, 2) de la voie prépondérante par ingestion directe ou indirecte, et 3) du caractère cohérent de la distribution des résultats élevés de l'imprégnation humaine le long de la vallée de l'Orbiel.* »

Les communes concernées sont : Mas-Cabardès, Villanière, Lastours, Fournes-Cabardès, Limousis, Les Ilhes, Conques sur Orbiel et Salsigne (tableau 1). « *Ce sont celles dont les populations présentaient les niveaux d'imprégnation les plus élevés dans l'étude. Elles sont toutes situées le long du cours de l'Orbiel et en aval du site minier sauf Mas-Cabardès mais cette commune a connu une activité minière dans le passé et les réservoirs de contamination arsenicale peuvent perdurer après cessation de toute activité.* »

Enfin, le comité scientifique avait maintenu, dans la zone exposée, les communes où des mesures dans l'environnement avaient montré des anomalies (eau, sols, contrôles sur aliments). Ces communes étaient : Villardonnell, Sallèles-Cabardès et Villalier (tableau 1).

A contrario, les niveaux d'imprégnation en cyanures (thiocyanates) n'avaient pas été retenus dans la définition de la zone contaminée en 2006. En effet, ils avaient une distribution beaucoup plus erratique lors de l'étude d'imprégnation de 1997. La voie d'exposition prépondérante étant la voie aérienne (en particulier pour les personnes proches des plages de l'Artus), les cyanures n'avaient pas été retenus car le site était déjà réhabilité en 2007 (arrêt total en 2004 puis confinement en 2005...) et de ce fait une exposition conduisant à une imprégnation était peu probable après cette date. Cependant, pour la période d'exposition antérieure à 2005, les expositions aux cyanures pouvaient être présentes, il est donc nécessaire de les utiliser pour caractériser la zone exposée.

De plus, sur le site de la Combe du Saut (comprenant les plages de l'Artus), se trouvait une usine de traitement permettant l'extraction de l'or du minerai issu de la concession de Salsigne par pyrométallurgie jusqu'au début des années 1990 (SEPS : société d'exploitation pyrométallurgique de Salsigne) et dont le four a servi à la pyrolyse et à la vitrification de déchets industriels toxiques provenant d'origines diverses de 1992 à 1996. A partir des années 1990, le traitement pour l'extraction de l'or a eu lieu par hydrométallurgie - cyanuration - (usine de traitement hydrométallurgique à La Caunette jusqu'en 2004) et même si toutes ces émissions n'ont pas été quantifiées, il est souhaitable de prendre en compte une zone d'exposition aérienne autour de ce site.

² Le travail du comité d'expert a été contemporain de la dernière mise à jour de l'étude de mortalité par cancer (2007), la définition de la zone contaminée n'a donc pas été prise en compte dans la mise à jour de l'étude de mortalité de 2007.

Les communes concernées dans lesquelles les moyennes de thiocyanates étaient plus élevées appartiennent à 3 secteurs [1] (tableau 1) :

- Limousis (Fournes-Cabardès et Trassanel : mais petits effectifs pour ces 2 dernières communes) ;
- Bagnoles, Villarzel et Villegly (dans une moindre mesure pour cette dernière) ;
- Salsigne, Villanière et Villardonnel.

Résultats des mesures environnementales

L'étude de l'Ineris de 2006 [5] concernant l'inhalation de particules métalliques issues des sols de surface par les populations riveraines du site d'exploitation minier du site de Salsigne fait apparaître les niveaux plus élevés en poussières métalliques sur les communes de Limousis (As, Mn), Sallèles-Cabardès (Mn, Pb, Ni, Cr), Salsigne (As, Mn, Pb, Cr) et Villanière (As, Pb, Cr) (tableau 1). Aragon, Mas-Cabardès, Conques sur Orbiel sont considérées comme des zones de point témoin et ne présentent pas les valeurs les plus élevées. Villeneuve-Minervois et Caunes-Minervois sont considérées comme des points éloignés sous influence des vents dominants ; seule Villeneuve-Minervois présente une concentration élevée en plomb pour une mesure (tableau 1). Ces résultats peuvent aider au classement des communes selon le niveau d'exposition mais ces campagnes de mesures environnementales n'ont pas été réalisées dans cet objectif. En particulier, plusieurs communes de la zone exposée de l'étude de mortalité n'ont pas fait l'objet de mesures (Villarzel, Villegly, Trassanel, Fourne-Cabardès... tableau 1).

Concernant la mise à jour en 2021 de l'étude de l'Ineris [6] relative à l'inhalation des particules métalliques en suspension, les résultats font apparaître les concentrations les plus élevées sur les communes de Salsigne (Mn, As, Al, Zn, Pb), Sallèles-Cabardès (Ni, Cu), Limousis (Cr), Villalier (Cu, Mn, Cr), Villardonnel (Sn), Mas-Cabardès (Pb) et Conques-sur-Orbiel (Pb, Zn) (tableau 1). Or, Fraisse-Cabardès, Mas-Cabardès, Villalier et Conques-sur-Orbiel sont considérées comme des points en zone témoin dans cette étude. Cependant, dans ce cas-aussi, l'utilisation de ce travail pour le classement des communes selon l'exposition n'est pas aisée. En effet, selon l'Ineris, « *la comparaison à l'environnement local témoin ne montre pas de différence significative entre les points de mesures situés hors influence de la mine (témoin) et ceux situés sous son influence potentielle. Ponctuellement certaines mesures peuvent se distinguer des autres sans que la mine apparaisse clairement comme responsable de ces variations. D'autres paramètres locaux et temporels peuvent influencer ces valeurs mesurées* » [6]. De plus, tout comme en 2006, plusieurs communes de la zone exposée de l'étude de mortalité n'ont pas fait l'objet de mesures.

L'étude sur la qualité des sols superficiels des sites à usages sensibles suite à la crue de 2019 permet de participer à la caractérisation des communes en fonction des teneurs en arsenic mesurés [7]. Le classement de communes selon le seuil de l'HAS de 25 mg d'arsenic bioaccessible par kilogramme de terre est présenté dans le tableau 1 [8].

La campagne d'échantillonnage de produits alimentaires menée dans la vallée de l'Orbiel en 2019 [9] montre, comme en 2009, que ce sont les légumes feuilles qui semblent les plus impactés sur les communes minières (Salsigne, Villanière) mais aussi sur les zones inondées (Conques-sur-Orbiel, Villalier, partie de Trèbes inondée par l'Orbiel) (tableau 1). On observe un impact limité *a priori* sur les légumes racine, et l'absence d'impact sur les légumes fruits. Le faible nombre de prélèvements de végétaux par jardin, et de prélèvements de jardins par commune limite cependant la généralisation de ces analyses à l'ensemble de la commune mais peut servir de point de repère pour le classement.

Tableau 1. Synthèse des communes selon les données d'exposition disponibles

Communes de la zone exposée des études SpF antérieures	Zone « contaminée » selon les conclusions du comité scientifique en 2007		Imprégnation élevée en thiocyanates en 1997	Mesures de sol 2019 BRGM Analyses INERIS 2019	Mesures de poussières 2021 Analyse INERIS	Mesures des poussières 2006 Analyse INERIS	Echantillonnage Produits alimentaires 2019 suite crue 2018
	Imprégnation élevée en arsenic en 1997	Communes maintenues en zone contaminée en 2007 en raison des mesures dans l'environnement (eau, sols, aliments)					
	Imprégnation élevée en arsenic en 1997	Communes maintenues en zone contaminée en 2007 en raison des mesures dans l'environnement (eau, sols, aliments)		Classement selon la limite HAS 25 mg/kg en prenant en compte la bio-accessibilité	Concentrations les plus élevées	Concentrations les plus élevées	Teneurs en métaux les plus élevées dans les légumes feuilles
Mas-Cabardès	X			< seuil HAS (témoin)	X	-	-
Villanière	X		X	NA	-	X	X
Lastours	X			> seuil HAS (onde de crue)	-	NA	-
Fournes-Cabardès	X		X	NA	NA	NA	NA
Limousis	X		X	NA	X	X	NA
Les Ilhes	X			NA	-	NA	NA
Conques s/Orbiel	X			> seuil HAS (onde de crue) < seuil HAS (témoin)	X	-	X (zone inondée)
Salsigne	X		X	NA	X	X	X
Villardonnell		X	X	NA	X	NA	-
Sallèles-Cabardès		X		NA	X	X	NA

Villalier		X		> seuil HAS (onde de crue) > et < seuil HAS (témoin)	X	NA	X (zone inondée)
Bagnoles			X	NA	-	NA	NA
Villarzel			X	NA	NA	NA	NA
Villegly			X	NA	NA	NA	NA
Trassanel			X	NA	NA	NA	NA
Aragon				NA	NA	-	NA
Villedubert				NA	NA	NA	NA
Bouilhonnac				NA	NA	NA	-
Villegailhenc				NA	NA	NA	NA
Villeneuve Minervois				NA	-	X	NA
Communes de la zone NON-exposée des études SpF antérieures							
Trèbes	NA		NA	> seuil HAS (onde de crue, dépôt de sédiments) < seuil HAS (hors dépôt de sédiments)	NA	NA	X (zone inondée)

NA : n'a pas fait l'objet de mesure

4.3.1.2 Prise en compte du fond pédo-géochimique

L'établissement du fond pédo-géochimique dans la région de l'ancien secteur minier de Salsigne réalisé en 2021 par le BRGM permet de caractériser les communes exposées de la zone d'étude (10). Cette étude fait apparaître 3 domaines pédo-géochimiques [10]. La zone concernée par les lignes de base pédo-géochimiques naturelles élevées est en bordure de ces 3 domaines (Figure 40 du rapport BRGM). Elle couvre les villages suivants de la zone exposée : Mas-Cabardès, Les Ilhes, Villanière, Fournes-Cabardès, Limousis, Lastours, Salsigne, Villardonnell et Aragon en zone exposée.

Les autres villages de la zone exposée sont en dehors de cette zone de lignes de base élevées : Conques-sur-Orbiel, Bagnoles, Villegailhenc, Trassanel, Sallèles-Cabardès, Villalier, Villegly, Villeneuve-Minervois et Villarzel. Enfin, Trèbes, Bouilhonnac et Villedubert ne sont pas couvertes par la zone d'étude BRGM, on ne dispose donc pas de données pour ces 3 communes, mais elles sont dans le domaine géologique tertiaire aux concentrations plus faibles.

Ces différences de concentration en arsenic du fond pédo-géochimique entre les différentes communes de la zone considérée comme exposée aux pollutions minières conduit à tester cette donnée comme facteur d'ajustement dans les analyses statistiques.

4.3.1.3 Autres activités polluantes

La présence de sites ou sols pollués a été recherchée à partir de la base de données Basol : <https://www.georisques.gouv.fr/risques/sites-et-sols-pollues/donnees#/type=instruction®ion=76>

Aucune commune de la zone exposée ne se caractérisait par la présence d'une autre activité polluante.

4.3.1.4 Analyse de sensibilité de la zone exposée à la pollution minière

Sur la base de l'ensemble de ces données aidant à caractériser l'exposition (tableau 1), on peut ainsi observer :

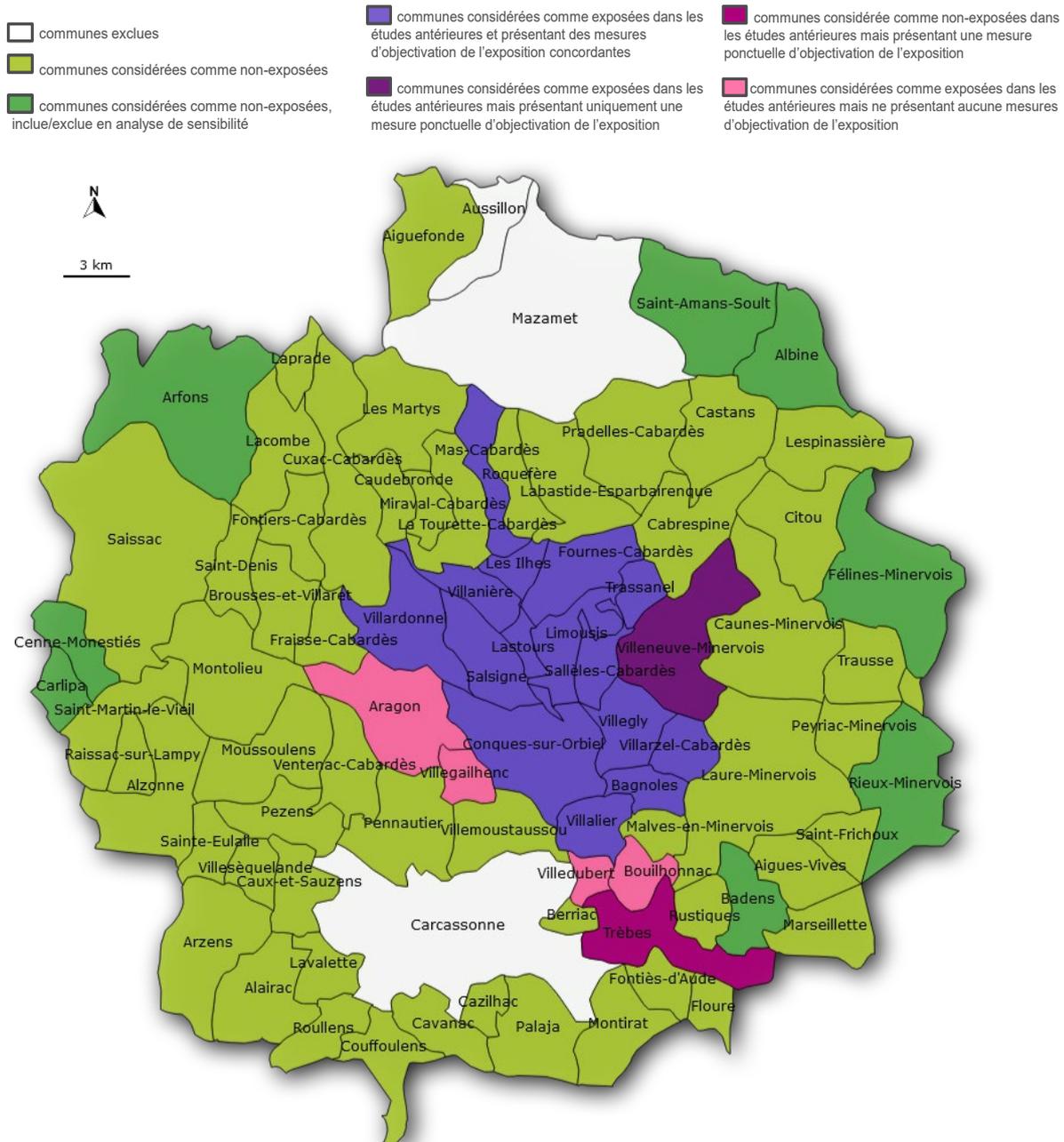
- un ensemble de communes pour lesquelles ont été mis en évidence les niveaux d'imprégnation les plus élevés en arsenic et/ou en thiocyanates et/ou des mesures dans l'environnement ayant conduit à leur classement en zone contaminée en 2006 et/ou avec les concentrations les plus élevées lors des études de poussières ou de sols ou de produits alimentaires (figure 2) ;
- un ensemble de communes définies historiquement dans la zone exposée, ne dispose finalement pas de mesures objectives permettant de caractériser une exposition significative : communes les plus en aval hydraulique de la vallée de l'Orbiel (Villedubert, Bouilhonnac) et les plus éloignées des vents dominants par rapport aux installations/mines (Aragon, Villegailhenc) ;
- deux communes, Trèbes et Villeneuve Minervois, pour lesquelles des mesures récentes (poussières, sols) ont montré ponctuellement des niveaux élevés (Trèbes sur les zones inondées, représentant une partie limitée de la surface de la commune et Villeneuve-Minervois avec présence ponctuelle de plomb) mais qui ne se caractérisent pas par des niveaux d'imprégnation ou de contamination des végétaux ayant conduit à leur classification en zone contaminée par les experts en 2006.

De ce fait, il est proposé de réaliser des analyses de sensibilité de la zone exposée en incluant/excluant :

- les 4 communes pour lesquelles une exposition significative n'a pas pu être objectivée par des mesures environnementales ;
- les 2 communes de Trèbes et Villeneuve Minervois.

Le détail des analyses est présenté dans le chapitre analyse.

Figure 2. Représentation de la zone exposée et de la zone non-exposée, étude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017, protocole 2022



4.3.2 Caractérisation de la zone non-exposée à la pollution minière

4.3.2.1 Vérification de l'absence d'exposition

A partir de l'étude d'imprégnation de 1997, on peut noter que la commune de Badens, pourtant éloignée de la zone exposée, présentait, un niveau d'imprégnation en Arsenic aussi élevé que certaines communes de la zone exposée [1]. Selon le comité scientifique réuni en 2006, les taux élevés de Badens semblent traduire l'exposition au fond géochimique [4]. Cependant, une analyse de sensibilité sera également réalisée avec/sans cette commune dans la zone non-exposée.

Les dernières données environnementales concernant la contamination des sédiments suite à l'inondation de 2018 [8] ont montré que des sédiments contaminés déplacés par l'Orbiel pouvaient être déposés sur une partie limitée de la commune de Trèbes, le long du lit de l'Orbiel lors d'inondations. De plus, la campagne d'échantillonnage de produits alimentaires menée dans la vallée de l'Orbiel en 2019 [9] montre, que les légumes-feuilles les plus impactés se trouvent notamment dans les zones inondées de Trèbes. De ce fait, une analyse sera réalisée avec/sans cette commune en zone non-exposée.

4.3.2.2 Prise en compte du fond pédo-géochimique

Aucune source de données unique ne permet de caractériser le fond pédo-géochimique de l'ensemble des communes de la zone non-exposée :

- 1) l'étude menée par le BRGM dans la région de l'ancien secteur minier de Salsigne réalisé en 2021 concerne une zone délimitée au nord par une ligne Cuxac-Cabardès, Labastide-Esparbairénque, à l'est par une ligne Cabrespine – Villeneuve-Minervois, au sud par Pennautier, à l'Ouest par une ligne Cuxac-Cabardès – Pezens [10]. La zone concernée par les lignes de base pédo-géochimiques naturelles élevées couvre les villages suivants de la zone non-exposée : Miraval-Cabardès, La Tourette-Cabardès, Fraisse-Cabardès et Roquefère. Les villages inclus dans la zone d'étude BRGM et se trouvant à l'extérieur de la zone le lignes de base élevées sont : Cuxac-Cabardès Labastide-Esparbairénque, Cabrespine, Villemoustaussou, Pennautier et Ventenac-Cabardès ;
- 2) l'inventaire minier (mineralinfo.fr) permet de disposer de données sur les sédiments (Arsenic) dans la zone d'étude au nord d'une ligne Carlipa – Trausse. Cela permet de classer une partie des communes non couvertes par l'étude du BRGM. Les communes non-exposées concernées par des niveaux élevés d'arsenic dans les sédiments sont : Frontiers-Cabardès et Citou. Les autres communes non-exposées de cette zone ne présentent pas des niveaux élevés en arsenic dans les sédiments : Saissac, Caudebronde, Aigüefonde, Les Martys, Laprade, Arfons, Lacombe, Saint-Denis, Cenne-Monesties, Carlipa, Montolieu, Brousses-et-Villaret, Pradelles-Cabardès, Castan, Albine, Saint-Amans-Soult, Lespinassiere, Caune-Minervois, Felines-Minervois et Trausse ;
- 3) enfin, quelques communes au sud de la zone non-exposée ne sont pas caractérisées par les études précédentes. Elles se situent dans le domaine géologique tertiaire, non caractérisé a priori par des niveaux élevés : Moussoulens, Saint-Martin le Veil, Raissac sur Lampy, Alzonne, Sainte-Eulalie, Pezens, Villesèquelande, Caux-et-Sauzens, Arzens, Alairac, Lavalette, Roullens, Couffoulens, Cavanac, Cazilhac, Palaja, Montirat, Fontiès-d'Aude, Floure, Berriac, Rustiques, Badens, Marseillette, Aigües-Vives, Saint-Frichoux, Rieux-Minervois, Peyriac-Minervois, Laure-Minervois, Malves-en-Minervois.

Compte tenu des différences de concentration en arsenic du fond pédo-géochimique au sein des communes considérées comme non-exposées, cette donnée sera testée comme facteur d'ajustement dans les analyses.

4.3.2.3 Autres activités polluantes

La présence de sites ou sols pollués a été recherchée à partir de la base de données Basol : <https://www.georisques.gouv.fr/risques/sites-et-sols-pollues/donnees#/type=instruction®ion=76>

La recherche a fait apparaître la présence d'un ancien site uniquement sur une commune de la zone non-exposée de l'étude. Il s'agit de la commune d'Albine sur laquelle une ancienne usine de délainage, mégisserie et picklage, à proximité du ruisseau Albinel, a été en activité depuis au moins 1964 jusqu'en 2001. Le site se caractérisait par la présence de polluants (5 tonnes évacuées en 2012 et 35 tonnes identifiées suite aux inondations de 2015, évacuées en 2016). Une analyse de sensibilité sera réalisée avec/sans cette commune.

4.3.2.4 Comparabilité des caractéristiques socio-économiques de la zone non-exposée

La zone exposée et la zone non-exposée ont été comparées sur un certain nombre de critères autres que l'exposition pour s'assurer de leur comparabilité. La répartition par sexe et âge entre ces 2 zones a été comparée sur la période d'étude, 2004-2017, en utilisant le recensement de 2006 (le plus proche disponible de l'année 2004) et celui de 2017 (tableau 2). La répartition selon le sexe et l'âge est relativement proche entre les deux zones. Par contre, les distributions des classes de densité de population communale et du FDep (indice de désavantage social) sont différentes [11] (tableaux 3 et 4). Les conditions socio-économiques étant connues comme liées au risque de cancer, il sera important de bien prendre en compte ce facteur dans les analyses.

Tableau 2. Caractéristiques démographiques des zones exposée et non-exposée, recensements Insee 2006 et 2017. Etude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017, protocole 2022

	Zone exposée Recensement 2006	Zone non-exposée Recensement 2006	Zone exposée Recensement 2017	Zone non-exposée Recensement 2017
Nombre de communes	20	62	20	62
Population	9 479	49 407	10 720	54 552
Âge (ans)				
< 20	22 %	24 %	23 %	24 %
20-39	22 %	21 %	18 %	18 %
40-59	29 %	29 %	28 %	27 %
60-79	21 %	20 %	24 %	24 %
80 ans et plus	6 %	6 %	7 %	7 %
Sexe				
Homme	49 %	49 %	49 %	49 %
Femme	51 %	51 %	51 %	51 %

Tableau 3. Répartition de la population des zones exposée et non exposée selon les classes de densité communales de résidence (Annexe 3) - recensement 2017, classification densité 2017. Étude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017, protocole 2022

	Zone exposée N = 10 720 %	Zone non exposée N = 54 552 %
Communes urbaines denses	0	0
Communes urbaines de densité intermédiaire	16,2	17,1
Communes rurales sous forte influence d'un pôle	83,5	56,7
Communes rurales sous faible influence d'un pôle	0,3	16,0
Communes rurales autonomes peu denses	0	9,7
Communes rurales autonomes très peu denses	0	0,5

Tableau 4. Répartition de la population selon le quintile de Fdep dans l'ensemble de la zone d'étude en 2013. Etude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017, protocole 2022

	Répartition non pondérée des communes					Répartition des communes, pondérée par la population*				
	Valeur moy du Fdep	Zone exposée N = 20		Zone non exposée N = 62		Valeur moy du Fdep	Zone exposée N = 20		Zone non exposée N = 62	
		n	%	n	%		n	%	n	%
Quintile 1 (avantagé)	-0,49	3	15	14	23	-0,47	3	6	15	25
Quintile 2	0,04	3	15	13	21	0,11	5	20	16	17
Quintile 3	0,33	6	30	11	18	0,42	7	56	8	14
Quintile 4	0,67	4	20	12	19	0,71	1	10	11	22
Quintile 5 (désavantagé)	1,37	4	20	12	19	1,37	4	7	12	22

* La répartition des quintiles de Fdep est pondérée en fonction du poids de chaque commune (calculé en fonction du nombre d'habitants pour la zone d'étude).

4.3.2.5 Analyse de sensibilité sur la zone non-exposée

Considérant l'absence de communes rurales autonomes en zone exposée selon la nouvelle classification de l'Insee (détail en Annexe 1), une analyse de sensibilité sera réalisée avec/sans ce groupe de communes pour la zone non-exposée : St Amans-Soult, Rieux-Minervois, Laprade, Féline-Minervois, Cenne-Monesties, Carlipa, Arfons, Albine (figure 2, page 13).

Considérant les résultats des mesures d'imprégnation, une analyse de sensibilité sera réalisée avec/sans Badens (figure 2, page 13).

Considérant la recherche d'autres activités polluantes, une analyse de sensibilité sera réalisée avec/sans Albine (figure 2, page 13).

Considérant la présence de dépôt de sédiments sur la commune de Trèbes, une analyse de sensibilité sera réalisée avec/sans Trèbes en zone non exposée (figure 2, page 13).

4.4 Population d'étude

La population d'étude est estimée par les recensements annuels de l'Insee de 2006 à 2017 au sein de la zone d'étude. Pour les années 2004 et 2005, c'est le recensement de 2006 qui sera appliqué, la population de la zone d'étude ou à l'échelle du département évoluant peu en 2 ans (tableau 5).

Tableau 5. Description de la population entre 2006 et 2008

	Aude 2006 %	Aude 2008 %	Zone d'étude 2006 %	Zone d'étude 2008 %
Sexe				
Femme	51,7	51,7	51,2	51,3
Homme	48,3	48,3	48,8	48,7
Age (ans)				
0-19	22,6	22,3	23,4	23,3
20-39	22,1	21,7	21,5	20,7
40-59	27,7	27,6	29,3	29,4
60-79	21,1	21,5	19,9	20,3
80 et plus	6,5	6,9	5,9	6,3

4.5 Analyses statistiques

Les indicateurs de risque produits sont des indices comparatifs de mortalité par causes spécifiques, soit des ratios standardisés de mortalité (SMR). Ils sont calculés par zone et par sexe, par période et par type de cancer (voir chapitre 4.6.). Les SMR sont calculés, en prenant en compte comme référence en première approche, les taux de mortalité de la population de l'ex-région Languedoc-Roussillon aux recensements correspondants. Le choix de prendre l'ex-région Languedoc-Roussillon plutôt que le département de l'Aude repose sur le fait que les effectifs régionaux sont plus importants et de ce fait, les taux de mortalité sont plus stables (même si le département est *a priori* plus proche socio-économiquement).

Par ailleurs, nous avons également comparé les répartitions par âge, sexe et niveau de défavorisation sociale entre l'Aude et la région. Ils sont relativement proches même si en ex-région Languedoc-Roussillon, le pourcentage de personnes âgées (60 ans) était légèrement inférieur à celui de l'Aude et que la proportion de communes dans les quintiles de FDep les plus élevés est moins importante (tableau 6). De ce fait, une analyse de sensibilité sera réalisée en prenant le département comme référence.

Tableau 6. Comparaison de la répartition du sexe, de l'âge (2006) et du FDEP (2008) de la région Languedoc-Roussillon et du département de l'Aude

	Languedoc-Roussillon %	Aude %
Sexe		
Femme	52,1	51,7
Homme	47,9	48,3
Age		
0-19 ans	23,6	22,6
20-39 ans	24,3	22,1
40-59 ans	27,2	27,7
60-79 ans	19,2	21,1
80 ans et plus	5,6	6,5
FDEP		
Quintile 1	7,3	2,1
Quintile 2	23,3	16,8
Quintile 3	26,5	24,9
Quintile 4	30,5	37,9
Quintile 5	12,5	18,3

Des rapports de risque (rapports entre SMR) seront calculés entre la zone exposée et la zone non-exposée. La significativité des rapports de risque est interprétée sur la base du calcul de l'intervalle de confiance à 95 %.

L'étude de mortalité réalisée ici, est une étude écologique, c'est-à-dire utilisant des données à l'échelle géographique définie.

Définition de l'unité écologique d'analyse

L'unité écologique d'analyse choisie pour cette étude est la commune car c'est le niveau d'agrégation disponible des données de santé et des données de référence de population (Insee).

Biais écologiques et facteurs de confusion potentiels

L'analyse à l'échelon agrégé à la commune peut générer des biais, l'exposition n'étant pas recueillie à l'échelle individuelle, mais étant considérée comme homogène pour tous les individus d'une même commune.

D'autres biais sont liés à des caractéristiques (facteurs de confusion) que possèdent les populations au sein d'une même zone géographique, ou entre les zones géographiques, et qui sont également liées aux indicateurs de santé choisis. Par exemple, la consommation de tabac peut être différente entre les populations exposées et non-exposées et on sait, par ailleurs, qu'elle est liée à la survenue du cancer du poumon.

Afin de limiter ces biais, un modèle de régression multivariée, ajusté sur les facteurs de confusion potentiels agrégés à la commune, sera utilisé afin d'ajuster la comparaison des SMR entre les communes de la zone d'étude.

Facteurs de confusion potentiels retenus :

- Facteur de défavorisation sociale (FDep et EDI³). Les analyses seront réalisées avec l'un ou l'autre des facteurs de défavorisation sociale. Il sera vérifié que les résultats des comparaisons restent stables en fonction de l'indice de défavorisation utilisé.
 - FDep [11]. Le FDep est construit à partir du revenu médian par ménage, du pourcentage de bacheliers chez les plus de 15 ans, du pourcentage d'ouvriers dans la population active et du taux de chômage. Il est disponible pour les années 1999 (FDep99), 2009 (FDep09), 2013 (FDep13) et 2015 (FDep15). Pour l'année 1999, le FDep n'est pas calculé pour les petites communes, il ne peut donc pas être appliqué à 18 communes de la zone. Compte-tenu du partage de l'analyse en deux périodes, le FDep 2009 sera appliqué pour la première période (2004-2010), et le FDep 2015 sera appliqué pour la 2^e (2011-2017).
 - French Ecological Deprivation Index (EDI) [12]. Basé sur une enquête européenne spécifiquement dédiée à l'étude de la défavorisation, il présente l'avantage de refléter l'expérience individuelle de défavorisation et d'être transposable à différents territoires au sein de l'Europe. Le score de cet indice intègre le surpeuplement, l'absence d'accès au chauffage central ou électrique, le fait de ne pas être propriétaire, d'être au chômage, d'être de nationalité étrangère, de ne pas avoir d'accès à une voiture, d'être ouvrier non qualifié-ouvrier agricole, d'appartenir à un ménage avec au moins 6 personnes, d'avoir un faible niveau d'étude et d'appartenir à une famille monoparentale. Parmi les années 1999, 2007, 2011, 2015 et 2017 disponibles, les années 2007 et 2015 seront retenues.
- Nouvel indicateur de ruralité de l'Insee (2017) (<https://www.insee.fr/fr/information/5360126>). La zone d'étude est en milieu rural/ semi-urbain). Cet indicateur est construit à partir de données démographiques, sociales, économiques et physiques (Annexe 2), dont certaines peuvent être communes avec celles utilisées pour le FDep. La colinéarité entre l'indicateur de ruralité et le FDep sera vérifiée pour leur utilisation simultanée dans le modèle. Dans le cas d'une colinéarité, l'indicateur de densité construit par la méthode de la grille communale de densité pourra être utilisé à la place de l'indicateur de ruralité (Source : Insee, consultable sur <https://www.insee.fr/fr/information/6439600>).
- Pourcentage de surface agricole utile en viticulture (recensement général agricole - RGA). L'arsenic a été utilisé dans la viticulture jusqu'en 2001 (les pesticides arsenicaux ont été interdits d'emploi en 1973 pour toutes les cultures sauf pour l'Arsénite de sodium en

³ L'EDI n'a pas été utilisé dans l'analyse descriptive des communes dans le protocole car non disponible en interne à Santé publique France au moment de la rédaction du protocole.

viticulture, interdit en 2001). Le RGA est disponible pour les années 1970, 1979, 1988, 2000 et 2010. Compte-tenu de la persistance de l'arsenic dans les sols, il a été décidé de retenir cet indicateur à partir de l'année 1979 dans le modèle : 1^{re} année disponible après l'usage spécifique de l'arsenic en viticulture (tableau 7). Un indicateur permettant de classer la surface viticole selon 3 modalités (faible, moyen, fort) pour l'ensemble de la période 1979-2000 sera créé.

Tableau 7. Proportion de surface agricole par rapport à la surface de la commune (RGA, 1979, 1988, 2000, 2010) en zones exposée et non-exposée

	Proportion surface viticole sur surface commune 1979, %	Proportion surface viticole sur surface commune 1988 %	Proportion surface viticole sur surface commune 2000 %	Proportion surface viticole sur surface commune 2010, %
Zone exposée (n = 20)	22,3	20,6	16,0	11,8
Zone non-exposée (n = 62)	31,1	25,7	20,6	16,9

- APL médecin généraliste (indicateur d'accessibilité potentielle localisée) qui reflète l'accès à un médecin généraliste (dépistage des cancers) : <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sources-outils-et-enquetes/lindicateur-daccessibilite-potentielle-localisee-apl>. Cet indicateur est disponible pour 2010, 2013, 2015 à 2018 mais avec des modes de calcul différents pour les années 2010 et 2013. La pertinence de son apport dans le modèle sera étudiée au moment de l'analyse.
- Potentiel radon : <https://www.irs.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/5-cartographie-potentiel-radon-commune.aspx#.YqcOwahByUk> . Le radon est connu comme un facteur de risque de cancer du poumon. La distribution du potentiel radon sur la zone d'étude n'est pas homogène selon la zone exposée ou non-exposée (tableau 8).

Tableau 8. Distribution des communes selon le niveau de potentiel radon par zones (zone exposée / non-exposée)

	Communes exposées (n = 20) %	Communes non exposées (n = 62) %
Potentiel radon1 (teneurs en uranium les plus faibles)	45	50
Potentiel radon2	50	16
Potentiel radon3 (teneurs en uranium les plus fortes)	5	34

- Compte tenu de l'hétérogénéité de la distribution des concentrations en arsenic du fond pédo-géochimique aussi bien entre les communes considérées comme exposées aux pollutions minières, qu'entre les communes considérées comme non-exposées, cette donnée sera testée sous forme d'indicatrice comme facteur d'ajustement dans les analyses en 2 classes (élevé versus faible/moyen). Afin de ne pas exclure de l'analyse les communes ne disposant pas de données, elles seront classées par convention avec les communes à niveau faible/moyen.
- Prise en compte du tabagisme : plusieurs algorithmes pour identifier les fumeurs dans le Système national des données de santé (SNDS) existent et sont utilisés à Santé publique France en fonction de la population ciblée et des objectifs mais aucun n'est validé. La possibilité de recourir à certains de ces algorithmes en fonction de la pathologie étudiée sera explorée.

Autres facteurs potentiels de confusion non retenus

- La présence de l'autoroute, source de pollution, n'a pas été retenue pour la modélisation car elle ne concernait que 8 communes sur 60 (Fontiès d'Aude, Floure, Cazilhac, Palaja, Lavalette, Arzens, Caux-et-Sauzens et Trèbes).

Les résultats seront présentés bruts puis ajustés.

Modèle

Le nombre de décès par cancer attendus dans la commune tiendra compte des taux de mortalité par âge (classes quinquennales) et sexe de la région ex-Languedoc-Roussillon.

Le modèle de régression de Poisson est souvent retenu pour expliquer une variable quantitative discrète positive ou nulle, correspondant à un compte. Une surdispersion des observations peut remettre en cause l'utilisation de ce modèle, par une sous-estimation des variances des paramètres du modèle.

La surdispersion sera vérifiée et dans le cas où celle-ci serait confirmée, un modèle négatif binomial sera utilisé [13-15] afin de tenir compte de l'association potentielle avec des facteurs spatiaux latents non observés dans le calcul des variances pouvant conduire à la surdispersion. Dans le modèle, l'effet des zones d'exposition sera mesuré grâce à l'introduction d'une variable indicatrice de chacune des zones. Les effets d'autres facteurs seront évalués dans le modèle pour prendre en compte des disparités entre zones liées aux conditions sociales, urbaines et environnementales.

Les variables de confusion seront introduites par étape : plusieurs modèles seront réalisés en intégrant ces variables de manière séquentielle, en distinguant les variables d'expositions environnementales (surface agricole, radon, fond géo-chimique), de celles relevant de l'offre de soins (APL), des variables caractérisant les personnes (défavorisation, tabac).

L'analyse sera réalisée avec le logiciel R ou Stata.

Plusieurs analyses de sensibilité seront réalisées :

- 1) analyse des SMR avec la région en référence puis le département ;
- 2) en fonction de la taille des effectifs, analyse par groupes de communes exposées en fonction des niveaux d'exposition (cf. chapitre 4.3.1.3. et annexe 1 tableau 1) ;
- 3) analyse avec / sans les communes ayant des caractéristiques particulières pour la zone non-exposée, avec/ sans Trèbes, avec/sans Badens, avec/sans Albine, avec/sans les communes rurales autonomes (St Amans-Soult, Rieux-Minervois, Laprade, Féline-Minervois, Cenne-Monesties, Carlipa, Arfons, Albine, cf. annexe 1 tableau 2) ;
- 4) en fonction de la taille des effectifs, analyse en comparant les deux zones sur la base de groupe de communes homogènes pour les facteurs de défavorisation sociale.

Limites des analyses statistiques

La taille de la population de la zone d'étude (zone exposée : population comprise entre 5 000 et 13 000 habitants selon les différentes analyses de sensibilité) peut être un facteur limitant la possibilité de mettre en évidence une différence significative entre la zone exposée et la zone témoin.

De plus, dans le cadre de cette étude, de nombreux tests statistiques vont être effectués (selon le sexe, selon la période, les pathologies, les zones d'exposition). Pour chaque test, il sera appliqué un risque de 5 % de conclure à tort à un déficit ou à un excès de risque. Du fait de la multitude des tests réalisés, la probabilité de mettre en évidence un excès significatif de mortalité par le seul fait

du hasard est augmentée [16]. Cette limite statistique sera considérée lors de l'interprétation des résultats.

4.6 Données de mortalité

4.6.1 Choix des pathologies à étudier

Le choix des pathologies à étudier a été guidé par les données disponibles dans la littérature :

- études de mortalité par cancer déjà réalisées sur le site [2,3] ;
- recherche des pathologies pour lesquelles est connu ou suspecté un lien avec une exposition aux métaux liées aux activités de métallurgie [17, 18].

Études de mortalité déjà réalisées sur le site

Une étude de mortalité par cancer a été effectuée en 1998 pour les périodes 1968-1994 complétée en 2001 [2], puis mise à jour en 2007 pour les périodes 1995-2003 [3]. L'étude a comparé la zone exposée à une zone témoin de l'Aude présentant des caractéristiques similaires (âge, sexe, catégorie socio-professionnelle en 1982 et en 1990, densité de population), et à la France entière. La mortalité pour l'ensemble des cancers et pour différentes localisations tumorales d'intérêt a été étudiée. Les résultats sur la période 1968-1994 ont montré, en zone exposée, un excès de risque de cancers (tout type de cancers) (ratio SMR : 1,11 [1,0-1,2]) et cancers respiratoires (poumon ratio SMR : 1,76 [1,4-2,1] ; pharynx : 2,06 [1,0-3,8]), ainsi qu'un excès de cancers digestifs chez les femmes (ratio SMR : 1,32 [1,04-1,6]). Les résultats suggéraient également que la surmortalité observée sur la période 1968-1994 n'était pas liée à la seule exposition professionnelle mais probablement également à une exposition environnementale [2].

La mise à jour de 2007 incluant la période 1995-2003 ne mettait plus en évidence d'excès de risque en zone exposée par rapport aux zones témoin sur cette période plus récente, hormis pour les cancers du pharynx (ratio SMR 2000-2003 : 3,13 [0,00-15,65]). Néanmoins, les conclusions indiquaient que « ces résultats étaient à interpréter avec prudence en raison des faibles effectifs ».

Sur la base de l'ensemble de ces travaux (1998, 2001 et 2007), les analyses porteront sur les décès associés aux mêmes localisations de cancers de sorte à pouvoir observer l'évolution sur la période plus récente : tous cancers confondus, cancers respiratoires, cancers digestifs, cancer du pharynx.

Autres pathologies pour lesquelles est connu ou suspecté un lien avec une exposition aux polluants métalliques identifiés comme liés aux activités de la métallurgie

Le choix des autres pathologies d'intérêt a été effectué en deux temps :

- tout d'abord, à partir d'un travail de synthèse réalisé dans le cadre d'un rapport de stage [17] en 2019 identifiant une liste d'indicateurs de santé proposés comme étant liés aux activités de la métallurgie (métaux et co-produits). Parmi les polluants identifiés comme liés aux activités de métallurgie, les métaux émis étaient les suivants : arsenic, cadmium, chrome VI, manganèse, mercure, nickel, plomb. Certains de ces métaux sont effectivement retrouvés dans la vallée, notamment dans les études de poussières (As, Mn, Pb, Ni, Cr) (5-6). Selon une étude géochimique menée dans la vallée de l'Orbiel publiée en 2022, le fond géochimique de la vallée de l'Orbiel présente un enrichissement naturel marqué en Arsenic et Antimoine [19]. Les autres éléments métalliques mesurés sont présents à des concentrations de l'ordre de grandeur connu pour les sols européens ou français. Les sédiments des rivières de la vallée sont impactés le plus fortement en arsenic, et fortement en cuivre, antimoine et plomb en aval du district minier ;

- Ensuite, sur la base de cette liste, ont été retenus :
 - les cancers pour lesquels une association est avérée avec les métaux quels qu'ils soient, sur la base des données du CIRC [18, 22] (tableau 9) :

Tableau 9. Pathologies cancéreuses en lien avec les activités de métallurgie et exposition associées

Pathologies	Associations connues (agents cancérogènes avérés pour l'homme selon le CIRC – groupe 1)
Cancer des voies aériennes supérieures	Ni (fosses nasales et sinus de la face) Chrome VI : Agent cancérogène pour l'homme (fosses nasales et sinus de la face)
Cancer du foie et voies biliaires	As : Agent cancérogène pour l'homme
Cancer de la prostate	As, Cd : Agent cancérogène pour l'homme
Cancer du rein	As, Cd : Agent cancérogène pour l'homme
Cancer du poumon	As, Cd, Cr VI, Ni, silice cristalline Cobalt : Agent cancérogène pour l'homme
Cancer de la vessie	As, production d'aluminium
Cancers cutanés de type carcinome (baso-cellulaires, spino-cellulaires)	As

L'antimoine, le plomb et le cuivre ne sont pas reconnus comme cancérogènes avérés.

Concernant l'antimoine, le trioxyde d'antimoine est classé dans le groupe 2B (l'agent pourrait être cancérogène pour l'homme), plusieurs autres composés de l'antimoine ne sont pas classés pour sa cancérogénicité par l'Union européenne. L'antimoine trivalent a été classé comme probablement cancérogènes pour l'homme (cancer du poumon) (Groupe 2A) [20].

Concernant le cuivre, les données humaines, bien que très partielles, sont plutôt en faveur d'une absence d'effet cancérogène des sels du cuivre [21].

Concernant le plomb, le plomb et ses dérivés inorganiques pourraient être potentiellement cancérogènes pour l'homme (cancer de l'estomac) (groupe 2A, CIRC, 2006) [22].

Les autres pathologies chroniques identifiables en mortalité en lien avec une exposition chronique aux métaux (liés à la métallurgie [17] et identifiés en excès dans la vallée [19])

À partir du travail de synthèse réalisé sur les pathologies d'intérêt pour suivre les effets de la métallurgie, peuvent être retenues :

- les maladies cardiovasculaires : concernant l'arsenic, des effets sur le système cardiovasculaire ont été notés au niveau du cœur et du système vasculaire (maladie de Raynaud). Certaines études ont montré des excès de mortalité cardiovasculaire (cardiopathies ischémiques, maladies cérébrovasculaires), en particulier en milieu du travail. Ces résultats ne sont toutefois pas toujours concordants, les niveaux d'exposition à l'arsenic sont parfois mal connus et des facteurs de confusion existent (exposition à d'autres métaux, tabagisme...) [23] ;

- les neuropathies de type Parkinson : le lien entre exposition aux métaux et maladie de Parkinson a été montré dans quelques études. Une étude de 2007 autour d'usines de ferroalliages en Italie a montré un excès de mortalité pour la maladie de Parkinson par rapport à une zone témoin. Cet excès de mortalité était associé aux concentrations en manganèse dans les dépôts de déchets [24]. Dans une étude française selon le secteur d'activité menée en 2019, une augmentation de l'incidence de la maladie de Parkinson a été observée dans les cantons caractérisés par des proportions élevées de travailleurs dans l'agriculture, la métallurgie et l'industrie textile. L'association la plus élevée et robuste est rapportée, pour l'agriculture (+4,2 %) et l'hypothèse principale pour expliquer ce résultat est l'exposition professionnelle et environnementale aux pesticides. Les résultats pour la métallurgie (+2,4 %) et l'industrie textile (+2,4 %) sont moins attendus, et des hypothèses sur l'exposition aux métaux d'une part, et l'exposition aux solvants et aux endotoxines d'autre part, peuvent être évoquées pour expliquer ces associations [25]. Une méta-analyse menée en 2021 n'a, quant à elle, pas mis en évidence l'exposition aux métaux comme facteur de risque de la maladie de Parkinson [6]. *A contrario*, le lien entre maladie de Parkinson et exposition aux pesticides est connu chez les agriculteurs (tableau de maladie professionnelle n° 58 du régime agricole), et dans une moindre mesure en population générale. Une étude française a montré que l'incidence de la maladie de Parkinson augmentait avec la proportion de terres consacrées à l'agriculture des cantons français. Parmi 18 types d'activités agricoles, l'association la plus forte était observée pour les cantons les plus fortement viticoles [27] ;
- en complément, les effets sur la santé (autres que cancéreux) connus pour les métaux non listés en lien avec la métallurgie mais présent en excès dans la vallée [19] - antimoine et cuivre - ont été recherchés.

Les effets sur la santé (autres que cancéreux) liés à l'antimoine : il existe peu de données sur la toxicité de l'antimoine et de ses composés, il est donc difficile de retenir des pathologies chroniques en lien avec cet élément métallique [20]. Les expositions par inhalation sont les plus décrites chez les travailleurs et concernent plus spécifiquement de trioxyde d'antimoine.

Les effets sur la santé (autres que cancéreux) liés au cuivre : Chez l'homme, l'exposition chronique au cuivre par ingestion (eau de boisson principalement) entraîne principalement des troubles gastro-intestinaux (nausée, diarrhée). D'autre part, des effets hépatiques et rénaux sont observés pour des expositions à des niveaux élevés. Les données existantes chez l'homme par inhalation concernent des expositions professionnelles. L'exposition par inhalation induit une irritation des voies aériennes supérieures et une pneumopathie interstitielle [21]. Sur la base de ces informations, il n'a pas été retenu de pathologies observables en étude de mortalité.

4.6.2 Recueil des données

Afin d'obtenir les taux de mortalité par zone d'étude, les données de mortalité seront extraites du SNDS au sein duquel sont incluses les données issues des certificats de décès enregistrés par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDC) de l'Inserm depuis 1968. Seule la cause initiale de décès, définie comme la cause à l'origine du processus morbide ayant conduit au décès, sera analysée. En effet, celle-ci est définie comme la cause à l'origine du processus morbide ayant conduit au décès. L'analyse en causes multiples prend en compte d'autres causes inscrites sur le certificat de décès que la cause initiale. Cette analyse, de plus en plus utilisée dans les études de mortalité, peut poser des questions d'ordre statistique (surestimation de la puissance statistique des tests). Elle est, de plus, sensible à la qualité de remplissage des certificats de décès liée notamment au niveau de connaissance des cas par les médecins certificateurs [28]. Cette limite est d'autant plus sensible à une échelle géographique fine. Compte tenu de l'impossibilité de prendre en compte dans l'étude les facteurs pouvant influencer la qualité des certificats de décès et donc d'en assurer la comparabilité, l'analyse en causes multiples n'a pas été retenue.

Le choix des pathologies à étudier conduit à sélectionner pour les cancers cutanés uniquement les carcinomes, formes le plus fréquemment associées à l'exposition à l'arsenic dans les études publiées (baso-cellulaires, spino-cellulaires). Cependant, seuls les mélanomes malins peuvent être correctement identifiés dans les certificats de décès. En effet, les cancers cutanés autres que les mélanomes sont très peu létaux ; seuls quelques carcinomes (des formes histologiques très rares) sont métastatiques et donc engagent le pronostic vital de la personne. La prise en charge usuelle d'un cancer cutané autre qu'un mélanome se fera via une chirurgie suivie d'un nombre limité de visites. De ce fait, ce type de cancer sera difficilement identifiable dans les certificats de décès.

Les codes correspondant aux diagnostics de cause initiale de décès sont exprimés selon la classification internationale des maladies (CIM) CIM-10 en vigueur de 1998 à 2017 et comprennent les effectifs des décès :

- pour chacune des communes de résidence retenues dans les zones d'étude, pour l'ex-région Languedoc-Roussillon et pour le département de l'Aude ;
- par année de 2004-2017
- par sexe ;
- par tranche d'âge de 5 ans ;
- pour les causes initiales suivantes :

Type de pathologies	Codes CIM10 *
Tous cancers	C00 à D48
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	C33-C34
Tumeur du pharynx (oro- rhino- hypo-pharynx) → Dont naso-pharynx	C10 à C13 + C140 + C141 C11 + C140 + C141
Tumeurs d'autres parties de l'appareil respiratoire et des organes thoraciques excepté le larynx	C30-C31 (sinus, fosse nasale, oreille moyenne) C37 (thymus) C38 (cœur, médiastin, plèvre) C39 (appareil respiratoire et des organes intrathoraciques, de sièges autres et mal définis) C45 (mésothéliome)
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine → Dont Foie	C15 à C26 C22
Tumeur de la prostate	C61
Tumeur du rein	C64
Tumeurs urothéliales → Dont Vessie	C65 à C68 C67
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	C81 à C96
Tumeur maligne de la peau de type carcinome (cancers baso-cellulaires, spino-cellulaires)	C44 (Autres tumeurs malignes de la peau, comprend également quelques carcinomes annexiels (glandes sudoripares))
Maladies de l'appareil circulatoire → Dont les cardiopathies ischémiques → L'infarctus du myocarde → Les maladies cérébrovasculaires → Les accidents vasculaires cérébraux	I00-I99 I20-I25 I21-I22 I60-I69 I60-I64, I69
Maladie de Parkinson	F023, G20

* Tous les codes CIM10 « commençant par »

4.7 Aspects réglementaires

Cette étude, mise en œuvre en réponse à une saisine de Santé publique France par l'ARS, n'a pas recours au traitement de données individuelles. L'étude sera donc menée exclusivement à partir des données de santé issues du SNDS conformément aux accès permanents conférés par la loi à Santé publique France (R.1461-13 et suivants du code de la santé publique). »

Références bibliographiques

- [1] Fréry N, Ohayon A, Quénel P. Enquête sur l'exposition de la population aux polluants d'origine industrielle – région de Salsigne (Aude). Saint-Maurice : Réseau national de santé publique, 1998. 8 p.
- [2] Quénel P, Fréry N. Cancer mortality during the 1968-1994 period in a mining area in France. MG Dondon, F de Vathaire, Eur J Cancer Prev. 2005, 14 :297-301
- [3] Évaluation des conséquences sanitaires de la pollution d'origine industrielle de la région de Salsigne (Aude). Enquête de mortalité par cancers : actualisation 1968-2003. Saint-Maurice : Santé publique France, 2019. 20 p. Disponible à partir de l'URL : <https://www.santepubliquefrance.fr>
- [4] Arditti J, Gerber M, Glorennec P, Kimmel M, Mahenc J, Salines G, Toutain PL. Evaluation des risques sanitaires liés à la vallée de l'Orbiel. Rapport du Comité Scientifique. Juillet 2007. 64 p.
- [5] Evaluation quantitative des risques sanitaires liés à l'inhalation de particules métalliques issues des sols de surface par les populations riveraines du site d'exploitation minier du site de Salsigne. Rapport d'étude INERIS, INERIS-DRC-06-77414-AIRE-n°0771-MDu/GGa. 05/12/2006
- [6] Evaluation quantitative des risques sanitaires pour les populations de la vallée de l'Orbiel. Mise à jour de l'étude relative à l'inhalation des particules métalliques en suspension Ineris - 203567 - 2719605 - v1.0 13/10/2021
- [7] Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Résultats des investigations sur les sites publics accueillant des enfants de la vallée de l'Orbiel en aval du district minier de Salsigne – Recommandations en termes de mesures de gestion, Verneuil-en-Halatte : Ineris-181248-07022.v1, 4 octobre 2019
- [8] Investigations sur les sites sensibles de la vallée de l'Orbiel en aval du district minier de Salsigne. Rapport final BRGM/RP-69224-FR septembre 2019
- [9] Gnana H. La campagne d'échantillonnage de produits alimentaires dans la vallée de l'Orbiel. Rapport n°A101924/C, 20 décembre 2019
- [10] Melleton J, Belbeze S, Vic G, Auger P, Chevillard M. Etablissement du fond pédo-géochimique dans la région de l'ancien secteur minier de Salsigne (Aude). Rapport final. BRGM/RP-70767-FR. Décembre 2021
- [11] Rey G. Mesure des inégalités de mortalité par cause de décès. Approche écologique à l'aide d'un indice de désavantage social. Bulletin épidémiologique hebdomadaire. 2011;8-9
- [12] Pornet C, Delpierre C, Dejardin O, Launay L et al. Construction d'un indice écologique de défavorisation à vocation européenne : the French EDI- JMS. http://www.insee.fr/2012/S22_1_ACTE_PORNET_JMS2012.PDF
- [13] Pascal M, Pascal L, Bidondo ML, Cochet A, Sarter H, Stempfelet M, Wagner V. A review of the epidemiological methods used to investigate the health impacts of air pollution around major industrial areas. J Environ Public Health. 2013;2013:737926
- [14] Bouche G, Lepage B, Migeot V, Ingrand P. Intérêt de la détection et de la prise en compte d'une surdispersion dans un modèle de Poisson : illustration à partir d'un exemple. RESP, 2009, 57 : 285-296

- [15] Ver Hoef JM, Boveng PL. « Quasi-poisson vs. Negative binomial regression : how should we model overdispersed count data ? » Ecology, 88(11), 2007 :2766-2772
- [16] Gorla S. Le Tertre A. Les études locales autour d'un point source. Les différentes méthodes statistiques, leurs avantages et leurs inconvénients. Note méthodologique. Institut de veille sanitaire, 2010. : 8 p.
- [17] Legendre L. Identification d'indicateurs pour caractériser les impacts sanitaires des installations industrielles. Rapport de stage. 2019. 108 p.
- [18] <https://www.cancer-environnement.fr/479-Classification-par-localisations-cancereuses.ce.aspx>, consulté le 3 mars 2022
- [19] Delplace G, Viers J, Schreck E, Oliv P, Behra P. Pedo-geochemical background and sediment contamination of metal(loid)s in the old mining-district of Salsigne (Orbiel valley, France) Chemosphere 287, 2022
- [20] Ineris. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Antimoine et ses dérivés. Version N° 2 – 25 avril 2007. 54 p.
- [21] Ineris. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Cuivre et ses composés. Version N°2- 19/12/2019. 85 p.
- [22] Ineris. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Plomb et ses dérivés inorganiques. Version N°4.1- 2016. 170 p.
- [23] Ineris. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Arsenic et ses dérivés inorganiques. Version N°4- 07/04/2010. 124 p.
- [24] Lucchini RG, Albini E, Benedetti L, Coccaglio R, Malara EC, et al. High prevalence of parkinsonian disorders associated to manganese exposure in the vicinities of ferroally industries. Azmerican journal of industrial medicine. 2007 ; 50(11) : 788-800. ref 88
- [25] Vlaar T. Association des activités professionnelles et de l'exposition aux métaux avec deux maladies neurodégénératives à partir du Système National des Données de Santé. Santé publique et épidémiologie. Université Paris Saclay (COMUE), 2019. Français. ffNNT : 2019SACLS529ff. fftel-02436740
- [26] Mentis AA, Dardiotis E, Efthymiou V and Chrousos G. Non-genetic risk and protective factors and biomarkers for neurological disorders : a meta-umbrella systematic review of umbrella reviews. BMC Medicine (2021) 19:6
- [27] Kab S, Moisan F, Spinosi J, Chaperon L, Elbaz A. Incidence de la maladie de Parkinson chez les agriculteurs et en population générale en fonction des caractéristiques agricoles des cantons français. Bull Epidemiol Hebd. 2018;(8-9): 157-67. http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2018/8-9/2018_8-9_4.html
- [28] Rey G, Piffaretti C, Rondet C, Lamarche-Vadel A, Moreno-Betancur M. Analyse de la mortalité par cause : pondération des causes multiples. Revue d'épidémiologie et de santé publique, 2017 (1) : 13-19

Annexe 1. Définition des zones « exposée » et « non-exposée »

Tableau 1. Communes de la zone exposée (n = 20)

Communes	Code INSEE	Population moyenne (hab)	Catégorie INSEE 2017	Etude 2004-2017
ARAGON	11011	368		Analyse sensibilité
BAGNOLES	11025	202		
BOUILHONNAC	11043	165		Analyse sensibilité
CONQUES-SUR-ORBIEL	11099	1 866		
FOURNES-CABARDES	11154	62		
LASTOURS	11194	246		
LES ILHES	11174	89	Rural sous forte	
LIMOUSIS	11205	103	influence d'un pôle	
MAS-CABARDES	11222	262		
SALLELES-CABARDES	11368	116		
SALSIGNE	11372	460		
TRASSANEL	11395	29	rural sous faible	
			influence d'un pôle	
TREBES	11397	4 920		Analyse sensibilité
VILLALIER	11410	796		
VILLANIERE	11411	137		
VILLARDONNEL	11413	351	Rural sous forte	
VILLARZEL-CABARDES	11416	138	influence d'un pôle	
VILLEDUBERT	11422	242		Analyse sensibilité
VILLEGAILHENC	11425	1 206	Urbain densité	Analyse sensibilité
			intermédiaire	
VILLEGLY	11426	569	Rural sous forte	
VILLENEUVE-MINERVOIS	11433	880	influence d'un pôle	Analyse sensibilité

Tableau 2. Communes de la zone non-exposée, (n = 62)

Communes	Code INSEE	Population moyenne (hab)	Classement insee 2017	Etude 2004-2017
AIGUEFONDE	81002	2 482	Urbain densité intermédiaire	oui
AIGUES-VIVES	11001	483	rural sous faible influence d'un pôle	oui
ALAIRAC	11005	531	rural sous forte influence d'un pôle	oui
ALBINE	81005	579	Rural autonome peu dense	Analyse sensibilité
ALZONNE	11009	1 200	rural sous forte influence d'un pôle	oui
ARFONS	81016	209	Rural autonome très peu dense	Analyse sensibilité
ARZENS	11018	931	rural sous forte influence d'un pôle	oui
BADENS	11023	573	rural sous forte influence d'un pôle	Analyse sensibilité
BERRIAC	11037	427	rural sous forte influence d'un pôle	oui
BROUSSES-ET-VILLARET	11052	244	rural sous forte influence d'un pôle	oui
CABRESPINE	11056	195	Rural sous faible influence d'un pôle	oui
CARLIPA	11070	235	rural autonome peu dense	Analyse sensibilité
CASTANS	11075	113	rural sous forte influence d'un pôle	oui
CAUDEBRONDE	11079	162	rural sous faible influence d'un pôle	oui
CAUNES-MINERVOIS	11081	1 525	rural sous faible influence d'un pôle	oui
CAUX-ET-SAUZENS	11084	614	rural sous forte influence d'un pôle	oui
CAVANAC	11085	597	rural sous forte influence d'un pôle	oui
CAZILHAC	11088	1 223	rural sous forte influence d'un pôle	oui
CENNE-MONESTIES	11089	303	rural autonome peu dense	Analyse sensibilité
CITOU	11092	106	rural sous faible influence d'un pôle	oui
COUFFOULENS	11102	507	rural sous forte influence d'un pôle	oui
CUXAC-CABARDES	11115	724	rural sous faible influence d'un pôle	oui
FELINES-MINERVOIS	34097	426	Rural autonome peu dense	Analyse sensibilité
FLOURE	11146	228	rural sous forte influence d'un pôle	oui
FONTIERS-CABARDES	11150	285	rural sous forte influence d'un pôle	oui
FONTIES-D'AUDE	11151	305	rural sous forte influence d'un pôle	oui
FRAISSE-CABARDES	11156	90	rural sous forte influence d'un pôle	oui
LA TOURETTE-CABARDES	11391	26	rural sous forte influence d'un pôle	oui
LABASTIDE-	11180	94	rural sous faible influence d'un pôle	oui
ESPARBAIRENQUE				
LACOMBE	11182	142	rural sous faible influence d'un pôle	oui
LAPRADE	11189	86	rural autonome très peu dense	Analyse sensibilité
LAURE-MINERVOIS	11198	1 111	rural sous faible influence d'un pôle	oui
LAVALETTE	11199	710	rural sous forte influence d'un pôle	oui
LES MARTYS	11221	187	rural sous faible influence d'un pôle	oui
LESPINASSIERE	11200	103	rural sous faible influence d'un pôle	oui
MALVES-EN-MINERVOIS	11215	547	rural sous forte influence d'un pôle	oui
MARSEILLETTE	11220	646	rural sous forte influence d'un pôle	oui
MIRAVAL-CABARDES	11232	45	rural sous faible influence d'un pôle	oui
MONTIRAT	11248	60	rural sous forte influence d'un pôle	oui
MONTOLIEU	11253	815	rural sous forte influence d'un pôle	oui
MOUSSOULENS	11259	579	rural sous forte influence d'un pôle	oui
PALAJA	11272	1 126	urbain densité intermédiaire	oui
PENNAUTIER	11279	1 642	rural sous forte influence d'un pôle	oui
PEYRIAC-MINERVOIS	11286	1 031	rural sous faible influence d'un pôle	oui
PEZENS	11288	1 100	rural sous forte influence d'un pôle	oui
PRADELLES-CABARDES	11297	172	rural sous faible influence d'un pôle	oui
RAISSAC-SUR-LAMPY	11308	195	rural sous forte influence d'un pôle	oui
RIEUX-MINERVOIS	11315	1 916	rural autonome peu dense	Analyse sensibilité

Communes	Code INSEE	Population moyenne (hab)	Classement insee 2017	Etude 2004-2017
ROQUEFERE	11319	49	rural sous faible influence d'un pôle	oui
ROULLENS	11327	297	rural sous forte influence d'un pôle	oui
RUSTIQUES	11330	258	rural sous forte influence d'un pôle	oui
SAINT-AMANS-SOULT	81238	1 670	rural autonome peu dense	Analyse sensibilité
SAINT-DENIS	11339	306	rural sous forte influence d'un pôle	oui
SAINT-FRICHOUX	11342	178	rural sous faible influence d'un pôle	oui
SAINT-MARTIN-LE-VIEIL	11357	178	rural sous faible influence d'un pôle	oui
SAINTE-EULALIE	11340	325	rural sous forte influence d'un pôle	oui
SAISSAC	11367	769	rural sous faible influence d'un pôle	oui
TRAUSSE	11396	438	rural sous faible influence d'un pôle	oui
TREBES	11397	4 920	rural sous forte influence d'un pôle	Analyse sensibilité
VENTENAC-CABARDES	11404	570	rural sous forte influence d'un pôle	oui
VILLEMOSTAUSSOU	11429	2 198	urbain densité intermédiaire	oui
VILLESEQUELANDE	11437	491	rural sous forte influence d'un pôle	oui
AUSSILLON	81021	7 716	urbain densité intermédiaire	exclue
CARCASSONNE	11069	42602	urbain densité intermédiaire	exclue
MAZAMET	81163	12716	urbain densité intermédiaire	exclue

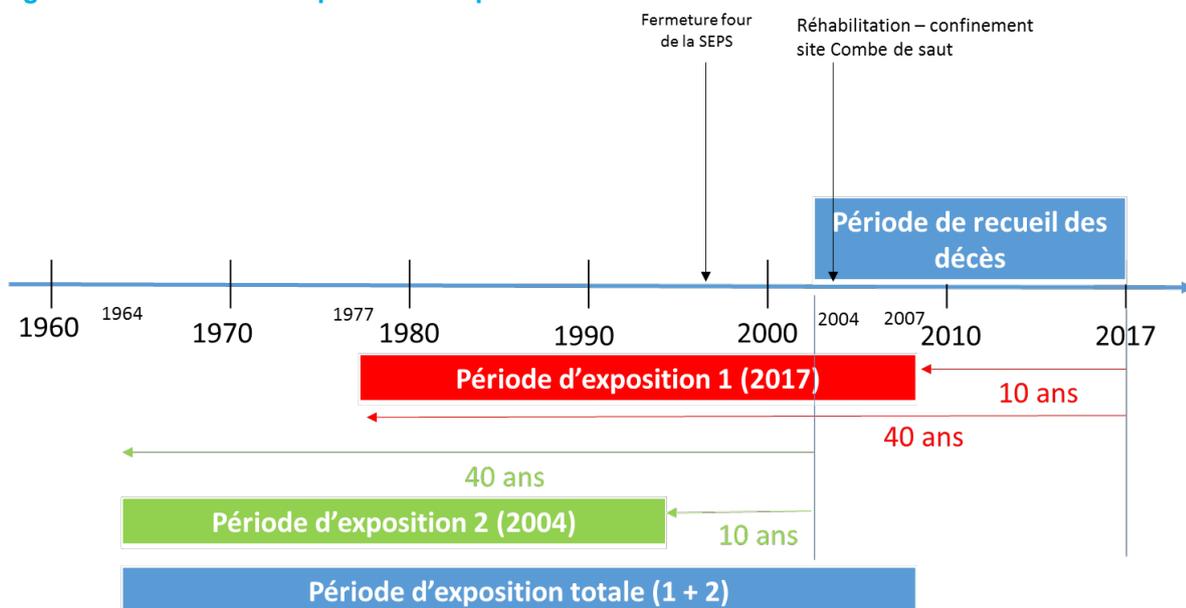
Annexe 2. Évaluation de la période d'exposition pour les cancers

L'étude de la mortalité par cancer porte sur les décès survenus au cours de la période 2004 à 2017. La période d'exposition correspondant à la survenue de ces cancers va donc être antérieure. La définition de cette période va reposer sur des hypothèses liées au temps de latence entre l'exposition et la survenue de la maladie puis le décès par la maladie.

Dans son rapport sur « Les cancers attribuables au mode de vie et à l'environnement en France métropolitaine », le Centre international de Recherche sur le Cancer a considéré, comme hypothèse de base, de manière générale, un temps de latence de 10 ans entre l'exposition et le diagnostic de cancer⁴. Une étude menée au Chili, dans une zone géographique caractérisée par un niveau élevé en Arsenic dans l'eau de consommation entre 1958 et 1970, a montré que la mortalité par cancer du poumon, des reins et de la vessie due à l'exposition à l'arsenic par l'eau de consommation pouvait présenter une durée de latence jusqu'à 40 ans⁵.

De ce fait, on peut faire l'hypothèse, s'il y a un lien entre la survenue de cancer et les expositions, que la période théorique d'exposition se situe entre 10 et 40 ans avant les décès par cancer survenus entre 2004 et 2017, c'est à dire entre 1964 et 2007 (figure).

Figure 1. Définition de la période d'exposition



⁴ Les cancers attribuables au mode de vie et à l'environnement en France métropolitaine. Centre international de Recherche sur le Cancer, Institut National du Cancer. Lyon. 2018. 271 p.

⁵ Lung, Bladder, and Kidney Cancer Mortality 40 Years after Arsenic Exposure Reduction. A H. Smith, Guillermo Marshall, T Roh, C Ferreccio, J Liaw, CSteinmaus. J Natl Cancer Inst (2018) 110(3): dx201

Annexe 3. Définition Insee des catégories de communes rurales

Réalités multiformes et hétérogènes selon leur géographie et leur histoire, les espaces ruraux se définissent d'abord par leur faible densité de population. Jusqu'en 2020, l'Insee caractérisait le rural comme l'ensemble des communes n'appartenant pas à une unité urbaine, définie par le regroupement de plus de 2 000 habitants dans un espace présentant une certaine continuité du bâti. La nouvelle définition proposée rompt avec cette approche centrée sur la ville. Les territoires ruraux désignent désormais l'ensemble des communes peu ou très peu denses d'après la grille communale de densité⁶. Ils réunissent 88 % des communes en France et 33 % de la population en 2017.

Cette seule caractéristique de l'espace rural ne permet pas d'en appréhender toutes les dimensions. Il faut y associer des critères de type fonctionnel, notamment le degré d'influence d'un pôle d'emploi. Avec cette approche⁷, quatre catégories d'espaces ruraux se dessinent, allant des communes rurales très peu denses, hors influence d'un pôle, aux communes sous forte influence d'un pôle. Cette classification va ainsi de communes où la population stagne à des communes attirant des populations plus jeunes, et dont la dynamique dépasse celle des communes urbaines. Cette approche permet de définir statistiquement un continuum allant des espaces les plus isolés et peu peuplés jusqu'aux espaces ruraux les plus urbanisés. À l'inverse, les territoires ruraux ont ceci en commun qu'en moyenne les disparités de revenus y sont nettement plus faibles que dans l'urbain, du fait d'une moindre présence de ménages sous le seuil de pauvreté dans les communes sous influence d'un pôle, et du fait d'une moindre présence de ménages aisés dans les communes les plus isolées.

Ainsi, les communes françaises sont aujourd'hui classées en 6 catégories :

- Communes urbaines denses : 37,9 % de la population (RP 2017)
- Communes urbaines de densité intermédiaires : 29,3 %
- Communes rurales sous forte influence d'un pôle d'emploi : 10 %
- Communes rurales sous faible influence d'un pôle d'emploi : 9 %
- Communes rurales autonomes (hors influence d'un pôle d'emploi) peu denses : 11 %
- Communes rurales autonomes très peu denses : 2 %

Les auteurs qualifient les communes sous influence d'un pôle d'emploi comme des espaces « ruraux périurbains ».

La pertinence de cette classification est illustrée par sa capacité à discriminer les communes, au niveau national, vis-à-vis de plusieurs caractéristiques :

- démographique : répartition de la population dans les différentes tranches d'âge (< 15, 15-24, 25-39, 40-64, 65 et plus), évolution de la population (globale, due au solde naturel, due au solde migratoire entre 2007 et 2017), répartition des différents types de ménage (couple avec enfants, couple sans enfant, famille monoparentale) ;
- sociale : niveau de vie médian et rapport interdécile (D9/D1), répartition des ménages selon leur niveau de vie ;
- économique : répartition des personnes en emploi dans les 6 catégories socioprofessionnelles (agriculteurs, artisans-commerçants-chefs d'entreprise, cadres, professions intermédiaires, ouvriers, employés) et les 7 secteurs d'activité (agriculture, construction, commerce, services aux entreprises, administration, services aux particuliers) ;
- physique : répartition des catégories d'occupation des sols (artificialisé, agricole, forêt-eau).

⁶ Méthode de construction de la grille communale de densité. Disponible à partir de l'URL : <https://www.insee.fr/fr/information/2114627>

⁷ D'Alessandro C., Lévy D., Régnier T., « Une nouvelle définition du rural pour mieux rendre compte des réalités des territoires et de leurs transformations », in *La France et ses territoires*, coll. « Insee Références », édition 2021. Disponible à partir de l'URL : <https://www.insee.fr/fr/information/5360126>