

SANTÉ  
ENVIRONNEMENT

DÉCEMBRE 2024

ÉTUDES ET ENQUÊTES

**ÉTUDE DE MORTALITÉ**  
**DANS LES COMMUNES DE LA VALLÉE**  
**DE L'ORBIEL, PÉRIODE 2004-2017 : CANCERS,**  
**MALADIES DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE**  
**ET MALADIE DE PARKINSON**

RÉGION  
OCCITANIE

## Résumé

### Étude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017 : cancers, maladies de l'appareil circulatoire et maladie de Parkinson

La vallée de l'Orbiel se situe en aval du complexe de l'ancienne mine d'or de Salsigne (département de l'Aude, Occitanie). La mine de Salsigne et ses sites annexes sont localisés dans une zone montagneuse, à l'extrême sud du massif central, à une vingtaine de kilomètres au nord de Carcassonne. Ils ont été exploités dès l'antiquité et jusqu'en 2004. 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. À partir de 1999, une partie du complexe minier a fait l'objet de travaux de réhabilitation. L'impact sanitaire de cet ancien complexe minier suscite des préoccupations récurrentes dans la population, 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. En octobre 2018, de nouvelles inondations ont eu lieu dans la vallée et ont déplacé des sédiments contaminés en aval. Dans ce contexte, l'ARS Occitanie a interrogé Santé publique France sur la « pertinence de proposer de nouvelles enquêtes épidémiologiques ou d'actualiser celles déjà réalisées ».

Dans sa réponse, Santé publique France a proposé de réfléchir en lien avec les parties prenantes de la vallée à la pertinence de réaliser une nouvelle étude de santé. Le choix s'est porté sur une étude de mortalité par cancers, maladies de l'appareil circulatoire et maladie de Parkinson. Les objectifs de l'étude étaient : (i) décrire 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 (ii) d'évaluer si cette mortalité observée était différente de celle d'une population non exposée aux pollutions minières. Les causes de décès retenues comme pouvant être liées à une exposition aux métaux étaient les cancers (tous cancers, pharynx, poumon, organes digestifs, prostate, rein, urothelial, tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés, carcinome), les maladies de l'appareil circulatoire et les maladies neurodégénératives de type Parkinson.

Les analyses ont concerné la période 2004-2017, à partir de la cause initiale de décès, tout sexe confondu et selon le sexe lorsque les effectifs étaient suffisants. Des taux de mortalité standardisés selon l'âge et le sexe ont été calculés par cause de mortalité en prenant le département comme population de référence, afin de comparer la mortalité dans la zone considérée comme exposée (20 communes de la vallée) et une zone non exposée (62 communes situées dans un rayon d'environ 15 km autour de la zone exposée). L'analyse de la différence de mortalité entre les deux zones a été réalisée en prenant en compte les facteurs de confusion potentiels (indice de désavantage social, degré de ruralité des communes, indice d'accès à un médecin généraliste, surface viticole, présence de radon) à l'aide d'une régression binomiale négative.

Les résultats ne montrent pas de différence observable de mortalité pour les maladies étudiées entre la zone exposée et la zone non exposée, que ce soit tout sexe confondu, chez les hommes ou chez les femmes. Cette étude présente néanmoins des limites liées principalement à la taille de la population et à l'analyse menée à l'échelle communale et non individuelle (approche pouvant entraîner des biais écologiques).

Il convient toutefois de rappeler que l'absence de mise en évidence de surmortalité d'un point de vue statistique ne signifie pas que les mesures de gestion de la pollution autour des anciens sites ne sont pas nécessaires. Les données environnementales sont primordiales pour caractériser les pollutions environnementales et doivent continuer de guider les mesures de gestion destinées à protéger la santé de la population.

**MOTS CLÉS :** MORTALITÉ, SANTÉ ENVIRONNEMENTALE, ÉPIDÉMIOLOGIE

## Abstract

### **Mortality study In the Orbiel valley, 2004-2017 period : Cancers, circulatory system diseases, and Parkinson's disease**

The Orbiel Valley is located downstream from the complex of the former gold mine of Salsigne (Aude department, Occitanie). The Salsigne mine and its annexed sites are situated in a mountainous area, at the southern end of the Massif Central, about twenty kilometers north of Carcassonne. They were exploited from antiquity until 2004. Nearly 12 million tons of ore were processed on the site to extract mainly gold but also arsenic, with non-valued ores remaining on-site, particularly in the form of tailings. Starting in 1999, part of the mining complex underwent rehabilitation work. The health impact of this former mining complex has been a recurring concern among the population since the late 1990s, particularly following the floods of 1996. This led to the conduct of several health studies over the past 20 years. In October 2018, new floods occurred in the valley, displacing contaminated sediments downstream. In this context, the ARS Occitanie consulted Santé publique France on the "relevance of proposing new epidemiological surveys or updating those already conducted."

In response, Public Health France proposed to consider, in conjunction with the stakeholders of the valley, the relevance of conducting a new health study. The choice was made to conduct a mortality study focusing on cancers, circulatory system diseases, and Parkinson's disease. The objectives of the study were: (i) to describe the mortality observed among the population residing in the communes of the Orbiel valley and potentially exposed to mining pollution; and (ii) to evaluate whether this observed mortality was different from that of a population not exposed to mining pollution. The causes of death considered as potentially linked to metal exposure were cancers (all cancers, pharynx, lung, digestive organs, prostate, kidney, urothelial, lymphoid, hematopoietic and related tissues, carcinoma), circulatory system diseases, and neurodegenerative diseases such as Parkinson's.

The analyses covered the period 2004-2017, based on the initial cause of death, for both sexes combined and by sex when the numbers were sufficient. Age- and sex-standardized mortality rates were calculated by cause of death, using the department as the reference population, to compare mortality in the exposed area (20 communes in the valley) and a non-exposed area (62 communes located within a radius of approximately 15 km around the exposed area). The analysis of the difference in mortality between the two areas was conducted taking into account potential confounding factors (social disadvantage index, degree of rurality of the communes, access to a general practitioner index, vineyard surface area, presence of radon) using negative binomial regression.

The results do not show any observable difference in mortality for the studied diseases between the exposed and non-exposed areas, whether for both sexes combined, for men, or for women. However, this study has limitations mainly related to the size of the population and the analysis conducted at the communal level rather than the individual level (an approach that can lead to ecological biases).

It should be noted, however, that the absence of statistically significant excess mortality does not mean that pollution management measures around the former sites are not necessary. Environmental data are crucial for characterizing environmental pollution and must continue to guide management measures aimed at protecting the health of the population.

**KEY WORDS:** MORTALITY, ENVIRONMENTAL HEALTH, EPIDEMIOLOGY

## Auteur

### **Stéphanie Rivière**

Direction des régions, Cellule Occitanie, Santé publique France.

## Contributeurs

### **Franck Golliot**

Cellule Occitanie, Santé publique France

### **Fabien Le Marec**

DMNTT, Santé publique France

### **Delphine Jezewski-Serra**

DATA, Santé publique France

### **Christophe Bonaldi**

DATA, Santé publique France) pour la partie « analyses statistiques »

### **Clothilde Hachin**

Cellule qualité, maîtrise des risques et juridique, Santé publique France, pour la partie « aspects réglementaires »

### **Candice Roudier**

Direction Santé Environnement Travail, Unité « Surveillance des pathologies liées à l'environnement », Santé publique France

## Selecteurs externes

### **Paule Vasseur**

UMR 7360 CNRS - Université de Lorraine, Metz

### **Pascale Grosclaude**

Registre des cancers du Tarn, Albi / CERPOP, UMR1295, unité mixte INSERM - Université Toulouse III Paul Sabatier

### **Cyrille Delpierre**

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

## Remerciements

Pour leur collaboration à **Enora Cléro** et **Corinne Mandin** (Laboratoire d'Epidémiologie de l'IRSN, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire)

## Abréviations

<b>ALD</b>	Affection longue durée
<b>Anses</b>	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
<b>APL</b>	Accessibilité potentielle localisée
<b>ARS</b>	Agence régionale de santé
<b>CépiDc</b>	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (Inserm)
<b>CIM</b>	Classification internationale des maladies
<b>CMF</b>	Comparative mortality figure
<b>CSP</b>	Catégorie socioprofessionnelle
<b>CSS</b>	Commission de suivi de site
<b>DGPR</b>	Direction générale de la prévention des risques
<b>DGS</b>	Direction générale de la santé
<b>DGT</b>	Direction générale du travail
<b>Fdep</b>	French deprivation index
<b>IC</b>	Intervalle de confiance
<b>Insee</b>	Institut national de la statistique et des études économiques
<b>Inserm</b>	Institut national de la santé et de la recherche médicale
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>RGA</b>	Recensement Général Agricole
<b>SMR</b>	Ratio standardisé de mortalité
<b>SNDS</b>	Système national des données de santé

# Sommaire

<b>1. CONTEXTE .....</b>	<b>6</b>
<b>2. GOUVERNANCE .....</b>	<b>8</b>
<b>3. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....</b>	<b>9</b>
<b>4. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....</b>	<b>10</b>
4.1. Type d'étude.....	10
4.2. Période d'étude .....	10
4.3. Zone d'étude .....	10
4.3.1. <i>Définition de la zone d'étude</i> .....	10
4.3.2. <i>Analyses de sensibilité de la zone d'étude</i> .....	10
4.4. Sources de données.....	12
4.4.1. <i>Données de population</i> .....	12
4.4.2. <i>Données de mortalité</i> .....	13
4.5. Analyses statistiques .....	14
4.5.1. <i>Analyses brutes (similaires aux études précédentes)</i> .....	14
4.5.2. <i>Analyses ajustées (modélisation avec prise en compte de facteurs d'ajustement)</i> .....	15
4.5.3. <i>Analyses de sensibilité</i> .....	17
4.6. Aspects réglementaires .....	17
<b>5. RÉSULTATS .....</b>	<b>18</b>
5.1. Description de la population .....	18
5.2. Analyse de la mortalité sur la période 2004-2017 .....	20
5.2.1. <i>Nombre de décès</i> .....	20
5.2.2. <i>Comparaison de la mortalité dans les zones exposées et non-exposées à celle du département de l'Aude</i> .....	21
5.2.3. <i>Comparaison de la mortalité entre la zone exposée et la zone non exposée</i> .....	22
5.2.4. <i>Effet des facteurs d'ajustement</i> .....	26
5.3. Analyse de la mortalité sur deux périodes de temps en zone exposée historique.....	26
<b>6. DISCUSSION- CONCLUSION.....</b>	<b>27</b>
6.1. Rappel des résultats principaux et discussion .....	27
6.2. Forces et limites de l'étude .....	29
6.3. Conclusion - perspectives.....	31
Références bibliographiques .....	32
Annexe 1. Définition des zones exposées et non exposées .....	35
Annexe 2. Définition selon l'Insee des communes selon le niveau de ruralité.....	39
Annexe 3. SMR par cause de décès selon le sexe (référence = département de l'Aude) .....	40
Annexe 4. SMR par cause de décès selon le sexe (référence = ex-région Languedoc-Roussillon) .....	42
Annexe 5. SMR par cause de décès tout sexe confondu (référence = département de l'Aude) .....	44
Annexe 6. SMR par cause de décès tout sexe confondu (référence = ex-région Languedoc-Roussillon) .....	45
Annexe 7. Modèle de régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposée et non exposée. Tout sexe confondu .....	46
Annexe 8. Modèle de régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposée et non exposée. Selon le sexe .....	53
Annexe 9. Modèle de régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposée et non exposée. Deux périodes de temps .....	56
Annexe 10. Évaluation de la période d'exposition pour les cancers.....	58

# 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 environnementale 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).

L'étude d'imprégnation et de santé perçue menée en 1997 a montré des taux d'arsenic significativement supérieurs chez les personnes résidant en zone exposée (20 communes de la vallée de l'Orbiel) comparée à une zone témoin (62 communes dans un rayon d'environ 15 km autour) (mais pas de différence pour le plomb, le cadmium, les thiocyanates) (1). Le niveau d'imprégnation était associé au fait de posséder un jardin potager en zone exposée, à la consommation de fruits et légumes du jardin et à la consommation de vin local. Cette étude a également montré que les signes d'irritabilité, d'insomnie, de vertiges et de palpitations étaient plus fréquemment rapportés en zone exposée alors que la fréquence des pathologies connues comme étant associées à l'arsenic était similaire entre les deux zones (1).

L'étude de mortalité menée sur la première période (1968-1994), a montré une surmortalité significative pour « tout cancer », pour les cancers du poumon, pour les cancers du pharynx, et pour les cancers du système digestif chez les femmes, de la zone exposée par rapport à la zone non exposée (2). L'étude a également montré que ces excès de décès par cancers n'étaient pas exclusivement liés aux expositions professionnelles des travailleurs du complexe minier, et l'hypothèse a été faite qu'une exposition environnementale contribuait probablement à cet excès (2). Dans l'étude de mortalité menée sur la période suivante (1995-2003), aucune différence statistique de mortalité par cancer quelle que soit la localisation n'a été observée au sein de la population de la vallée de l'Orbiel en zone exposée par rapport à la zone non exposée (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 santé<sup>a</sup> réunissant les parties prenantes afin de discuter des études menées et éventuellement à mener en termes de santé dans la vallée.

<sup>a</sup> Le comité santé 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.

Les études déjà réalisées par Santé publique France en mentionnant leur portée et leurs limites ont été présentées au comité santé en novembre 2020. Puis, les parties prenantes ont été invitées à faire part de leur souhait d'études. Les membres ont proposé la réalisation de trois types d'étude :

- étude observationnelle : suivi de l'état de santé de la population via les bases médico-administratives,
- étude chez les anciens travailleurs des activités liées à la mine,
- étude d'imprégnation / biosurveillance aux polluants présents sur le site.

Après discussion sur les apports et limites des différentes études et en prenant en compte les nouvelles études en cours portées par d'autres organismes (étude d'imprégnation chez les enfants notamment) (5), il a été décidé de s'orienter vers une étude observationnelle (morbilité) en population générale. La question d'intérêt pour les membres du comité a alors 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 ? [par rapport à une population de référence]* ». Sur l'ensemble des pathologies connues comme étant liées aux métaux, le comité a priorisé les cancers comme pathologies d'intérêt sur la base des préoccupations remontées par les parties prenantes. Ce choix rejoint les attentes de la population identifiées à postériori dans l'étude Prior « *Pratiques et perception des risques par les habitants riverains de la vallée de l'Orbiel* » menée en 2021-2022 (6). Dans cette étude sociologique, parmi les 604 habitants interrogés par questionnaire, 9 % ont déclaré qu'eux-mêmes ou un membre de leur foyer étaient concernés par un problème de santé qu'ils attribuaient à la pollution. Les problèmes de santé les plus fréquemment cités étaient les cancers (6).

En l'absence de données d'incidence des cancers à l'échelle communale (morbilité), il a été décidé de mener une étude de mortalité par cancer. Suite aux propositions des relecteurs extérieurs du protocole consultés dans le cadre du processus de qualité de l'agence, 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.

## 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 Occitanie de Santé publique France. Une équipe projet, interne à Santé publique France a été mise en place en 2021.

Le comité santé a été consulté pour discuter de la pertinence d'une nouvelle étude de santé, choisir le type d'étude à mener (réunions du 6 novembre 2020, 1er juillet 2021, 14 octobre 2021 et 16 décembre 2021), et dans la construction du protocole, pour identifier les objectifs, prioriser les pathologies d'intérêt et préciser la zone d'étude (réunions du 14 octobre 2021, 16 décembre 2021 et 22 juin 2022).

Le comité santé a été informé de l'avancée de l'étude, des premiers résultats (18 juillet 2024) et participera à la préparation de la communication externe.

### 3. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif de l'étude est de décrire, sur la période postérieure aux études précédentes (à partir de 2004), la mortalité par cancers, par maladies de l'appareil circulatoire et par maladies neurodégénératives de type Parkinson, 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. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 4.1. Type d'étude

L'étude de mortalité réalisée ici, est une étude écologique, c'est-à-dire utilisant des données à l'échelle géographique choisie. L'unité écologique d'analyse choisie pour cette étude est la commune car c'est le plus petit niveau d'agrégation disponible des données de santé sur le territoire concerné par l'étude.

### 4.2. Période d'étude

La période d'étude s'étend de 2004 à 2017, 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 au moment des analyses.

Afin d'étudier une évolution au cours du temps, la période a été découpée en deux périodes d'analyse de 7 ans, pour les pathologies dont les effectifs le permettaient (tout cancer, maladies de l'appareil circulatoire) :

- 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. Zone d'étude

#### 4.3.1. Définition de la zone d'étude

La définition de la zone d'étude (figure 1), composée d'une zone exposée et d'une zone non exposée, repose sur la définition historique utilisée dans les précédentes études de mortalité menées dans la vallée de l'Orbiel et correspond au zonage utilisé en analyse principale (1-3).

La zone d'étude comporte ainsi 82 communes (annexe I) :

- une zone exposée : 20 communes de la zone historique,
- une zone non exposée : 62 communes de la zone historique (y compris Trèbes soumise aux inondations en 2018).

#### 4.3.2. Analyses de sensibilité de la zone d'étude

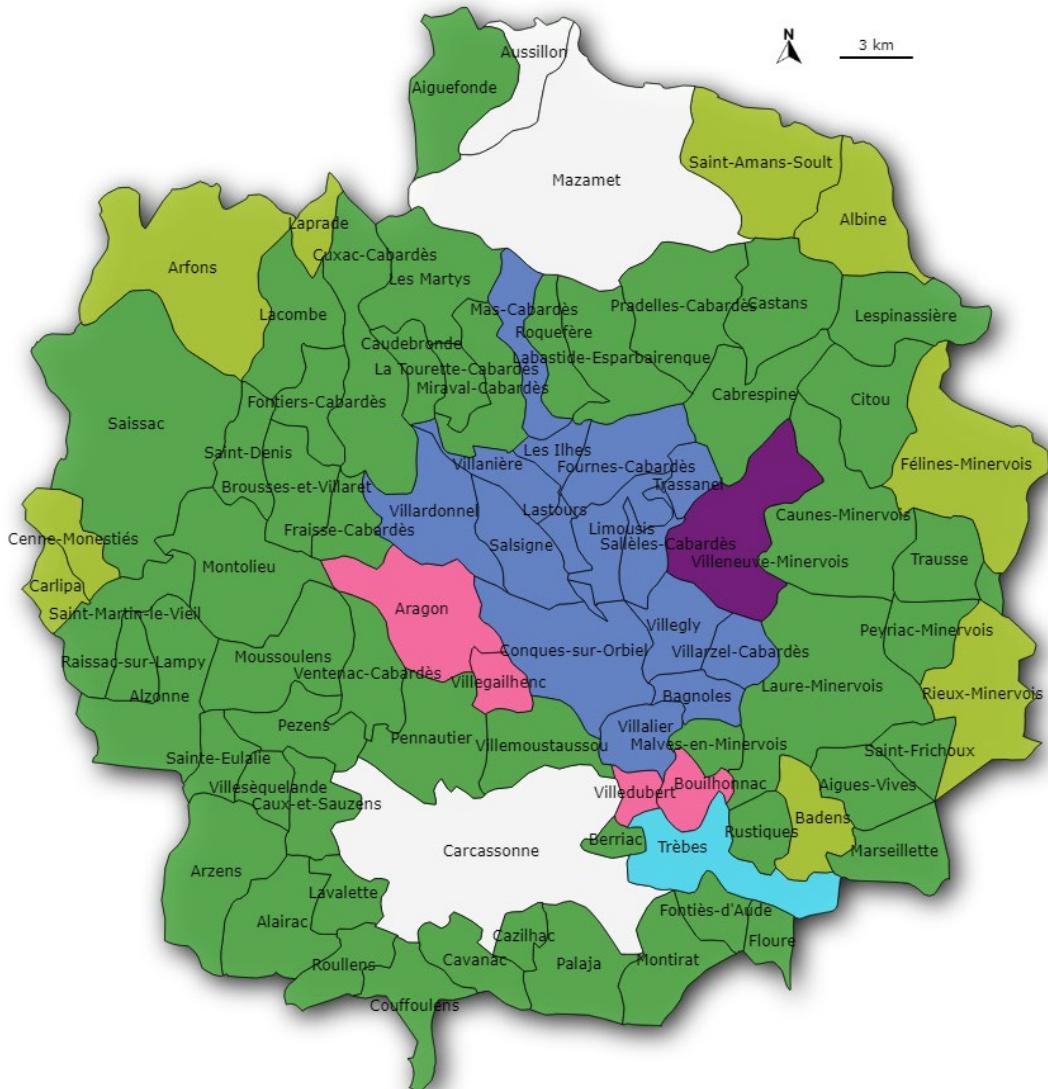
Sur la base de la zone historique, plusieurs analyses de sensibilité ont été réalisées en faisant varier la zone exposée et la zone non exposée, en tenant compte d'autres données environnementales postérieures à la première étude.

Pour la zone exposée (figure 1) : la commune de Trèbes a été ajoutée aux 20 communes de la zone historique ; une zone restreinte de 15 communes autour des anciens sites a été également analysée, il s'agit de la zone centrale ; une zone de communes exposées périphériques (rose et violet clair sur la figure 1) a été également analysée.

Pour la zone non exposée : 10 communes (dont Trèbes) ont été exclues des analyses.

Ces choix d'analyses de sensibilité sont présentés en détail dans le protocole publié par ailleurs et détaillés dans les 2 paragraphes qui suivent (7).

**Figure 1. 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**



communes exclues (urbaines)

**Zone non-exposée**

- Green: communes considérées comme non-exposées
- Yellow-green: communes considérées comme non-exposées, incluses/exclues en analyse de sensibilité
- Cyan: commune considérée comme non-exposée dans les études antérieures mais présentant une mesure ponctuelle d'objectivation de l'exposition - > exclue de la zone non-exposée en analyse de sensibilité

**ZONE NON-EXPOSEE HISTORIQUE**

**Zone exposée**

- Purple: communes considérées comme exposées dans les études antérieures et présentant des mesures d'objectivation de l'exposition concordantes - **ZONE CENTRALE**
- Dark purple: communes considérées comme exposées dans les études antérieures mais présentant uniquement une mesure ponctuelle d'objectivation de l'exposition
- Pink: communes considérées comme exposées dans les études antérieures mais ne présentant aucune mesure d'objectivation de l'exposition
- Cyan: commune considérée comme non-exposée dans les études antérieures mais présentant une mesure ponctuelle d'objectivation de l'exposition - > inclue en zone exposée en analyse de sensibilité

**ZONE EXPOSEE HISTORIQUE**

#### 4.3.1.1. Analyses de sensibilité de la zone exposée à la pollution minière

Des analyses de sensibilité de définition de la zone exposée historique ont été réalisées sur la base des données plus récentes de caractérisation de l'exposition que celles disponibles à l'époque de l'étude historique (7-13) :

- en excluant 5 communes : 4 communes pour lesquelles une exposition significative n'a pas pu être objectivée par des mesures environnementales : 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) ; 1 commune (Villeneuve Minervois) qui a montré ponctuellement des mesures récentes (poussières, sols) élevés (présence ponctuelle de plomb) mais qui ne se caractérise pas par des niveaux d'imprégnation ou de contamination des végétaux ayant conduit à sa classification en zone contaminée par les experts en 2006. La zone couverte par ces 5 communes a également été testée en analyse de sensibilité ;

- en incluant 1 commune (Trèbes) pour laquelle des mesures récentes (poussières, sols) ont montré ponctuellement des niveaux élevés sur les zones inondées, représentant une partie limitée de la surface de la commune mais qui ne se caractérise pas par des niveaux d'imprégnation ou de contamination des végétaux ayant conduit à leur classification en zone contaminée par les experts en 2006.

Le détail des analyses est présenté dans le chapitre analyse.

#### 4.3.2.1. Analyses de sensibilité de la zone non exposée à la pollution minière

Considérant l'absence de communes rurales autonomes en zone exposée selon la nouvelle classification de l'Insee (détail en annexe I), afin que la zone non exposée présente les mêmes caractéristiques que la zone exposée, excepté l'exposition à la pollution minière, une analyse de sensibilité a été réalisée avec/sans ce groupe de communes rurales autonomes pour la zone non-exposée : St Amans-Soult, Rieux-Minervois, Laprade, Féline-Minervois, Cenne-Monesties, Carlipa, Arfons, Albine.

Trois communes, situées dans la zone non exposée historique, ont également été exclues, individuellement, dans le cadre d'études de sensibilité :

- la commune de Badens, car les résultats de l'étude d'imprégnation mettaient en évidence un niveau d'imprégnation en Arsenic aussi élevé que dans certaines communes de la zone exposée (1),
- la commune d'Albine, car une ancienne usine de délainage, mégisserie et picklage, a été en activité depuis au moins 1964 jusqu'en 2001 et le site, à proximité d'un ruisseau, se caractérisait par la présence de polluants (5 tonnes évacuées en 2012 et 35 tonnes identifiées suite aux inondations de 2015, évacuées en 2016),
- la commune de Trèbes, considérant la présence de dépôt de sédiments lors des inondations de 2018.

### 4.4. Sources de données

#### 4.4.1. Données de population

La taille de 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 a été appliqué, la population de la zone d'étude ou à l'échelle du département évoluant peu en 2 ans (7).

## 4.4.2. Données de mortalité

### 4.4.2.1. Choix des pathologies à étudier

Le détail a été présenté dans le protocole (7). 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 (14-16).

Sur la base de l'ensemble des travaux réalisés dans la vallée (1998, 2001 et 2007), les analyses ont porté sur les décès associés aux mêmes localisations de cancers de sorte à pouvoir observer l'évolution sur la période plus récente : tout cancer, cancers respiratoires, cancers digestifs, cancer du pharynx.

De plus, les cancers pour lesquels une association est avérée avec les métaux quels qu'ils soient, sur la base des données du CIRC (15) ont également été inclus : cancer des voies aériennes supérieures, cancer du foie et voies biliaires, cancer de la prostate, cancer du rein, cancer du poumon, cancer de la vessie, cancers cutanés de type carcinome (baso-cellulaires, spino-cellulaires).

Enfin, ont été ajoutées les autres pathologies chroniques, identifiables en mortalité, en lien avec une exposition chronique aux métaux (liées à la métallurgie (14 ; 16) et identifiées en excès dans la vallée (17) : les maladies cardiovasculaires et les neuropathies de type Parkinson.

### 4.3.2.2. Recueil des données

Afin d'obtenir les taux de mortalité, les données de mortalité ont été 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, a été analysée. Cette analyse est sensible à la qualité de remplissage des certificats de décès liée notamment au niveau de connaissance des cas par les médecins certificateurs (18). 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. La commune enregistrée est la commune de résidence au moment du décès.

Il est à noter que pour les cancers cutanés, le choix des pathologies à étudier a conduit à sélectionner uniquement les carcinomes, formes le plus fréquemment associées à l'exposition à l'arsenic dans les études publiées (baso-cellulaires, spino-cellulaires).

Les codes correspondant aux diagnostics de cause initiale de décès pour les pathologies sélectionnées sont exprimés selon la classification internationale des maladies (CIM) CIM-10 en vigueur de 1998 à 2017 (tableau 1).

Les effectifs de décès ont été extraits :

- pour chacune des communes retenues dans les zones d'étude, pour l'ex-région Languedoc-Roussillon et pour le département de l'Aude (communes de résidence au moment du décès) ;
- par année de 2004-2017 ;
- par sexe ;
- par tranche d'âge de 5 ans ;
- par cause initiale de décès.

**Tableau 1. Pathologies sélectionnées et codes CIM10 associés ; étude de mortalité dans les communes de la Vallée d'Orbiel 2004-2017**

Type de pathologies	Codes CIM10 *
Tout cancer	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 »

## 4.5. Analyses statistiques

L'analyse a été réalisée avec le logiciel Stata/SE 14.2.

### 4.5.1. Analyses brutes (similaires aux études précédentes)

Les indicateurs produits sont des indices comparatifs de mortalité par causes spécifiques, (Standardized mortality ratio (SMR) en anglais). Ils ont été calculés par zone et par sexe, par période et par type de pathologies étudiées.

Les SMR ont été calculés, en prenant en compte comme référence les taux de mortalité de la population du département de l'Aude (*a priori* plus proche socio-économiquement) aux recensements correspondants, et en prenant en compte comme référence l'ex-région Languedoc-Roussillon (les effectifs régionaux étant plus importants, *a priori* les taux de mortalité y sont plus stables) en analyse de sensibilité.

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

## 4.5.2. Analyses ajustées (modélisation avec prise en compte de facteurs d'ajustement)

L'analyse écologique agrégée 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 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 (facteurs de confusion). Par exemple, la consommation de tabac peut être différente entre les populations exposées et non-exposées et on sait, par ailleurs, qu'elle est notamment liée à la survenue du cancer du poumon et des maladies cardio-vasculaires.

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

### 4.5.2.1. Facteurs de confusion pris en compte

Les facteurs de confusion utilisés ont été les suivants et leur choix a été décrit dans le protocole (7) :

- Deux marqueurs de défavorisation sociale à la commune (French Deprivation Index –FDEP- et French European Deprivation Index French–EDI)<sup>b</sup> (19-20). Ces indices ont été créés pour fournir un indicateur géographique en population générale du désavantage social spécifiquement adapté aux études de santé sur la population Française. Le désavantage social est considéré comme un cumul de désavantages matériels et sociaux à l'échelle géographique. Le désavantage social a été pris en compte en tant que critère d'ajustement car d'après la littérature scientifique, comme le sexe ou l'âge, il est susceptible d'influer sur le risque de cancers ou de maladies cardio-vasculaires (facteurs de risque individuels ou expositions).
- Nouvel indicateur de ruralité de l'Insee (2017)<sup>c</sup> (cf. annexe II) car le niveau de ruralité peut influer sur certains modes de vie (facteurs de risque de pathologies) ou peut influer sur l'accès aux soins.
- Pourcentage de surface agricole utile en viticulture (recensement général agricole) car l'arsenic a été utilisé dans la viticulture jusqu'en 2001.
- L'indicateur d'accessibilité potentielle localisée (APL) médecin généraliste qui reflète l'accès à un médecin généraliste (proxi de la prise en considération du dépistage des cancers)<sup>d</sup> car l'accès aux soins peut modifier la prise en charge et influer sur la mortalité. 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 a été étudiée au moment de l'analyse.
- Potentiel radon<sup>e</sup> . Le radon étant connu comme un facteur de risque de cancer du poumon, un indicateur disponible à l'échelle de la commune a été recherché. L'indicateur disponible est le « potentiel radon » qui classe les communes en 3 catégories de niveau. Il s'agit d'un indicateur, mis au point par l'IRSN, de la capacité des formations géologiques à générer du

<sup>b</sup> French Ecological Deprivation Index (FDep), années utilisées 2009 et 2013; European Deprivation Index (EDI) années utilisées 2007 et 2015

<sup>c</sup> <https://www.insee.fr/fr/information/5360126>. Source: Insee. consultable sur <https://www.insee.fr/fr/information/6439600>

<sup>d</sup> <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/sources-outils-et-enquetes/lindicateur-daccessibilite-potentielle-localisee-apl>

<sup>e</sup> <https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon/Pages/5-cartographie-potentiel-radon-commune.aspx#.YqcOwahByUk>

radon en surface. Il ne s'agit pas d'une mesure exacte de l'exposition individuelle qui est liée aux concentrations présentes dans les bâtiments.

Le niveau du fond géochimique en arsenic par commune n'a pas été retenu dans l'analyse en raison de sa forte colinéarité avec la zone d'étude (niveau élevé en zone exposé, faible en zone non exposée).

#### 4.5.2.2. Cas particulier de la consommation de tabac

Afin de tenter de prendre en compte le biais lié à la consommation de tabac dans les analyses statistiques, la possibilité d'utiliser l'algorithme d'identification des personnes présentant une dépendance au tabac dans le système national des données de santé (SNDS) utilisé et décrit dans les publications de l'équipe EPIPHARE (21-22) a été explorée. Les résultats obtenus grâce à l'algorithme d'identification de l'équipe EPIPHARE ont été comparés avec des données d'enquête déclarative sur le statut tabagique (Baromètre de Santé publique France 2010). Ces dernières permettent d'estimer la proportion de fumeurs parmi les personnes âgées de 15 à 75 ans, à 35 % de fumeurs quotidien en région ex-Languedoc Roussillon. Les données du SNDS permettent, quant à elles, d'identifier, en 2010, dans la zone considérée, rapporté à la population Insee du recensement de cette même année, 1,3 % de personnes âgées de 15 à 75 ans présentant une dépendance au tabac. La construction même de l'algorithme vise à cibler des personnes ayant eu recours à des traitements d'aide au sevrage tabagique ou des personnes présentant des pathologies liées au tabac. De ce fait, il exclut les fumeurs non malades et qui ne consomment pas de substituts nicotiniques remboursés.

De plus, cette sous-estimation semble introduire un biais dans une étude écologique exposé-non exposé où l'entité écologique est la commune puisque :

- l'ampleur de la sous-estimation est vraiment très importante (le pourcentage obtenu est 30 fois inférieur au pourcentage connu dans la population) puisque l'algorithme n'identifie pas le pourcentage de fumeurs que l'on estime en population générale à l'échelle régionale mais uniquement le pourcentage de fumeurs atteints de maladies respiratoires typiques et de fumeurs en cours de sevrage. La part de fumeurs identifiés par l'algorithme est très variable selon les caractéristiques sociodémographiques et médicales de la population ; ce qui ne permet pas de l'appliquer en population générale ;
- la répartition des personnes captées par l'algorithme ne peut être supposée homogène à l'échelle des communes : le recours aux traitements d'aide au sevrage tabagique peut être lié au statut socio-économique ; la prescription à l'accès au soin, etc.

Il est ainsi apparu impossible d'estimer le pourcentage de fumeurs via des données du SNDS, sur la base de cet algorithme, en tant que facteur d'ajustement dans une étude écologique à l'échelle de la commune.

#### 4.5.2.3. Modèle

Pour chaque pathologie étudiée, le nombre de décès attendus dans la commune a été calculé sur la base des taux de mortalité par âge (classes quinquennales) et sexe du département de l'Aude d'une part, et de la région ex-Languedoc-Roussillon d'autre part.

Le modèle de régression de Poisson est souvent retenu pour expliquer une variable quantitative discrète positive ou nulle, correspondant à un compte. Toutefois, si la variance observée des données est supérieure à la moyenne, ce qui traduit une surdispersion des observations, ce modèle peut conduire à une sous-estimation des variances des paramètres estimés du modèle. Dans ce cas-là, il est préférable d'utiliser un modèle binomial négatif permettant de tenir compte de l'association potentielle avec des facteurs spatiaux latents non observés dans le calcul des variances pouvant conduire à la surdispersion.

La surdispersion a été vérifiée et dans le cas où celle-ci était confirmée, un modèle binomial négatif a été utilisé (23-25).

Dans le modèle, l'effet des zones d'exposition a été mesuré grâce à l'introduction d'une variable indicatrice de chacune des zones. Les effets d'autres facteurs ont été évalués dans le modèle pour prendre en compte des disparités entre zones liées aux conditions sociales, urbaines et environnementales.

Les variables d'ajustement ont été introduites par étape : plusieurs modèles ont été réalisés en intégrant ces variables de manière séquentielle, en distinguant les variables d'expositions environnementales (surface agricole, radon, ruralité), de celles relevant de l'offre de soins (APL), des variables caractérisant les personnes (défavorisation).

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

#### 4.5.3. Analyses de sensibilité

Plusieurs analyses de sensibilité ont été réalisées :

- 1) en modifiant la population de référence : ex-région Languedoc-Roussillon à la place du département de l'Aude, pour les calculs des ratios standardisés de mortalité (SMR) en référence,
- 2) en graduant l'exposition selon les communes dans la zone exposée : analyse par groupes de communes exposées en fonction des niveaux d'exposition : zone historique, zone exposée centrale, zone historique plus Trèbes, zone extérieure à la zone centrale,
- 3) en variant les communes de la zone non exposée : analyse avec / sans les communes ayant des caractéristiques particulières pour la zone non-exposée (cf. §4.3.2).

#### 4.6. Aspects réglementaires

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

## 5. RÉSULTATS

Les résultats bruts sont présentés en annexe et les résultats ajustés, dans le corps du rapport, pour en faciliter la lecture.

L'analyse selon le sexe a porté sur les causes de décès avec les effectifs les plus élevés permettant une analyse stable dans chaque sexe : tout cancer, tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine et maladies de l'appareil circulatoire auxquels s'ajoutent chez les hommes, cancer de la prostate et des poumons.

Les résultats présentés comparent :

- la zone exposée, composée de l'ensemble des communes de la zone historique (avec un focus sur la zone centrale) avec la zone non exposée historique (zone la plus étendue donnant une puissance plus importante) ;
- la population de référence utilisée est celle du département de l'Aude (caractéristiques socio-économiques plus proches de la zone d'étude).

Les résultats présentés sont ajustés sur l'EDI 2007 (le plus proche temporellement de l'exposition) et l'APL 2013 (l'accès à un médecin généraliste en milieu de période), le degré de ruralité des communes, la surface utile en viticulture et le potentiel radon.

Différentes analyses de sensibilité ont été menées en faisant varier :

- la définition de la zone exposée (zone historique, zone historique plus Trèbes, zone exposée centrale, zone exposée extérieure à la zone centrale) et de la zone non exposée (historique avec ou sans certaines communes),
- les facteurs d'ajustement utilisés (Fdep ou EDI),
- la population de référence utilisée (ex-région Languedoc-Roussillon à la place du département de l'Aude)

Ces analyses n'ont pas mis en évidence de variations notables des résultats. Les résultats selon la région sont présentés en annexe.

### 5.1. Description de la population

La description de la population d'étude est présentée dans les tableaux 2 et 3 et en annexe I par commune.

**Tableau 2. Caractéristiques des zones exposées et non-exposée historiques, recensements Insee 2017. Etude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017**

	Zone exposée historique	Dont zone exposée centrale	Zone non exposée historique
<b>Nombre de communes</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>62</b>
<b>Population (nombre d'habitants)</b>	<b>10 720</b>	<b>6 948</b>	<b>54 552</b>
<b>Répartition âge (%)</b>			
< 20 ans	23	23	24
20-39 ans	18	18	18
40-59 ans	28	27	27
60-79 ans	24	24	24
80 ans et plus	7	8	7
<b>Sexe (%)</b>			
Homme	49	49	49
Femme	51	51	51
<b>Répartition du type de commune selon la ruralité (%)</b>			
Communes urbaines denses	0	0	0
Communes urbaines de densité intermédiaire	5	0	5
Communes rurales sous forte influence d'un pôle	90	93	52
Communes rurales sous faible influence d'un pôle	5	7	31
Communes rurales autonomes peu denses	0	0	10
Communes rurales autonomes très peu denses	0	0	3

**Tableau 3. Répartition de la population selon le quintile d'EDI dans l'ensemble de la zone d'étude historique en 2007. Etude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017**

Valeur moyenne de l'EDI	Répartition des communes						
	Zone exposée historique N = 20		Dont Zone exposée centrale N = 15		Zone non exposée N = 62		
	n	%	n	%	n	%	
Quintile 1 (avantage)	-2,72	2	10	1	6,7	14	22,6
Quintile 2	-0,48	4	20	4	26,7	12	19,4
Quintile 3	0,78	4	20	2	13,3	13	20,9
Quintile 4	2,16	5	25	3	20,0	11	17,7
Quintile 5 (désavantage)	5,32	5	25	5	33,3	12	19,3

La zone exposée et la zone non-exposée sont comparables en termes de répartition par sexe et âge. Par contre, la zone non-exposée comporte une part de communes rurales (autonomes ou sous faible influence d'un pôle) plus importante. En zone non-exposée, la part de communes avec un indice de défavorisation sociale avantage est également plus importante qu'en zone non-exposée.

## 5.2. Analyse de la mortalité sur la période 2004-2017

### 5.2.1. Nombre de décès

De 2004 à 2017, 4 736 décès ont été recensés dans la zone d'étude pour les pathologies étudiées. La répartition des effectifs par cause de décès et selon la zone est présentée dans le tableau 4 et selon le sexe dans le tableau 5.

Pour les causes spécifiques de décès dont l'effectif est compris entre 1 et 4 individus, le nombre exact de décès n'est pas précisé dans le tableau et est représenté par « \* ».

**Tableau 4. Nombre de décès par cause initiale de 2004 à 2017 selon les zones d'exposition, étude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017**

Causes	Codes CIM	Nombre de décès observés		
		Zone exposée historique (20 communes)	Dont zone exposée centrale (15 communes)	Zone non exposée historique (62 communes)
Tout cancer	C00 à D48	423	292	2021
Dont Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	C33-C34	85	61	398
Dont Tumeur du pharynx (oro- rhino- hypo-pharynx)	C10 à C13 + C140 + C141	*	*	6
➔ Dont naso-pharynx	C11 + C140 + C141	*	*	*
Dont Tumeurs d'autres parties de l'appareil respiratoire et des organes thoraciques excepté le larynx	C30-C31 ; C37 ; C38 ;C39 ; C45	6	*	25
Dont Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	C15 à C26	108	77	532
➔ Dont Foie	C22	19	14	75
Dont Tumeur de la prostate	C61	30	20	116
Dont Tumeur du rein	C64	13	7	48
Dont Tumeurs urothéliales	C65 à C68	17	12	97
➔ Dont Vessie	C67	13	9	77
Dont Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	C81 à C96	30	20	209
Dont Tumeur maligne de la peau de type carcinome (cancers baso-cellulaires, spino-cellulaires)	C44	*	*	8
Maladies de l'appareil circulatoire	I00-I99	334	243	1 892
➔ Dont les cardiopathies ischémiques	I20-I25	74	54	444
➔ Dont l'infarctus du myocarde	I21-I22	36	26	200
➔ Dont les maladies cérébrovasculaires	I60-I69	69	49	423
➔ Dont les accidents vasculaires cérébraux	I60-I64, I69	63	44	397
Maladie de Parkinson	F023, G20	11	9	55

CIM : Classification Internationale des Maladies

\* : nombre de cas <5

**Tableau 5. Nombre de décès observés pour les causes les plus fréquentes, chez les femmes et chez les hommes, dans la zone d'étude, sur la période 2004-2017, vallée de l'Orbiel**

Causes	Zone exposée historique (20 communes)		Dont zone exposée centrale (15 communes)		Zone non exposée historique (62 communes)	
	Femme	Homme	Femme	Homme	Femme	Homme
Tout cancer	174	249	118	174	808	1 213
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	18	67	12	49	84	314
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	46	62	32	45	212	320
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	14	16	10	10	92	117
Tumeurs de la prostate	0	30	0	20	0	116
Maladies de l'appareil circulatoire	163	171	126	117	942	950
Maladie de Parkinson	3	8	2	7	30	25

## 5.2.2. Comparaison de la mortalité dans les zones exposées et non-exposées à celle du département de l'Aude

### 5.2.2.1. Tout sexe confondu

Les résultats tout sexe confondu sont présentés en annexe 5. Aucun excès de mortalité n'est observé dans la zone exposée ni dans la zone non exposée.

Dans la zone exposée historique et centrale (tableau 6), on observe :

- une sous-mortalité significative pour les accidents vasculaires cérébraux.

Dans la zone exposée historique et la zone non-exposée, on observe :

- une sous-mortalité significative pour les cardiopathies ischémiques, les infarctus du myocarde et les maladies cérébro-vasculaires.

Aucune différence de mortalité significative pour les autres causes étudiées n'a été mise en évidence par rapport au département de l'Aude pour la zone exposée historique ou la zone exposée centrale. Les résultats de l'analyse de sensibilité en prenant l'ex-région Languedoc-Roussillon comme référence montrent que les tailles d'effet (ou forces d'association) sont comparables aux résultats obtenus en utilisant le département (on observe cependant un excès de mortalité significative en zone non exposée pour les Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés par rapport à la référence régionale) (Annexe 6).

### 5.2.2.2. Selon le sexe

L'annexe 3 présente les ratios standardisés de mortalité (SMR) par cause de décès chez les hommes et chez les femmes, respectivement dans la zone exposée historique, la zone exposée centrale et la zone non exposée par rapport au département de l'Aude. Aucun excès de mortalité n'est observé dans la zone exposée ni dans la zone non exposée. Dans la zone exposée historique, on observe :

- chez les hommes comme chez les femmes, une sous-mortalité significative pour les maladies de l'appareil circulatoire.

Dans la zone non exposée, on observe :

- chez les hommes comme chez les femmes, une sous-mortalité significative pour tout cancer ;
- chez les femmes seulement, une sous-mortalité significative pour les maladies de l'appareil circulatoire, les tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine et les tumeurs de la trachée, des bronches et du poumon.

Aucune différence de mortalité significative pour les autres causes étudiées n'a été mise en évidence par rapport au département de l'Aude.

Les résultats observés en prenant l'ex-région Languedoc-Roussillon en référence (Annexe 4) montrent que les tailles d'effet (ou forces d'association) sont comparables aux résultats obtenus en utilisant le département.

### 5.2.3. Comparaison de la mortalité entre la zone exposée et la zone non exposée

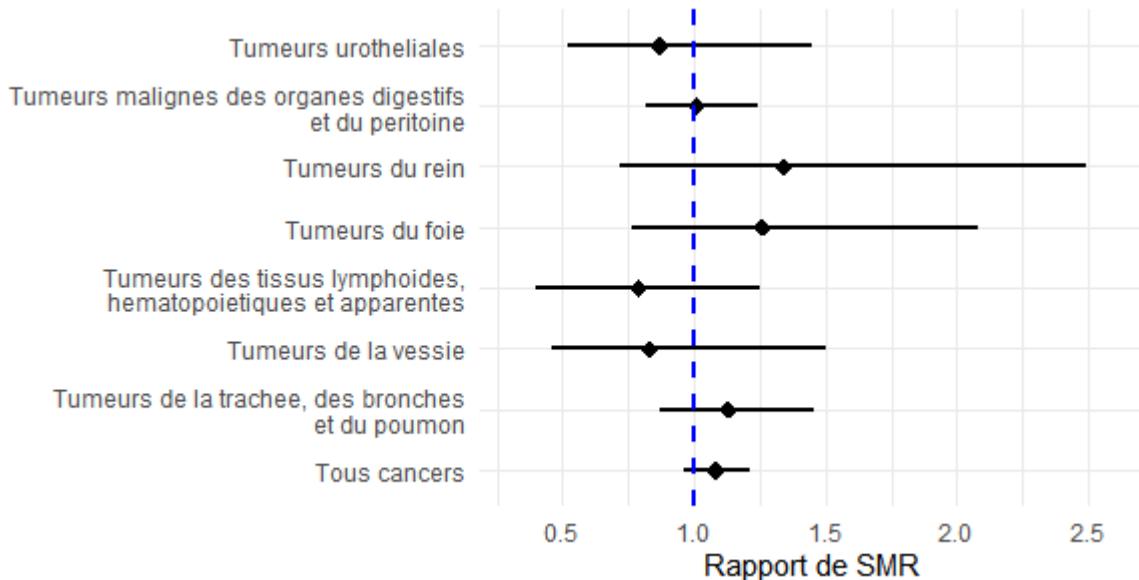
#### 5.2.3.1 Tout sexe confondu

Les figures 2 et 3 présentent le rapport de SMR pour les causes étudiées dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée. L'analyse a été faite en prenant en compte l'indice territorial de désavantage social (EDI2007), le degré de ruralité des communes, l'accès à un médecin généraliste (indice APL2013), la surface utile en viticulture, le potentiel radon.

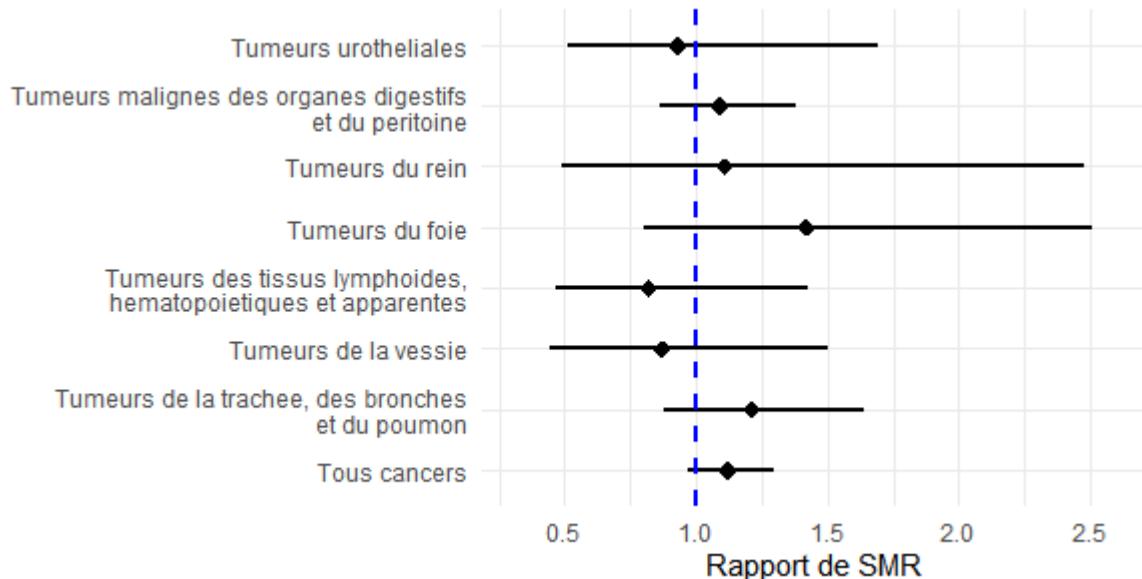
Les résultats des estimations des paramètres obtenus à l'aide du modèle sont présentés en annexe 7.

**Figure 2. Rapport de SMR de décès par cause de cancer étudiée, tout sexe, dans la zone exposée historique et la zone exposée centrale par rapport à la zone non exposée, période 2004-2017 (population de référence : Département de l'Aude)**

Zone exposée historique vs zone non exposée



Zone exposée centrale vs zone non exposée

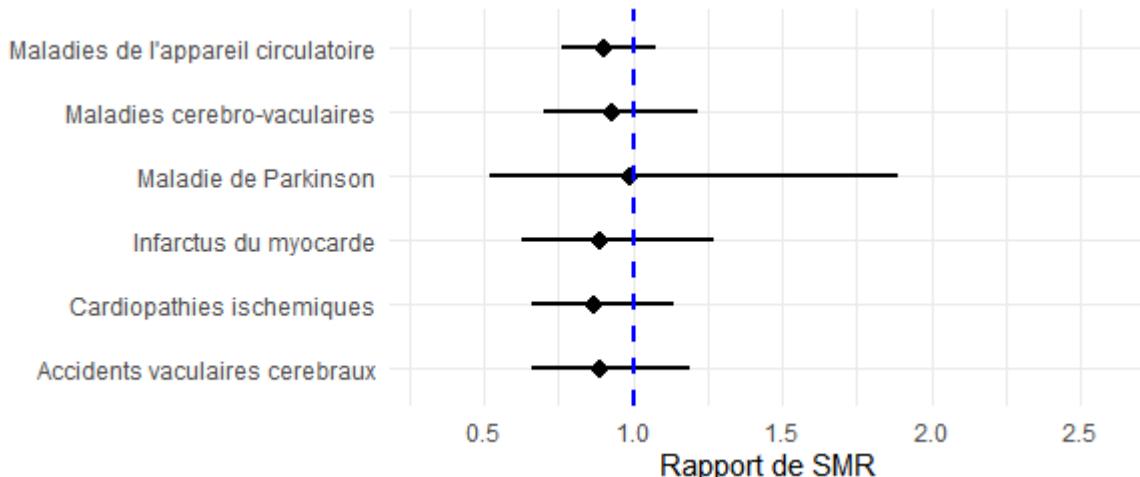


Tumeur du pharynx (oro- rhino- hypo-pharynx) dont naso-pharynx, Tumeurs d'autres parties de l'appareil respiratoire et des organes thoraciques excepté le larynx, Tumeurs malignes de la peau de type carcinome (cancers baso-cellulaires, spino-cellulaires) non représentées car effectifs trop faibles pour les analyses multivariées.

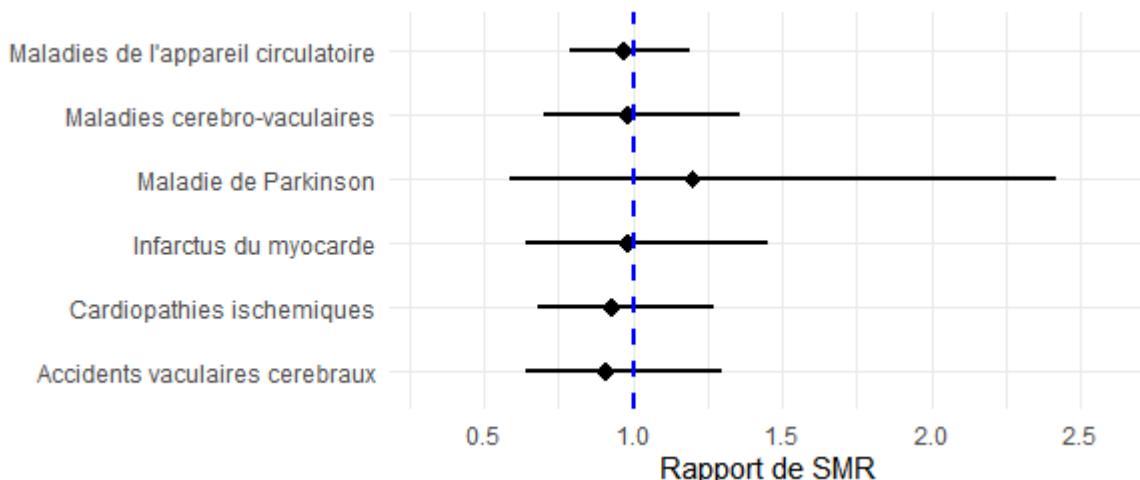
Pour les causes de cancers étudiées, aucune différence de mortalité n'a été mise en évidence entre la zone exposée (historique ou centrale) et la zone non-exposée.

**Figure 3. Rapport de SMR pour les maladies cardiovasculaires étudiées et la maladie de parkinson, tout sexe, dans la zone exposée historique et la zone exposée centrale par rapport à la zone non exposée, période 2004-2017 (population de référence : Département de l'Aude)**

Zone exposée historique vs zone non exposée



Zone exposée centrale vs zone non exposée



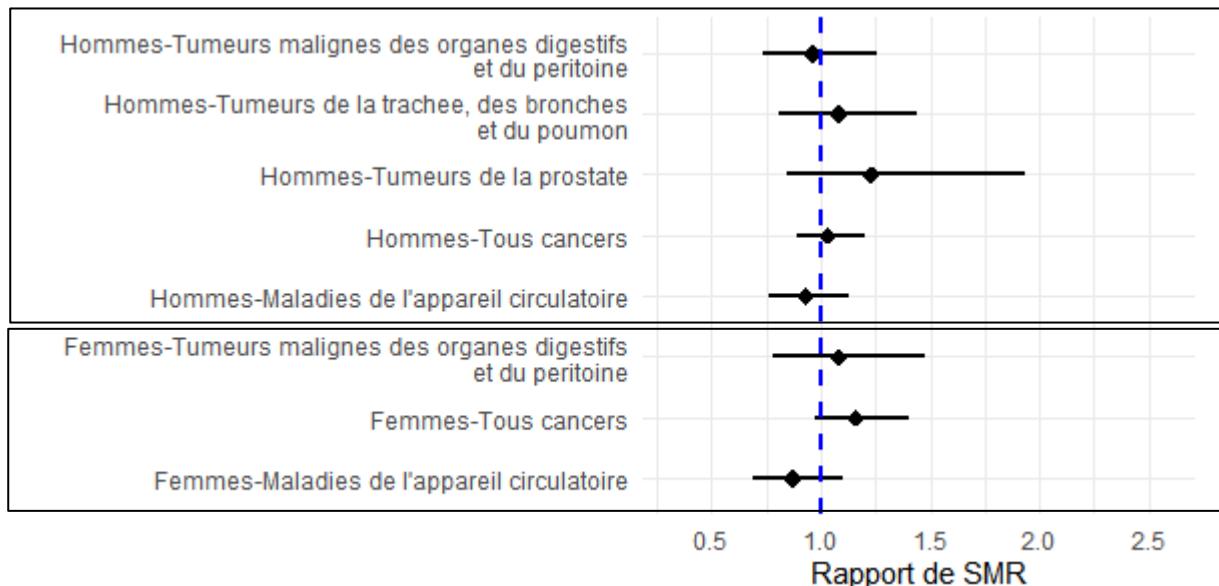
Pour les décès par maladies de l'appareil circulatoire étudiées et la maladie de Parkinson, on observe aucune différence de mortalité entre la zone exposée (historique ou centrale) et la zone non-exposée.

#### 5.2.3.2 Selon le sexe

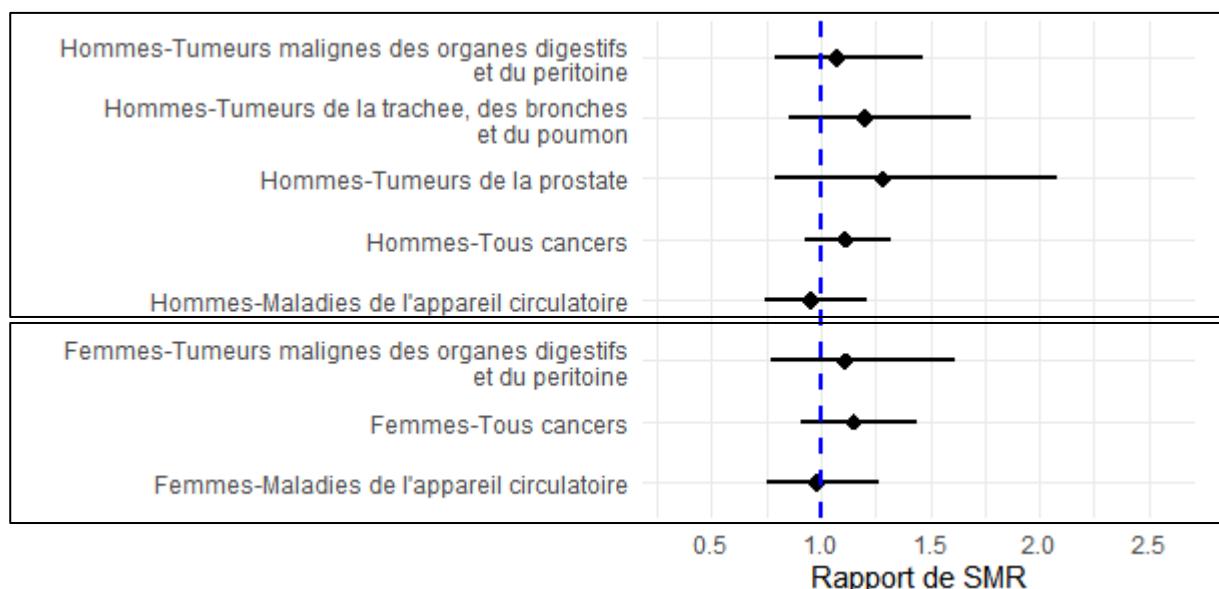
L'analyse selon le sexe a porté sur les causes de décès avec les effectifs les plus élevés permettant une analyse stable : tout cancer, tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine et maladies de l'appareil circulatoire auxquels s'ajoutent chez les hommes, cancer de la prostate et des poumons. Cette analyse (figure 4) ne met pas en évidence de différence de mortalité entre la zone exposée (historique ou centrale) et la zone non-exposée pour les décès étudiés (voir détail des résultats en annexe 8).

**Figure 4. Rapport de SMR par cause étudiée, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone exposée historique et la zone exposée centrale par rapport à la zone non exposée, période 2004-2017 (population de référence : Département de l'Aude)**

Zone exposée historique vs zone non exposée



Zone exposée centrale vs zone non exposée



#### 5.2.4. Effet des facteurs d'ajustement

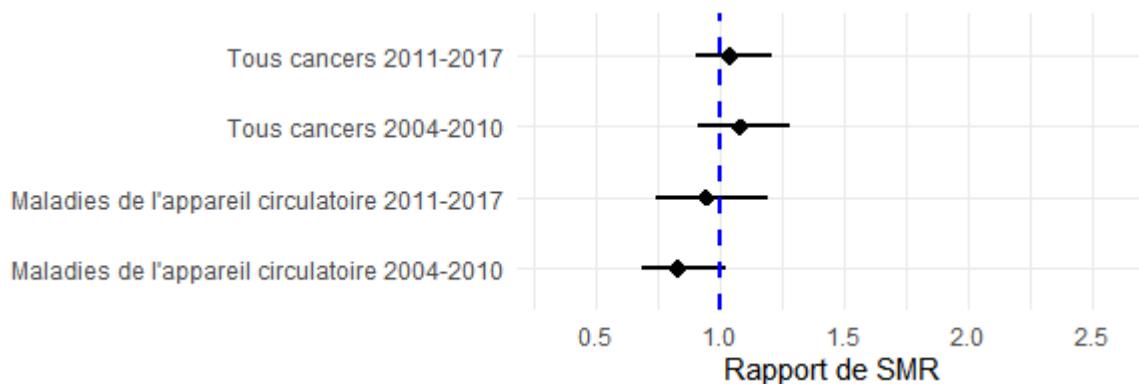
La relation entre la zone d'exposition et la mortalité n'est pas expliquée par les facteurs d'ajustement. Plusieurs facteurs d'ajustement apparaissent significativement liés à la mortalité pour certaines pathologies dans l'ensemble de la zone d'étude, indépendamment de l'exposition (voir le détail des résultats en annexes 7 et 8) :

- les communes de l'ensemble de la zone d'étude appartenant au dernier quintile<sup>f</sup> de l'EDI (le moins favorisé) présentent un risque plus important de mortalité pour toutes les maladies de l'appareil circulatoire, tout cancer et cancer du poumon, que les communes appartenant au premier quintile<sup>g</sup> (le plus favorisé) ;
- les communes de l'ensemble de la zone d'étude ayant une densité de médecins en 2013 inférieure à la moyenne de la zone d'étude ont un risque de décès tout cancer confondu plus élevé que celles étant au-dessus de la moyenne ;
- les communes de l'ensemble de la zone d'étude classées avec un niveau de potentiel radon élevé (catégorie 3) présentent un risque plus important de mortalité pour les tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés, significativement plus élevé que les communes avec un niveau de potentiel radon faible (catégorie 1).

### 5.3. Analyse de la mortalité sur deux périodes de temps en zone exposée historique

L'analyse sur deux périodes de temps n'a été réalisée que pour les pathologies avec suffisamment d'effectifs pour permettre une analyse sur chacune des périodes : tout cancer et maladies de l'appareil circulatoire, et sur la zone exposée historique dont les effectifs sont plus importants (figure 5).

**Figure 5. Rapport de SMR tout cancer et maladies de l'appareil circulatoire, tout sexe, dans la zone exposée historique par rapport à la zone non exposée, période 2004-2010 et 2011-2017 (population de référence : Département de l'Aude)**



On n'observe pas de variation significative entre les deux périodes pour la différence de mortalité tout cancer et maladies de l'appareil circulatoire entre la zone exposée historique et la zone non exposée (détail des résultats en annexe 9).

<sup>f</sup>Aigues-Vives, Berriac, Carlipa, Castans, Caunes-Minervois, Floure, Fournes-Cabardès, Fraisse-Cabardès, Lastours, Les Ilhes, Peyriac-Minervois, Rieux-Minervois, Saint-Frichoux, Saissac, Trassanel, Trèbes et Villanière

<sup>g</sup>Aiguefonde, Bagnoles, Caux-et-Sauzens, Cazilhac, Citou, Labastide-Esparbairenque, Lacombe, Laprade, Lavalette, Montirat, Palaja, Roullens, Ventenac-Cabardès, Villedubert, Villemoustaussou, Villesèquelande

## 6. DISCUSSION - CONCLUSION

### 6.1. Rappel des résultats principaux et discussion

#### Entre 2004 et 2017

Sur la période 2004-2017, on n'observe pas de différence significative de mortalité pour les maladies étudiées dans la zone exposée comparée à la zone non exposée et ceci quelles que soient les analyses de sensibilité réalisées, à l'exception d'une sous-mortalité pour les cardiopathies ischémiques dans la zone d'étude historique sur certaines analyses de sensibilité.

Pour la zone exposée centrale, on n'observe pas non plus pour ces maladies, de différence significative de mortalité avec la zone non exposée.

#### Comparaison avec les études précédentes menées dans la vallée

Plusieurs études de mortalité par cancers ont été réalisées sur des périodes antérieures dans la vallée de l'Orbiel. La comparaison n'est pas aisée compte tenu des différences de méthodes utilisées et de leurs évolutions.

Sur la première période de 1968-1994, l'étude menée sur la zone exposée historique par rapport à la zone non exposée a montré une surmortalité significative pour « tout cancer » de 1,11 [1.0-1.2], pour les cancers du poumon 1,76 [1.4-2.1], pour les cancers du pharynx 2,06 [1.0-3.8] (14 cas en zone exposée), et pour les cancers du système digestif chez les femmes 1,32 [1.04-1.6] (1-2). L'étude a montré que ces excès de décès par cancers n'étaient pas exclusivement liés aux expositions professionnelles des travailleurs du complexe minier, et l'hypothèse a été faite qu'une exposition environnementale contribuait probablement à cet excès (1).

Pour les cancers du poumon, on observe une diminution statistiquement significative du rapport de SMR au cours du temps (2,12 [1.4-3.0] de 1968-1975 ; 1,92 [1.3-2.7] en 1976-1985 ; 1.42 [0.99-2.0] en 1986-1994). Dans les premiers travaux, une surmortalité existait à un niveau suffisamment élevé pour être observée significativement dans la population générale de la zone exposée de la vallée sur les périodes les plus anciennes (1968-1994). Une surmortalité par cancer observée pendant cette période de temps correspondrait à une période d'exposition s'étendant 10 à 40 ans avant, soit entre 1928 et 1984 (annexe 10), période où les expositions professionnelles et environnementales ont probablement été plus importantes et pendant laquelle la population en contact avec ses expositions (professionnelles et environnementales) était plus importante.

Depuis 1995 puis de 2004 à 2017 pour notre étude, aucune différence statistique de mortalité par cancer quelle que soit la localisation n'est observable au sein de la population de la vallée de l'Orbiel (absence ou niveaux trop faibles pour être mis en évidence), que ce soit en zone historique ou dans une zone considérée comme plus exposée (période 2004-2017) par rapport à une zone non exposée.

Globalement, pris dans leur ensemble, les différents travaux menés sur ce territoire tendent à montrer une tendance à la baisse de la mortalité dans la zone exposée dans le temps.

## Effet des facteurs d'ajustement

La relation entre la zone d'exposition et la mortalité n'est pas expliquée par les facteurs d'ajustement. Par contre, certains de ces facteurs sont associés significativement à une surmortalité quelle que soit la zone :

- **la défavorisation sociale pour toutes les maladies de l'appareil circulatoire, tout cancer et cancer du poumon.** Ces résultats sont cohérents avec plusieurs études récentes en France ou en Europe. En France, il a été montré, à partir des données des registres des cancers, un sur-risque lié à la défavorisation sociale pour l'incidence des cancers des voies respiratoires et digestives hautes (26, 27), dont le cancer des poumons. De la même manière, il a été montré que le taux de mortalité pour les accidents vasculaires cérébraux et l'insuffisance cardiaques (28). L'association observée dans notre étude avec « tout cancer » s'explique certainement en partie par le fait que les cancers du poumon comptent pour environ 20 % de l'ensemble des cancers. Ce constat est également retrouvé dans une étude portugaise qui s'est intéressée aux maladies liées au tabac dont les cancers du poumon mais également les maladies cardio-vasculaires ou cérébro-vasculaires (29). L'indicateur de statut social construit (niveau de diplôme, secteurs d'activité dans l'industrie, les commerces ou les services, être propriétaire ou pas), était significativement associé avec les cancers liés au tabac et les maladies cérébro-vasculaires après ajustement sur l'âge. La défavorisation sociale apparaît ainsi comme un proxy de facteurs de risque connus ou pas pour ces maladies. La détermination sociale de certains facteurs de risque comme la consommation tabagique, les expositions professionnelles ou aux polluants atmosphériques ainsi que des facteurs de risques vasculaires expliquent sans doute une partie importante des différences observées (26, 27) ;
- **l'accès à un médecin généraliste pour tout cancer confondu.** Nous n'avons pas retrouvé d'études écologiques ayant utilisé l'indicateur APL, comme indicateur de l'accès à un médecin généraliste. Dans notre étude, le faible accès à des consultations de médecine générale en 2013 est significativement associé à une sur-mortalité pour tout cancer. Ce résultat semble plutôt cohérent, dans la mesure où un retard au dépistage peut avoir des conséquences en terme de prise en charge médicale du cancer et avoir un impact à terme sur la létalité. Mais cet indicateur pourrait également être un proxy d'autres caractéristiques individuelles ou environnementales ;
- **le potentiel radon pour les Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés.** Le radon est classé par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) comme cancérogène certain pour le cancer du poumon. C'est un gaz radioactif naturellement présent partout sur la planète à des concentrations variables selon le type de sols (par exemple, plus fortement présent dans les massifs granitiques ou volcaniques). Dans notre étude, nous utilisons le « potentiel radon » à l'échelle de la commune. Il s'agit d'un indicateur, mis au point par l'IRSN, visant à estimer la capacité des formations géologiques à générer du radon en surface, pour cibler les zones dans lesquelles la présence de radon dans les habitations à des concentrations élevées est la plus probable. Il ne s'agit donc pas d'une mesure exacte de l'exposition individuelle qui est liée aux concentrations présentes dans les bâtiments qui dépendent notamment de l'étanchéité de l'interface entre le bâtiment et le sol, le taux de renouvellement de l'air intérieur, etc. En utilisant cet indicateur, nous ne trouvons pas d'association avec le cancer du poumon, mais une association avec les tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés. Ce résultat n'est pas isolé dans la littérature, mais il est difficile de tirer des conclusions sur la base des résultats actuellement disponibles car toutes les études ne convergent pas dans le même sens. Des études écologiques, comme la nôtre, suggèrent une association entre les niveaux de radon dans l'environnement et le risque de leucémie lymphocytique ou myéloïde chez les adultes (30-32). Alors que d'autres types d'études (cas-témoin, ou avec la mesure du radon à l'intérieur des logements) ne mettent pas en évidence d'association (33-35). Une méta-analyse récente sur les risques liés au radon hors cancer du poumon ne met pas non plus en évidence un tel

lien de manière significative (36). Nos résultats sont à interpréter avec précaution, dans la mesure où de nombreux facteurs ne sont pas pris en compte dans une étude écologique, et notamment le tabac, qui a un effet submultiplicatif avec le radon dans la survenue des cancers du poumon.

## 6.2. Forces et limites de l'étude

Une étude écologique de mortalité présente les avantages et les limites inhérentes aux analyses spatiales descriptives mises en œuvre pour répondre à une demande locale afin d'étudier les risques sanitaires à proximité de sites pollués ou d'industries (37).

Ces études sont relativement simples à mettre en œuvre puisqu'elles reposent sur des données recueillies en routine. Pour la mortalité, il s'agit des données sur les causes médicales de décès du CépiDc et pour la population des données de l'Insee.

L'une des principales limites méthodologiques de ces études est qu'elles ne permettent pas d'attribuer un excès significatif à une cause précise. Lorsqu'une sur-mortalité est mis en évidence entre les zones étudiées, il n'est pas possible d'établir un lien certain avec l'exposition suspectée. Elles peuvent en revanche aider à formuler des hypothèses pour la mise en place d'études ultérieures.

Par ailleurs, les résultats des études écologiques sont sensibles au choix de la zone d'étude, de la zone de référence et de la période d'étude.

Les zones exposée et non exposée ont été définies à partir des mesures disponibles dans l'environnement et des mesures d'imprégnation. Il a été fait l'hypothèse que le périmètre des deux zones n'a pas évolué au cours de la période d'étude mais de nombreuses analyses de sensibilité ont été menées en faisant varier la zone non-exposée (avec/sans Trèbes, avec/sans Badens, avec/sans Albine, avec/sans les communes autonomes) et la zone exposée (historique, centrale, avec/sans Trèbes).

Par ailleurs, du fait de son design écologique, l'étude ne tient pas compte des mouvements de populations qui ont pu avoir lieu au cours du temps au sein ou en dehors de la zone d'étude, ni du passé résidentiel des habitants. Ainsi, des personnes ayant résidé dans une des communes du bassin minier ont pu déménager et décéder alors qu'elles n'habitaient plus sur ce territoire géographique. Leurs décès n'ont pas pu être pris en compte dans l'analyse, car c'est le lieu de résidence à ce moment qui est considéré. Cela pourrait être le cas pour des travailleurs venus de l'étranger puis repartis à la fin de leurs emplois, par exemple. Au contraire, certaines personnes dont les décès ont été comptabilisés, car décédées pendant la période d'étude alors qu'elles habitaient dans l'une des communes des zones d'étude, ont pu ne résider dans une commune de la zone d'étude qu'un court laps de temps. C'est également le cas pour les mouvements de population entre les zones exposée et non exposée.

L'utilisation de la mortalité comme indicateur présente également des limites. Seule la cause initiale de décès, définie comme la cause à l'origine du processus morbide ayant conduit au décès, a été analysée. De ce fait, pour des pathologies chroniques d'évolution lente, il est possible que le certificat de décès fasse référence à une autre pathologie d'évolution plus rapide (ce peut être le cas pour la maladie de Parkinson, dont le nombre de décès est faible sur la période). D'autre part, la mortalité n'est pas forcément un bon reflet des pathologies incidentes, notamment pour celles ayant un bon pronostic vital. La mortalité est la résultante du risque de maladie et de l'effet de la prise en charge. Ainsi, on peut avoir plus de risque de cancer mais une mortalité comparable entre zones, du fait de l'effet de la prise en charge. Et à l'inverse, on peut observer une différence de mortalité malgré un risque de cancer comparable entre zones. Afin de s'affranchir de cette limite, il aurait été intéressant de réaliser une étude d'incidence. Cependant, à l'heure actuelle, nous ne disposons pas d'un tel indicateur pour les cancers à l'échelle communale. Aussi, il est important de

poursuivre les travaux de recherche en cours pour permettre une exploitation du système national des données de santé (SNDS) afin de disposer de ce type d'indicateur à une échelle communale à l'avenir.

Le choix de la population de référence pouvant influencer le calcul des SMR et de leur intervalle de confiance, une analyse de sensibilité a été réalisée en prenant la région Languedoc-Roussillon comme référence. Les résultats de cette analyse sont présentés dans les annexes 4 et 6. Ils sont similaires à ceux obtenus à partir du département de l'Aude, à l'exception de quelques résultats de sous-mortalité avec les SMR bruts qui ne sont plus significatifs en référence à la région (tout cancer et tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine chez les femmes, accidents vasculaires cérébraux en zone centrale et maladies cérébro-vasculaires en zone non-exposée).

Concernant l'évolution de la mortalité, l'étude a porté sur la période 2004-2017, période la plus récente de disponibilité des données. Pour certaines causes (tumeur du pharynx et naso-pharynx, tumeurs d'autres parties de l'appareil respiratoire, tumeurs malignes de la peau de type carcinome), le nombre de décès observé était cependant trop faible pour permettre leur étude. 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) a pu être un facteur limitant la possibilité de mettre en évidence une différence significative entre la zone exposée et la zone non-exposée (plus l'effectif est petit et plus les intervalles de confiance sont larges). Des risques faibles peuvent ne pas avoir pu être mis en évidence significativement. A contrario, ce type d'étude écologique permet d'identifier des risques forts. On peut donc exclure la présence de fort risque, à ce jour, pour la population générale de la vallée.

Afin de prendre en compte un défaut d'ajustement sur des facteurs de confusion, le calcul des RR a été réalisé en tenant compte de la surdispersion des données de mortalité. Par ailleurs, la comparaison des zones exposée et non exposée sur la période 2004-2017 a été ajustée sur plusieurs facteurs pouvant influencer la mortalité et disponibles au niveau de la commune : l'indice de désavantage social (EDI ou FDEP), le degré de ruralité de la population, l'indice d'accès à un médecin généraliste, le potentiel radon et la surface viticole. On ne peut cependant exclure que des facteurs non inclus dans les analyses, telles que d'autres expositions environnementales, puissent expliquer en partie les résultats observés (par exemple le fond géochimique qui n'a pas pu être inclus dans les analyses car trop colinéaire à la zone d'étude). Par ailleurs, l'analyse à l'échelle de la commune ne permet pas la prise en compte de facteurs de risque individuels avérés ou suspectés des pathologies étudiées, comme des facteurs génétiques ou encore des habitudes de vie (tabac, alimentation), même si l'utilisation d'un indicateur de défavorisation sociale permet de s'en approcher en partie.

Dans cette étude, nous avons calculé le risque brut puis le risque ajusté (modèle). Le risque brut représente le risque que subit la population dans la zone (tout facteurs confondus). L'ajustement permet d'attribuer le risque au facteur étudié (environnement) en éliminant les facteurs de confusion. Mais le facteur peut entraîner des modifications de comportements ou une sélection de la population (déménagement des personnes ayant le plus de moyens financiers par exemple), donc les facteurs d'ajustement (défavorisation sociale par exemple) ne sont pas toujours indépendants du risque. Toutefois, dans notre étude, les résultats montrent qu'il n'est pas observé d'excès de risque entre la zone exposée et la zone non exposée dans le modèle brut, tout comme dans le modèle avec co-facteurs. L'ajout des facteurs d'ajustement ne modifie pas ou à la marge les résultats bruts. De ce fait, les facteurs d'ajustement n'apparaissent pas liés au risque dans cette étude.

De plus, dans le cadre de cette étude, de nombreux tests statistiques ont été effectués (selon le sexe, selon la période, les pathologies, les zones d'exposition). Pour chaque test, il a été appliqué un risque de 5 % de conclure à tort à un déficit ou à un excès de risque. Les analyses ont mis en évidence un faible nombre de résultats significativement différents de 1. 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 (37). On ne peut ainsi exclure que certains de ces résultats significatifs soient dus au nombre de tests réalisés.

Pour rappel, les analyses spatiales de mortalité ne permettent pas d'attribuer de façon formelle la mortalité observée à un ou des facteurs particuliers dont la pollution en général et la pollution présente dans la vallée en particulier concernant plus précisément cette étude. Par ailleurs, des délais parfois longs peuvent exister entre une exposition à des polluants et la survenue d'une maladie, et à fortiori au décès qui peut s'en suivre. Ainsi une mortalité observée sur une période ne peut être expliquée par l'exposition à des polluants sur cette même période.

### 6.3. Conclusion - perspectives

Sur la période d'étude, 2004-2017, pour toutes les causes de décès étudiées, il n'a pas été mis en évidence de différence significative de mortalité observable entre la zone exposée et la zone non exposée.

Si dans la toute première étude, jusqu'en 1994, il existait, dans la zone exposée, un excès de mortalité par rapport à la zone non exposée pour les cancers du poumon, tout cancer, cancers du pharynx et cancers digestifs chez la femme, les résultats de cette nouvelle étude montrent que pour la période 2004-2017, la mortalité par cancer n'est pas plus importante dans la zone exposée que dans la zone non exposée aux sites miniers, confortant le résultat observé lors d'une précédente étude pour la période 1995-2003. Cette nouvelle étude permet, en outre, d'indiquer qu'il n'existe pas non plus de différence de mortalité observable en termes d'indicateurs de maladies de l'appareil circulatoire et de maladie de Parkinson.

L'absence de mise en évidence de surmortalité dans ces dernières études de santé ne signifie pas que les mesures de gestion de la pollution autour des anciens sites ne sont pas nécessaires. Les données environnementales doivent continuer de guider ces mesures de gestion.

Enfin, sur la base de l'ensemble des études menées depuis 2020, Santé publique France renouvelle ses propositions d'actions communiquées à la suite de l'étude PrioR (38) à savoir :

- mettre à disposition des habitants de la vallée de l'Orbiel l'ensemble des travaux scientifiques liés à la pollution de la vallée de l'Orbiel (environnement, santé) et rendre l'information scientifique accessible au plus grand nombre ;
- accompagner les citoyens pour les aider à faire les meilleurs choix pour leur santé à partir d'un travail collaboratif associant scientifiques, techniciens et habitants.

## Références bibliographiques

- (1) Enquête sur l'exposition de la population aux polluants d'origine industrielle – région de Salsigne (Aude). N Fréry, A Ohayon, P Quenel. Saint-Maurice : Réseau national de santé publique, 1998. 8 p.
- (2) Cancer mortality during the 1968-1994 period in a mining area in France. MG Dondon, F de Vathaire, P Quenel, N Fréry. 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) Evaluation des risques sanitaires liés à la vallée de l'Orbiel. Rapport du Comité Scientifique. J Arditti, M Gerber, P Glorenc, M Kimmel, J Mahenc, G Salines, PL Toutain. Juillet 2007. 64 p.
- (5) Évaluation de l'imprégnation à l'arsenic et aux métaux d'enfants vivant dans des environnements miniers du sud de la France. Région de la vallée de l'Orbiel (Aude), Région des Cévennes (Gard). I Pujalté, J Gardon. HydroSciences Montpellier. Mars 2024
- (6) Sites et sols pollués : mieux comprendre les préoccupations des habitants de la vallée de l'Orbiel pour mieux les accompagner. Bilan de l'enquête exploratoire sur les attentes et le contexte local menée en 2021-2022 Synthèse. Saint-Maurice: Santé publique France, 2024 :10 p. Disponible à partir de l'URL: [www.santepubliquefrance.fr](http://www.santepubliquefrance.fr)
- (7) Protocole de l'étude de mortalité dans la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017. S Rivière, R Candice, F Golliot, D Jezewski-Serra, F Le Marec. Saint-Maurice : Santé publique France, 2023. 36 p. [www.santepubliquefrance.fr](http://www.santepubliquefrance.fr)
- (8) 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.
- (9) 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
- (10) 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.
- (11) 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
- (12) La campagne d'échantillonnage de produits alimentaires dans la vallée de l'Orbiel. Harry Gnana. Rapport n°A101924/C, 20 Décembre 2019
- (13) Etablissement du fond pédo-géochimique dans la région de l'ancien secteur minier de Salsigne (Aude). Rapport final. Melleton J, Belbeze S, Vic G, Auger P, Chevillard M. BRGM/RP-70767-FR. Décembre 2021
- (14) Identification d'indicateurs pour caractériser les impacts sanitaires des installations industrielles. Rapport de stage. L Legendre. 2019. 108p.
- (15) <https://www.cancer-environnement.fr/479-Classification-par-localisations-cancereuses.ce.aspx>, consulté le 3 mars 2022
- (16) Quels indicateurs pour surveiller la santé de la population générale autour des grands bassins industriels français ? C Roudier, C Kairo. Responsabilité et Environnement - Avril 2024 - N°114. P31-35 © Annales des Mine
- (17) Pedo-geochemical background and sediment contamination of metal(loid)s in the old mining-district of Salsigne (Orbiel valley, France). G Delplace, J Viers, E Schreck, P Oliv, P Behra. Chemosphere 287, 2022
- (18) Analyse de la mortalité par cause : pondération des causes multiples. Rey G, Piffaretti C, Rondet C, Lamarche-Vadel A, Moreno-Betancur M. Revue d'épidémiologie et de santé publique, 2017 (1) : 13-19
- (19) Mesure des inégalités de mortalité par cause de décès. Approche écologique à l'aide d'un indice de désavantage social. Rey G. Bulletin épidémiologique hebdomadaire. 2011;8-9.

- (20) Construction of an adaptable European transnational ecological deprivation index: the French version. Carole Pernet 1, Cyrille Delpierre, Olivier Dejardin, Pascale Grosclaude, Ludivine Launay, Lydia Guittet, Thierry Lang, Guy Launoy. *Epidemiol Community Health*. 2012 Nov;66(11):982-9. doi: 10.1136/jech-2011-200311.
- (21) Chronic diseases, health conditions and risk of COVID-19-related hospitalization and in-hospital mortality during the first wave of the epidemic in France: a cohort study of 66 million people. Semenzato L, Botton J, Drouin J, Cuenot F, Dray-Spira R, Weill A, et al. *Lancet Reg Health Eur*. 2021;8:100158.
- (22) Characteristics associated with the residual risk of severe COVID-19 after a complete vaccination schedule: A cohort study of 28 million people in France. Semenzato L, Botton J, Drouin J, Baricault B, Bertrand M, Jabagi M-J, et al. *The Lancet Regional Health - Europe*. 2022;19:100441.
- (23) A review of the epidemiological methods used to investigate the health impacts of air pollution around major industrial areas. Pascal M, Pascal L, Bidondo ML, Cochet A, Sarter H, Stempfelet M, Wagner V. *J Environ Public Health*. 2013;2013:737926
- (24) Intérêt de la détection et de la prise en compte d'une surdispersion dans un modèle de Poisson : illustration à partir d'un exemple. Bouche G, Lepage B, Migeot V, Ingrand P. *RESP*, 2009, 57 : 285-296.).
- (25) "Quasi-poisson vs. Negative binomial regression: how should we model overdispersed count data ?" Ver Hoef JM, Boveng PL. *Ecology*, 88(11), 2007 :2766-2772.
- (26) Environnement socioéconomique et incidence des cancers en France. Bryere J, Dejardin O, Launay L, Colonna M, Grosclaude P, Launoy G; Réseau français des registres des cancers (Francim). *Bull Epidémiol Hebd*. 2017;(4):68-77. [http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2017/4/2017\\_4\\_1.htm](http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2017/4/2017_4_1.htm)
- (27) Socioeconomic status and site-specific cancer incidence, a Bayesian approach in a French Cancer Registries Network study. Bryere J, Dejardin O, Launay L, Colonna M, Grosclaude P, Launoy G. *European Journal of Cancer Prevention* 27(4):p 391-398, July 2018. | DOI: 10.1097/CEJ.0000000000000326
- (28) Désavantage social et maladies cardiovasculaires en France métropolitaine. C. Lecoffre, E. Decool, V. Olié. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*. 2017 ; 65(Suppl1) : S36 <http://dx.doi.org/10.1016/j.respe.2017.01.088>
- (29) Socio-economic inequalities in tobacco-related diseases in Portugal: an ecological approach. Alves J, Nunes C, Perelman J. E. *Public Health*. 2016 ; 130 : 36-42
- (30) Radon exposure and the risk of leukemia: a review of epidemiological studies. Laurier D, Valenty M, Tirmarche M. *Health Phys*. 2001 Sep;81(3):272-88.
- (31) Incidence rates of chronic lymphocytic leukemia in US states are associated with residential radon levels. Schwartz GG, Klug MG. *Future Oncol Lond Engl*. janv 2016;12(2):165-74.
- (32) Iowa radon leukaemia study: a hierarchical population risk model for spatially correlated exposure measured with error. Smith BJ, Zhang L, Field RW. *Stat Med*. 2007;26(25):4619-42
- (33) Adult myeloid leukaemia and radon exposure: a Bayesian model for a case-control study with error in covariates. Toti S, Biggeri A, Forastiere F. *Stat Med*. 2005 Jun 30;24(12):1849-64. doi: 10.1002/sim.2064. PMID: 15724266.
- (34) Domestic Radon Exposure and Risk of Childhood Cancer: A Prospective Census-Based Cohort Study. Hauri D, Spycher B, Huss A, Zimmermann F, Grotzer M, von der Weid N, et al. *Environ Health Perspect*. 1 oct 2013;121(10):1239-44
- (35) Residential Exposure to Natural Background Radiation and Risk of Childhood Acute Leukemia in France, 1990–2009. Demoury C, Marquant F, Ielsch G, Goujon S, Debayle C, Faure L, et al. *Environ Health Perspect*. avr 2017;125(4):714-20Teras et al. 2016
- (36) Radon exposure and potential health effects other than lung cancer: a systematic review and meta-analysis. Henyoh AMS, Laurent O, Mandin C and Clero E *Front. Public Health*. 2024 ; 12:1439355. doi: 10.3389/fpubh.2024.1439355S
- (37) Les études locales autour d'un point source. Les différentes méthodes statistiques, leurs avantages et leurs inconvénients. Goria S. Le Tertre A. Note méthodologique. Institut de veille sanitaire, 2010. : 8 p.
- (38) Sites et sols pollués : mieux comprendre les préoccupations des habitants de la vallée de l'Orbier pour mieux les accompagner. Bilan de l'enquête exploratoire sur les attentes et le

contexte local menée en 2021-2022 Synthèse. Saint-Maurice: Santé publique France, 2024 :10 p. Disponible à partir de l'URL: [www.santepubliquefrance.fr](http://www.santepubliquefrance.fr)

# ANNEXES

## Annexe 1. Définition des zones exposées et non exposées

Tableau A1-1. Communes de la zone exposée (historique n=20 ; plus Trèbes)

Communes	Code INSEE	Population moyenne (hab)	Catégorie INSEE 2017	Etude 2004-2017
ARAGON	11011	368	Rural sous forte influence d'un pôle	Analyse sensibilité
BAGNOLES	11025	202		Analyse sensibilité
BOUILHONNAC	11043	165		
CONQUES-SUR-ORBIEL	11099	1 866		
FOURNES-CABARDES	11154	62		
LASTOURS	11194	246		
LES ILHES	11174	89		
LIMOUSIS	11205	103		
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	Rural sous forte influence d'un pôle	Analyse sensibilité
VILLALIER	11410	796		
VILLANIÈRE	11411	137		
VILLARDONNEL	11413	351		
VILLARZEL-CABARDES	11416	138		
VILLEDUBERT	11422	242	Urbain densité intermédiaire	Analyse sensibilité
VILLEGAILHENC	11425	1 206		Analyse sensibilité
VILLEGLY	11426	569		Rural sous forte influence d'un pôle
VILLENEUVE-MINERVOIS	11433	880		Analyse sensibilité

Tableau A1-2. Communes de la zone non-exposée (historique dont Trèbes), (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	<b>Rural autonome peu dense</b>	Analyse sensibilité
ALZONNE	11009	1 200	rural sous forte influence d'un pôle	oui
ARFONS	81016	209	<b>Rural autonome très peu dense</b>	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	<b>Rural sous faible influence d'un pôle</b>	oui
CARLIPA	11070	235	<b>rural autonome peu dense</b>	Analyse sensibilité
CASTANS	11075	113	rural sous forte influence d'un pôle	oui
CAUDEBRONDE	11079	162	<b>rural sous faible influence d'un pôle</b>	oui
CAUNES-MINERVOIS	11081	1 525	<b>rural sous faible influence d'un pôle</b>	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	<b>rural autonome peu dense</b>	Analyse sensibilité
CITOU	11092	106	<b>rural sous faible influence d'un pôle</b>	oui
COUFFOULENS	11102	507	rural sous forte influence d'un pôle	oui
CUXAC-CABARDES	11115	724	<b>rural sous faible influence d'un pôle</b>	oui
FELINES-MINERVOIS	34097	426	<b>Rural autonome peu dense</b>	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-ESPARBAIRENQUE	11180	94	<b>rural sous faible influence d'un pôle</b>	oui

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
MARSELLETTE	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
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
VILLEMOUSTAUSSOU	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. Définition selon l'Insee des communes selon le niveau de ruralité

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 denses ou très peu denses d'après la grille communale de densité<sup>h</sup>. 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 approche<sup>i</sup>, 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).

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

<sup>i</sup> 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>

### Annexe 3. SMR par cause de décès selon le sexe (référence = département de l'Aude)

Les tableaux A3-1, A3-2 et A3-3 présentent les ratios standardisés de mortalité (SMR) par cause de décès chez les hommes et chez les femmes, respectivement dans la zone exposée historique et la zone exposée centrale et la zone non exposée par rapport au département de l'Aude. Les résultats ne figurent dans les tableaux que si un minimum de 5 cas est observé pour la cause de décès, sur la période 2004-2017.

**Tableau A3-1. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone exposée historique, sur la période 2004-2017  
(population de référence : Département de l'Aude)**

Cause de décès	Femmes			Hommes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	174	173.8	1.00 [0,78-1,16]	249	260.3	0.96 [0,84-1,08]
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	18	22.3	0.81 [0,48-1,27]	67	69.4	0.96 [0,75-1,22]
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	46	49.3	0.93 [0,68-1,24]	62	71.0	0.87 [0,67-1,12]
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	14	16.7	0.84 [0,46-1,41]	16	20.4	0.79 [0,45-1,28]
Tumeurs de la prostate	-	-	-	30	24.6	1,22 [0,82-1,74]
Maladies de l'appareil circulatoire	163	208.5	0.78 [0,67-0,91]	171	202.9	0.84 [0,72-0,98]

Nobs : nombre de décès observé ; Natt : nombre de décès attendu ; SMR : ratio standardisé de mortalité ; IC : intervalle de confiance

**Tableau A3-2. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone exposée centrale, sur la période 2004-2017  
(population de référence : Département de l'Aude)**

Cause de décès	Femmes			Hommes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	118	114.2	1.03 [0.86-1.24]	174	171.27	1.02 [0.87-1.18]
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	12	14.0	0.85 [0.44-1.49]	49	42.9	1.14 [0.85-1.51]
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	32	32.9	0.97 [0.66-1.37]	45	48.5	0.93 [0.68-1.24]
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	10	10.4	0.96 [0.46-1.77]	10	13.3	0.75 [0.36-1.38]
Tumeurs de la prostate	-	-	-	20	16.8	1.19 [0.73-1.84]
Maladies de l'appareil circulatoire	126	143.3	0.88 [0.73-1.05]	117	133.3	0.88 [0.73-1.05]

Nobs : nombre de décès observés ; Natt : nombre de décès attendu ; SMR : ratio standardisé de mortalité ; IC : intervalle de confiance

**Tableau A3-3. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone non exposée, sur la période 2004-2017 (population de référence : Département de l'Aude)**

Cause de décès	Femmes			Hommes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	808	866,3	0.93 [0,87-0,99]	1 213	1 293,2	0.94 [0,89-0,99]
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	84	112.4	0.75 [0,59-0,93]	314	345.1	0.91 [0,81-1,02]
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	212	244.5	0.87 [0,75-0,99]	320	352.3	0.91 [0,81-1,01]
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	92	82.7	1.11 [0,90-1,36]	117	101.3	1.16 [0,96-1,38]
Tumeurs de la prostate	-	-	-	116	121.7	0,95 [0,79-1,14]
Maladies de l'appareil circulatoire	942		0.92 [0,86-0,98]	950	1 009,1	0.94 [0,88-1,00]

Nobs : nombre de décès observé ; Natt : nombre de décès attendu ; SMR : ratio standardisé de mortalité ; IC : intervalle de confiance

## Annexe 4. SMR par cause de décès selon le sexe (référence = ex-région Languedoc-Roussillon)

Les tableaux A4-1, A4-2 et A4-3 présentent les ratios standardisés de mortalité (SMR) par cause de décès chez les hommes et chez les femmes, respectivement dans la zone exposée historique et la zone exposée centrale et la zone non exposée par rapport à l'ex-région Languedoc-Roussillon. Les résultats ne figurent dans les tableaux que si un minimum de 5 cas est observé pour la cause de décès, sur la période 2004-2017.

**Tableau A4-1. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone exposée historique, sur la période 2004-2017  
(population de référence : ex-région Languedoc-Roussillon)**

Cause de décès	Femmes			Hommes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	174	171.3	1.02 [0.87-1.18]	249	263.0	0.95 [0.83-1.07]
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	18	21.6	0.83 [0.49-1.32]	67	66.3	1.01 [0.78-1.28]
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	46	48.8	0.94 [0.69-1.26]	62	74.6	0.83 [0.64-1.07]
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	14	15.5	0.90 [0.49-1.53]	16	20.5	0.78 [0.45-1.27]
Tumeurs de la prostate	-			30	25.3	1.18 [0.80-1.69]
Maladies de l'appareil circulatoire	163	204.8	0.80 [0.68-0.93]	171	200.8	0.85 [0.73-0.99]

Nobs : nombre de décès observé ; Natt : nombre de décès attendu ; SMR : ratio standardisé de mortalité ; IC : intervalle de confiance

**Tableau A4-2. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone exposée centrale, sur la période 2004-2017  
(population de référence : ex-région Languedoc-Roussillon)**

Cause de décès	Femmes			Hommes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	118	114.2	1.03 [0.86-1.24]	174	171.3	1.02 [0.87-1.18]
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	12	14.0	0.85 [0.44-1.49]	49	42.9	1.14 [0.84-1.51]
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	32	32.9	0.97 [0.67-1.37]	45	48.5	0.93 [0.68-1.24]
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	10	10.4	0.96 [0.46-1.77]	10	13.3	0.75 [0.36-1.38]
Tumeurs de la prostate	-			20	16.8	1.19 [0.73-1.84]
Maladies de l'appareil circulatoire	126	143.3	0.88 [0.73-1.05]	117	41.1	0.88 [0.73-1.05]

Nobs : nombre de décès observé ; Natt : nombre de décès attendu ; SMR : ratio standardisé de mortalité ; IC : intervalle de confiance

**Tableau A4-3. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone non exposée, sur la période 2004-2017 (population de référence : ex-région Languedoc-Roussillon)**

Cause de décès	Femmes			Hommes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	808	853,4	0.95 [0.88-1.01]	1 213	1 307,2	<b>0.93 [0.88-0.98]</b>
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	84	108,7	<b>0.77 [0.62-0.97]</b>	314	329.8	0.95 [0.85-1.06]
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	212	242.0	0.88 [0.76-1.00]	320	370.4	<b>0.86 [0.77-0.96]</b>
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	92	76.8	1.20 [0.97-1.47]	117	101.6	1.15 [0.95-1.38]
Tumeurs de la prostate	-	-		116	125.5	0.92 [0.76-1.11]
Maladies de l'appareil circulatoire	942	1 007,9	<b>0.93 [0.88-0.99]</b>	950	998.4	0.95 [0.89-1.01]

Nobs : nombre de décès observé ; Natt : nombre de décès attendu ; SMR : ratio standardisé de mortalité ; IC : intervalle de confiance

## Annexe 5. SMR par cause de décès tout sexe confondu (référence = département de l'Aude)

**Tableau A5-1. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, tout sexe confondu, dans la zone exposée (historique et centrale), sur la période 2004-2017 (population de référence : Département de l'Aude)**

Cause de décès	Zone exposée historique			Zone exposée centrale		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	423	434,1	0,97 [0,88-1,07]	292	285,3	1.02 [0,91-1,15]
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	85	91,8	0,93 [0,74-1,15]	61	59,6	1.02 [0,78-1,31]
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	108	120,3	0,90 [0,74-1,08]	77	79,3	0,97 [0,77-1,21]
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	30	37,0	0,81 [0,73-1,16]	20	24,4	0,82 [0,50-1,27]
Tumeurs du foie	19	17,7	1.07 [0,65-1,68]	14	11,6	1.21 [0,66-2,03]
Tumeurs d'autres parties de l'appareil respiratoire et des organes thoraciques excepté le larynx	6	7,2	0,83 [0,30-1,81]	-	-	-
Tumeurs du rein	13	9,0	1.44 [0,77-2,47]	7	5,9	1.19 [0,48-2,45]
Tumeurs urothéliales	17	19,6	0,87 [0,51-1,39]	12	12,9	0,93 [0,48-1,62]
Tumeurs de la vessie	13	15,2	0,86 [0,46-1,47]	9	10,01	0,90 [0,41-1,70]
Maladies de l'appareil circulatoire	334	411,4	<b>0,81 [0,73-0,90]</b>	243	280,7	<b>0,87 [0,76-0,98]</b>
Cardiopathies ischémiques	74	102,3	<b>0,72 [0,57-0,91]</b>	54	68,9	0,78 [0,59-1,02]
Infarctus du myocarde	36	50,0	<b>0,72 [0,50-0,99]</b>	26	33,4	0,78 [0,51-1,14]
Maladies cérébro-vasculaires	69	91,4	<b>0,76 [0,58-0,96]</b>	49	62,3	0,79 [0,58-1,04]
Accidents vasculaires cérébraux	63	86,8	<b>0,73 [0,56-0,93]</b>	44	59,2	<b>0,74 [0,54-0,99]</b>
Maladie de Parkinson	11	12,4	0,88 [0,44-1,58]	9	8,4	1,06 [0,49-2,03]

**Tableau A5-2. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, tout sexe confondu, dans la zone non exposée, sur la période 2004-2017 (population de référence : Département de l'Aude)**

Cause de décès	Zone non exposée		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	2021	2 159,4	<b>0,93 [0,90-0,98]</b>
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	398	457,5	<b>0,87 [0,79-0,96]</b>
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	532	596,8	<b>0,89 [0,82-0,97]</b>
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	209	183,9	1,14 [0,99-1,30]
Tumeurs du foie	75	87,9	0,85 [0,67-1,07]
Tumeurs d'autres parties de l'appareil respiratoire et des organes thoraciques excepté le larynx	25	35,9	0,70 [0,45-1,03]
Tumeurs du rein	48	44,7	1.07 [0,79-1,43]
Tumeurs urothéliales	97	96,7	1,00 [0,81-1,22]
Tumeurs de la vessie	77	74,9	1,02 [0,81-1,28]
Maladies de l'appareil circulatoire	1 892	2 033,8	<b>0,93 [0,89-0,97]</b>
Cardiopathies ischémiques	444	506,8	<b>0,88 [0,80-0,97]</b>
Infarctus du myocarde	200	248,4	<b>0,81 [0,70-0,96]</b>
Maladies cérébro-vasculaires	423	452,1	<b>0,94 [0,85-0,92]</b>
Accidents vasculaires cérébraux	397	429,4	0,92 [0,84-1,03]
Maladie de Parkinson	55	61,6	0,89 [0,67-1,02]

## Annexe 6. SMR par cause de décès tout sexe confondu (référence = ex-région Languedoc-Roussillon)

**Tableau A6-1. Ratios standardisés de mortalité (SMR) par cause de décès, tout sexe confondu, dans la zone exposée (historique et centrale), sur la période 2004-2017 (population de référence : ex-région Languedoc-Roussillon)**

Cause de décès	Zone exposée historique			Zone exposée centrale		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	423	434,2	0.97 [0,88-1.07]	292	285,5	1.02 [0,91-1,15]
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	85	87,9	0,97 [0,77-1.20]	61	56,9	1.07 [0,82-1,38]
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	108	123,5	0,97 [0,72-1,06]	77	81,4	0.95 [0,75-1,18]
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	30	36,0	0,83 [0,56-1,19]	20	23,7	0,84 [0,51-1,30]
Tumeurs du foie	19	19.5	0.97 [0.59-1.52]	14	12.7	1.10 [0.60-1.85]
Tumeurs d'autres parties de l'appareil respiratoire et des organes thoraciques excepté le larynx	6	7.7	0.89 [0.52-1.43]	-	-	-
Tumeurs du rein	13	8.8	1.47 [0.78-2.51]	7	5.8	1.20 [0.48-2.48]
Tumeurs urothéliales	17	19.1	0.89 [0.52-1.43]	12	12.6	0.95 [0.49-1.66]
Tumeurs de la vessie	13	15.6	0.83 [0.44-1.42]	9	10.3	0.87 [0.40-1.65]
Maladies de l'appareil circulatoire	334	405,5	<b>0,82 [0,74-0,92]</b>	243	276,6	<b>0,88 [0,77-0,99]</b>
Cardiopathies ischémiques	74	101,2	<b>0.73 [0.57-0.92]</b>	54	68,0	0.79 [0.60-1.04]
Infarctus du myocarde	36	53,8	<b>0.67 [0.47-0.93]</b>	26	35,9	0.72 [0.47-1.06]
Maladies cérébro-vasculaires	69	90,2	<b>0.76 [0.59-0.97]</b>	49	61,6	0.80 [0.59-1.05]
Accidents vasculaires cérébraux	63	85,2	<b>0.74 [0.57-0.95]</b>	44	58,1	0.76 [0.55-1.02]
Maladie de Parkinson	11	13,8	0.80 [0.40-1.43]	9	9,3	0.96 [0.44-1.83]

**Tableau A6-2. Ratios standardisés de mortalité (SMR) par cause de décès, tout sexe confondu, dans la zone non exposée, sur la période 2004-2017 (population de référence : ex-région Languedoc-Roussillon)**

Cause de décès	Zone non exposée		
	Nobs	Natt	SMR [IC95 %]
Tout cancer	2021	2 160,6	<b>0,94 [0,90-0,98]</b>
Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon	398	438,4	0,91 [0,82-1,00]
Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine	532	612,4	<b>0,87 [0,80-0,95]</b>
Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés	209	178,4	<b>1,17 [1,02-1,34]</b>
Tumeurs du foie	75	96,7	<b>0,78 [0,61-0,97]</b>
Tumeurs d'autres parties de l'appareil respiratoire et des organes thoraciques excepté le larynx	25	38,5	<b>0,65 [0,42-0,96]</b>
Tumeurs du rein	48	43,8	1.10 [0,81-1,45]
Tumeurs urothéliales	97	94,6	1.02 [0,83-1,25]
Tumeurs de la vessie	77	77,5	0.99 [0,78-1,24]
Maladies de l'appareil circulatoire	1 892	2 006,3	<b>0,88 [0,90-0,99]</b>
Cardiopathies ischémiques	444	501,8	<b>0,88 [0,80-0,97]</b>
Infarctus du myocarde	200	267,6	<b>0,75 [0,65-0,86]</b>
Maladies cérébro-vasculaires	423	446,0	0.95 [0,86-1,04]
Accidents vasculaires cérébraux	397	420,7	0.94 [0,85-1,04]
Maladie de Parkinson	55	68,2	0.81 [0,61-1,05]

## Annexe 7. Modèle de régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposées. Tout sexe confondu

**Tableau A7-1. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Tout cancer**

	Tout cancer (ref départementale)		Tout cancer (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 423	Zone exposée centrale Nombre de cas = 292	Zone historique Nombre de cas= 423	Zone exposée centrale Nombre de cas = 292
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.06 [0.93-1.20]	1,11 [0.96-1.30]	1,06 [0.93-1.20]	1.11 [0.96-1.30]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.08 [0.96-1.21]	1,12 [0.97-1.30]	1.08 [0.96-1.21]	1.12 [0.97-1.30]
EDI 2007 (ref quintile 1)				
Q2	1,06 [0.92-1.22]	1,05 [0.90-1.22]	1.06 [0.92-1.21]	1.04 [0.90-1.21]
Q3	1.13 [0.99-1.30]	1.15 [1.00-1.32]	1.13 [0.98-1.29]	1.15 [1.00-1.32]
Q4	0.94 [0.82-1.07]	0.94 [0.82-1.09]	0.93 [0.82-1.07]	0.95 [0.82-1.09]
Q5	1.16 [1.03-1.30]	1.16 [1.03-1.32]	1.16 [1.03-1.30]	1.16 [1.02-1.32]
APL 2013 (ref <43.9 : moyenne de la zone d'étude)	1,12 [1.02-1.24]	1,12 [1.01-1.24]	1.13 [1.02-1.24]	1.12 [1.01-1.25]

**Tableau A7-2. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon**

	Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon (ref départementale)		Tumeur de la trachée, des bronches et du poumon (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 85	Zone exposée centrale Nombre de cas = 61	Zone historique Nombre de cas= 85	Zone exposée centrale Nombre de cas = 61
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1,09 [0.84-1.42]	1.21 [0.89-1.65]	1.09 [0.84-1.42]	1.22 [0.90-1.65]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.13 [0.87-1.46]	1.21 [0.88-1.64]	1.13 [0.87-1.46]	1.21 [0.89-1.65]
EDI 2007 (ref quintile 1)				
Q2	1.27 [0.93-1.73]	1.24 [0.89-1.71]	1.26 [0.93-1.72]	1.23 [0.89-1.71]
Q3	1.30 [0.95-1.73]	1.30 [0.95-1.80]	1.29 [0.94-1.77]	1.30 [0.94-1.79]
Q4	1.02 [0.76-1.38]	1.07 [0.78-1.47]	1.02 [0.75-1.38]	1.07 [0.78-1.46]
Q5	1.63 [1.26-2.12]	1.64 [1.26-2.13]	1.62 [1.25-2.11]	1.63 [1.25-2.12]

**Tableau A7-3. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine**

Cause de décès	Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine (ref départementale)		Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine (ref régionale)	
	Zone historique Nombre de cas= 108	Zone exposée centrale Nombre de cas = 77	Zone historique Nombre de cas= 108	Zone exposée centrale Nombre de cas = 77
Modèle sans cofacteurs	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.01 [0.82-1.24]	1.09 [0.86-1.38]	1.01 [0.82-1.24]	1.09 [0.86-1.38]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

**Tableau A7-4. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Tumeurs du foie**

Cause de décès	Tumeurs du foie (ref départementale)		Tumeurs du foie (ref régionale)	
	Zone historique Nombre de cas= 19	Zone exposée centrale Nombre de cas = 14	Zone historique Nombre de cas= 19	Zone exposée centrale Nombre de cas = 14
Modèle sans cofacteurs	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.26 [0.76-2.08]	1.42 [0.80-2.51]	1.26 [0.76-2.08]	1.42 [0.80-2.51]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

**Tableau A7-5. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Tumeurs du rein**

Cause de décès	Tumeurs du rein (ref départementale)		Tumeurs du rein (ref régionale)	
	Zone historique Nombre de cas= 13	Zone exposée centrale Nombre de cas = 7	Zone historique Nombre de cas= 13	Zone exposée centrale Nombre de cas = 7
Modèle sans cofacteurs	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.34 [0.72-2.49]	1.11 [0.49-2.48]	1.34 [0.72-2.50]	1.10 [0.49-2.48]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

**Tableau A7-6. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Tumeurs urothéliales**

Cause de décès	Tumeurs urothéliales (ref départementale)		Tumeurs urothéliales (ref régionale)	
	Zone historique Nombre de cas= 17	Zone exposée centrale Nombre de cas = 12	Zone historique Nombre de cas= 17	Zone exposée centrale Nombre de cas = 12
Modèle sans cofacteurs	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.87 [0.52-1.45]	0.93 [0.51-1.69]	0.87 [0.52-1.45]	0.93 [0.51-1.69]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

**Tableau A7-7. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Tumeurs de la vessie**

	Tumeurs de la vessie (ref départementale)		Tumeurs de la vessie (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 13	Zone exposée centrale Nombre de cas = 9	Zone historique Nombre de cas= 13	Zone exposée centrale Nombre de cas = 9
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.83 [0.46-1.50]	0.87 [0.44-1.75]	0.84 [0.46-1.50]	0.88 [0.44-1.75]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

**Tableau A7-8. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés**

	Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés (ref départementale)		Tumeurs des tissus lymphoïdes, hématopoïétiques et apparentés (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 30	Zone exposée centrale Nombre de cas = 20	Zone historique Nombre de cas= 30	Zone exposée centrale Nombre de cas = 20
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.72 [0.46-1.11]	0.74 [0.44-1.27]	0.71 [0.46-1.11]	0.74 [.44-1.27]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.79 [0.40-1.25]	0.82 [0.47-1.43]	0.78 [0.50-1.24]	0.82 [0.47-1.42]
Niveau potentiel radon (référence faible = catégorie 1)				
Niveau moyen (catégorie 2)	1.05 [0.66-1.68]	0.96 [0.59-1.65]	1.05 [0.66-1.68]	0.96 [0.58-1.58]
Niveau élevé (catégorie 3)	1.51 [1.03-2.21]	1.48 [1.01-2.19]	1.49 [1.02-2.19]	1.48 [1.01-2.17]

**Tableau A7-9. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Maladies de l'appareil circulatoire**

	Maladies de l'appareil circulatoire (ref départementale)		Maladies de l'appareil circulatoire (ref régionale)	
<b>Cause de décès</b>	Zone historique Nombre de cas= 334	Zone exposée centrale Nombre de cas = 243	Zone historique Nombre de cas= 334	Zone exposée centrale Nombre de cas = 243
<b>Modèle sans cofacteurs</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.90 [0.76-1.08]	0.98 [0.79-1.19]	0.90 [0.76-1.08]	0.97 [0.79-1.19]
<b>Modèle intégrant les cofacteurs</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.90 [0.76-1.08]	0.97 [0.79-1.19]	0.90 [0.76-1.08]	0.97 [0.79-1.19]
EDI 2007 (ref quintile 1)				
Q2	1.14 [0.92-1.42]	1.11 [0.89-1.39]	1.14 [0.92-1.42]	1.11 [0.89-1.39]
Q3	1.09 [0.87-1.36]	1.09 [0.87-1.38]	1.09 [0.87-1.36]	1.09 [0.87-1.37]
Q4	1.15 [0.93-1.41]	1.17 [0.94-1.45]	1.15 [0.93-1.41]	1.17 [0.94-1.45]
Q5	<b>1.31 [1.06-1.62]</b>	<b>1.30 [1.05-1.61]</b>	<b>1.31 [1.06-1.62]</b>	<b>1.30 [1.05-1.61]</b>

**Tableau A7-10. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Cardiopathies ischémiques**

	Cardiopathies ischémiques (ref départementale)		Cardiopathies ischémiques (ref régionale)	
<b>Cause de décès</b>	Zone historique Nombre de cas= 74	Zone exposée centrale Nombre de cas = 54	Zone historique Nombre de cas= 74	Zone exposée centrale Nombre de cas = 54
<b>Modèle sans cofacteurs</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.83 [0.62-1.10]	0.90 [0.65-1.26]	0.83 [0.62-1.10]	0.91 [0.65-1.26]
<b>Modèle intégrant les cofacteurs</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.87 [0.66-1.14]	0.93 [0.68-1.27]	0.87 [0.66-1.14]	0.93 [0.68-1.27]
Cat insee (ref urbain densité interm)				
Rural sous forte influence pole	1.00 [0.70-1.44]	1.17 [0.74-1.84]	1.00 [0.70-1.44]	1.17 [0.74-1.84]
Rural sous faible influence pole	1.20 [0.83-1.74]	1.37 [0.87-2.15]	1.20 [0.83-1.74]	1.37 [0.87-2.14]
Rural autonome peu dense	0.64 [0.41-1.03]	0.74 [0.44-1.25]	0.65 [0.41-1.03]	0.74 [0.44-1.25]
Rural autonome très peu dense	<b>1.85 [1.06-3.26]</b>	<b>1.85 [1.08-3.16]</b>	<b>1.62 [1.01-2.60]</b>	<b>1.85 [1.08-3.16]</b>

Les résultats sont moins stables selon les analyses de sensibilité réalisées. Aussi, ci-dessous un tableau présente les résultats en intégrant le Fdep2009 à la place de l'EDI 2007.

**Tableau A7-11. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Cardiopathies ischémiques Résultats ajustés en analyse de sensibilité avec le Fdep**

Cause de décès	Cardiopathies ischémiques (ref départementale)		Cardiopathies ischémiques (ref régionale)	
	Zone historique Nombre de cas= 74	Zone exposée centrale Nombre de cas = 54	Zone historique Nombre de cas= 74	Zone exposée centrale Nombre de cas = 54
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.75 [0.57-1.00]	0.82 [0.58-1.17]	0.76 [0.56-1.02]	0.93 [0.68-1.27]
Cat insee (ref urbain densité interm)	Non convergent dans le modèle			
Rural sous forte influence pole	-	1.20 [0.75-1.91]	1.04 [0.72-1.50]	1.17 [0.74-1.84]
Rural sous faible influence pole	-	1.24 [0.77-1.99]	1.07 [0.72-1.58]	1.37 [0.87-2.14]
Rural autonome peu dense	-	0.76 [0.44-1.31]	0.68 [0.43-1.10]	0.74 [0.44-1.25]
Rural autonome très peu dense	-	1.76 [1.02-3.04]	1.60 [0.99-2.61]	1.85 [1.08-3.16]
FDep 2009 (ref quintile 1)				Non pertinent dans le modèle
Q2	0.91 [0.61-1.37]	0.83 [0.55-1.24]	0.85 [0.57-1.27]	-
Q3	1.56 [1.39-2.13]	1.28 [0.92-1.79]	1.39 [1.02-1.91]	-
Q4	1.30 [0.96-1.76]	1.16 [0.85-1.59]	1.15 [0.84-1.56]	-
Q5	1.52 [1.13-2.05]	1.32 [0.96-1.81]	1.37 [1.00-1.87]	-

**Tableau A7-12. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Infarctus du myocarde**

Cause de décès	Infarctus du myocarde (ref départementale)		Infarctus du myocarde (ref régionale)	
	Zone historique Nombre de cas= 36	Zone exposée centrale Nombre de cas = 26	Zone historique Nombre de cas= 36	Zone exposée centrale Nombre de cas = 26
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)				
0.89 [0.63-1.27] 0.98 [0.64-1.45] 0.89 [0.63-1.28] 0.97 [0.64-1.46]				
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

**Tableau A7-13. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Maladies cérébro-vasculaires**

	Maladies cérébro-vasculaires (ref départementale)		Maladies cérébro-vasculaires (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 69	Zone exposée centrale Nombre de cas = 49	Zone historique Nombre de cas= 69	Zone exposée centrale Nombre de cas = 49
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.85 [0.63-1.16]	0.90 [0.63-1.30]	0.85 [0.63-1.16]	0.90 [0.63-1.29]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.93 [0.70-1.22]	0.98 [0.70-1.36]	0.93 [0.70-1.22]	0.98 [0.70-1.36]
EDI 2007 (ref quintile 1)				
Q2	1.05 [0.75-1.46]	1.01 [0.71-1.42]	1.04 [0.75-1.45]	1.00 [0.71-1.41]
Q3	1.14 [0.82-1.57]	1.10 [0.79-1.55]	1.13 [0.81-1.58]	1.10 [0.78-1.54]
Q4	1.10 [0.80-1.50]	1.08 [0.78-1.43]	1.09 [0.80-1.49]	1.07 [0.78-1.48]
Q5	1.69 [1.29-2.21]	1.65 [1.26-2.16]	1.68 [1.29-2.20]	1.64 [1.26-2.15]

**Tableau A7-14. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Accidents vasculaires cérébraux**

	Accidents vasculaires cérébraux (ref départementale)		Accidents vasculaires cérébraux (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 63	Zone exposée centrale Nombre de cas = 44	Zone historique Nombre de cas= 63	Zone exposée centrale Nombre de cas = 44
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.83 [0.60-1.14]	0.87 [0.59-1.26]	0.83 [0.60-1.14]	0.86 [0.59-1.26]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.89 [0.66-1.19]	0.91 [0.64-1.30]	0.89 [0.66-1.19]	0.91 [0.64-1.30]
EDI 2007 (ref quintile 1)				
Q2	1.07 [0.76-1.52]	1.04 [0.73-1.49]	1.07 [0.76-1.51]	1.04 [0.72-1.48]
Q3	1.12 [0.77-1.58]	1.08 [0.75-1.55]	1.11 [0.78-1.58]	1.07 [0.75-1.54]
Q4	1.11 [0.80-1.53]	1.08 [0.77-1.52]	1.10 [0.80-1.52]	1.08 [0.77-1.51]
Q5	1.64 [1.22-2.21]	1.59 [1.17-2.17]	1.63 [1.21-2.20]	1.59 [1.17-2.16]

**Tableau A7-15. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, tout sexe confondu, période 2004-2017. Maladie de Parkinson**

	Maladie de Parkinson (ref départementale)		Maladie de Parkinson (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 11	Zone exposée centrale Nombre de cas = 9	Zone historique Nombre de cas= 11	Zone exposée centrale Nombre de cas = 9
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.99 [0.52-1.89]	1.20 [0.59-2.42]	0.99 [0.52-1.89]	1.19 [0.59-2.42]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

## Annexe 8. Modèle de régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée. Selon le sexe

Tableau A8-1. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, Hommes, période 2004-2017. Tout cancer

	Tout cancer (ref départementale)		Tout cancer (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas=249	Zone exposée centrale Nombre de cas = 174	Zone historique Nombre de cas= 249	Zone exposée centrale Nombre de cas = 174
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.03 [0.89-1.19]	1.11 [0.93-1.32]	1.03 [0.89-1.19]	1.11 [0.93-1.32]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.03 [0.89-1.20]		1.03 [0.89-1.20]	
EDI 2007 (ref quintile 1)		Non convergent		Non convergent
Q2	1.15 [0.96-1.37]	-	1.15 [0.96-1.37]	-
Q3	1.13 [0.95-1.36]	-	1.13 [0.95-1.36]	-
Q4	1.08 [0.91-1.27]	-	1.08 [0.91-1.27]	-
Q5	1.29 [1.11-1.50]	-	1.29 [1.11-1.50]	-

Tableau A8-2. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, Hommes, période 2004-2017. Tumeurs de la trachée, des bronches et du poumon

	Tumeurs de la trachée, des bronches et du poumon (ref départementale)		Tumeurs de la trachée, des bronches et du poumon (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 67	Zone exposée centrale Nombre de cas =49	Zone historique Nombre de cas=67	Zone exposée centrale Nombre de cas = 49
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.09 [0.82-1.46]	1.26 [0.90-1.76]	1.09 [0.82-1.46]	1.26 [0.90-1.76]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.08 [0.81-1.44]	1.20 [0.85-1.69]	1.08 [0.81-1.44]	1.20 [0.85-1.69]
EDI 2007 (ref quintile 1)				
Q2	1.41 [0.99-2.01]	1.35 [0.93-1.96]	1.41 [0.99-2.01]	1.35 [0.93-1.96]
Q3	1.23 [0.85-1.78]	1.26 [0.87-1.84]	1.23 [0.85-1.78]	1.26 [0.87-1.84]
Q4	1.25 [0.89-1.75]	1.29 [0.91-1.83]	1.25 [0.89-1.75]	1.29 [0.91-1.83]
Q5	1.81 [1.34-2.45]	1.81 [1.34-2.45]	1.81 [1.34-2.45]	1.81 [1.34-2.45]

**Tableau A8-3. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, Hommes, période 2004-2017. Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine**

	Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine (ref départementale)		Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 62	Zone exposée centrale Nombre de cas =45	Zone historique Nombre de cas=62	Zone exposée centrale Nombre de cas = 45
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.96 [0.73-1.26]	1.07 [0.79-1.47]	0.96 [0.73-1.26]	1.07 [0.79-1.47]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

**Tableau A8-4. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, Hommes, période 2004-2017. Tumeurs de la prostate**

	Tumeurs de la prostate (ref départementale)		Tumeurs de la prostate (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 30	Zone exposée centrale Nombre de cas = 20	Zone historique Nombre de cas=30	Zone exposée centrale Nombre de cas =20
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.27 [0.84-1.93]	1.28 [0.79-2.08]	1.27 [0.84-1.92]	1.28 [0.79-2.08]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

**Tableau A8-5. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, Hommes, période 2004-2017. Maladies de l'appareil circulatoire**

	Maladies de l'appareil circulatoire (ref départementale)		Maladies de l'appareil circulatoire (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 171	Zone exposée centrale Nombre de cas = 117	Zone historique Nombre de cas=171	Zone exposée centrale Nombre de cas =117
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.92 [0.75-1.13]	0.96 (0.75-1.22)	0.92 [0.75-1.13]	0.96 [0.75-1.22]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.93 [0.76-1.13]	0.95 [0.74-1.21]	0.93 [0.76-1.13]	0.95 [0.74-1.21]
EDI 2007 (ref quintile 1)				
Q2	1.18 [0.93-1.48]	1.15 [0.90-1.48]	1.18 [0.93-1.48]	1.16 [0.91-1.48]
Q3	1.14 [0.90-1.45]	1.10 [0.86-1.42]	1.14 [0.90-1.45]	1.10 [0.85-1.41]
Q4	1.13 [0.90-1.41]	1.13 (0.89-1.44)	1.13 [0.90-1.41]	1.13 [0.89-1.44]
Q5	1.36 [1.09-1.69]	1.34 [1.07-1.68]	1.36 [1.09-1.69]	1.34 [1.07-1.68]

**Tableau A8-6. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, Femmes, période 2004-2017. Tout cancer**

	Tout cancer (ref départementale)		Tout cancer (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas=174	Zone exposée centrale Nombre de cas = 118	Zone historique Nombre de cas=174	Zone exposée centrale Nombre de cas = 118
Modèle sans cofacteurs	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.09 [0.88-1.35]	1.09 [0.84-1.41]	1.09 [0.88-1.35]	1.09 [0.84-1.41]
Modèle intégrant les cofacteurs	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.16 [0.97-1.40]	1.15 [0.91-1.44]	1.16 [0.97-1.40]	1.15 [0.91-1.44]
APL 2013 (ref <43.9 : moyenne de la zone d'étude)	<b>1.42 [1.20-1.68]</b>	<b>1.38 [1.17-1.65]</b>	<b>1.42 [1.20-1.68]</b>	<b>1.38 [1.17-1.65]</b>
EDI 2007 (ref quintile 1)				
Q2	0.91 [0.73-1.13]	0.93 [0.74-1.17]	0.91 [0.73-1.13]	0.93 [0.74-1.17]
Q3	1.10 [0.89-1.36]	1.14 [0.91-1.41]	1.10 [0.89-1.36]	1.14 [0.91-1.41]
Q4	<b>0.74 [0.60-0.91]</b>	<b>0.74 [0.59-0.93]</b>	<b>0.74 [0.60-0.91]</b>	<b>0.74 [0.59-0.93]</b>
Q5	0.96 [0.80-1.16]	0.98 [0.81-1.19]	0.96 [0.80-1.16]	0.98 [0.81-1.19]

**Tableau A8-7. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposée, Femmes, période 2004-2017. Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine**

	Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine (ref départementale)		Tumeurs malignes des organes digestifs et du péritoine (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 46	Zone exposée centrale Nombre de cas =32	Zone historique Nombre de cas=46	Zone exposée centrale Nombre de cas = 32
Modèle sans cofacteurs	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.08 [0.78-1.48]	1.11 [0.77-1.61]	1.08 [0.78-1.48]	1.11 [0.77-1.61]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

**Tableau A8-8. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposée et non exposée, Femmes, période 2004-2017. Maladies de l'appareil circulatoire**

	Maladies de l'appareil circulatoire (ref départementale)		Maladies de l'appareil circulatoire (ref régionale)	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 163	Zone exposée centrale Nombre de cas = 126	Zone historique Nombre de cas= 163	Zone exposée centrale Nombre de cas = 126
Modèle sans cofacteurs	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>	<b>RAPPORT DE SMR [IC95 %]</b>
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.87 [0.69-1.10]	0.98 [0.75-1.27]	0.87 [0.69-1.10]	0.98 [0.75-1.27]
Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)				

## Annexe 9. Modèle de régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposées. Deux périodes de temps

Tableau A9-1. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposées, selon la période. Tout cancer

	Tout cancer (ref départementale) 2004-2010		Tout cancer (ref départementale) 2011-2017	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 195	Zone exposée centrale Nombre de cas = 133	Zone historique Nombre de cas= 228	Zone exposée centrale Nombre de cas = 159
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.05 [0.89-1.25]	1.12 [0.91-1.37]	1.05 [0.90-1.22]	1.10 [0.92-1.32]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.08 [0.91-1.28]	1.12 [0.91-1.39]	1.04 [0.90-1.21]	1.11 [0.93-1.32]
EDI 2007 (ref quintile 1)			Non pertinent dans le modèle	
Q2	1.11 [0.90-1.36]	1.11 [0.89-1.38]	Non pertinent dans le modèle	
Q3	1.19 [0.98-1.46]	1.26 [1.02-1.55]		
Q4	1.00 [0.83-1.22]	1.02 [0.83-1.25]		
Q5	1.28 [1.07-1.53]	1.30 [1.09-1.57]		
APL 2013 (ref <43.9 : moyenne de la zone d'étude)	Non pertinent dans le modèle		1.14 ]1.00-1.31]	1.16 [1.02-1.33]

Tableau A9-2. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées et non exposées, selon la période. Tout cancer

	Tout cancer (ref régionale) 2004-2010		Tout cancer (ref régionale) 2011-2017	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas= 195	Zone exposée centrale Nombre de cas = 133	Zone historique Nombre de cas= 228	Zone exposée centrale Nombre de cas = 159
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.05 [0.89-1.25]	1.11 [0.91-1.37]	1.05 [0.90-1.22]	1.10 [0.92-1.32]
Modèle intégrant les cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	
Zone exposée (ref : zone non exposée)	1.08 [0.91-1.29]	1.12 [0.91-1.39]	1.04 [0.90-1.20]	1.11 [0.93-1.32]
EDI 2007 (ref quintile 1)			Non pertinent dans le modèle	
Q2	1.10 [0.90-1.35]	1.11 [0.89-1.38]	Non pertinent dans le modèle	
Q3	1.19 [0.97-1.46]	1.25 [1.02-1.55]		
Q4	1.00 [0.83-1.22]	1.02 [0.83-1.25]		
Q5	1.28 [1.07-1.53]	1.30 [1.08-1.56]		
APL 2013 (ref <43.9 : moyenne de la zone d'étude)	Non pertinent dans le modèle		1.14 ]1.00-1.30]	1.16 [1.02-1.33]

**Tableau A9-3. Résultats de la régression binomiale négative pour la comparaison des zones exposées historiques et non exposée, par période. Maladies de l'appareil circulatoire**

	Maladies de l'appareil circulatoire (ref régionale) 2004-2010		Maladies de l'appareil circulatoire (ref régionale) 2011-2017	
Cause de décès	Zone historique Nombre de cas=157	Zone exposée centrale Nombre de cas = 112	Zone historique Nombre de cas= 177	Zone exposée centrale Nombre de cas = 131
Modèle sans cofacteurs	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)	0.83 [0.68-1.02]	0.88 [0.70-1.13]	0.97 [0.76-1.24]	1.04 [0.79-1.37]
Modèle intégrant les cofacteurs			RAPPORT DE SMR [IC95 %]	RAPPORT DE SMR [IC95 %]
Zone exposée (ref : zone non exposée)			0.94 [0.74-1.20]	1.00 [0.76-1.32]
EDI 2007 (ref quintile 1)	Pas de modèle plus pertinent intégrant les cofacteurs retenus (EDI2007, degré de ruralité, APL2013, surface utile en viticulture, le potentiel radon)			
Q2			1.34 [0.99-1.80]	1.33 [0.98-1.80]
Q3			1.14 [0.83-1.55]	1.15 [0.84-1.58]
Q4			1.37 [1.03-1.82]	1.44 [1.08-1.93]
Q5			1.53 [1.15-2.04]	1.55 [1.16-2.07]

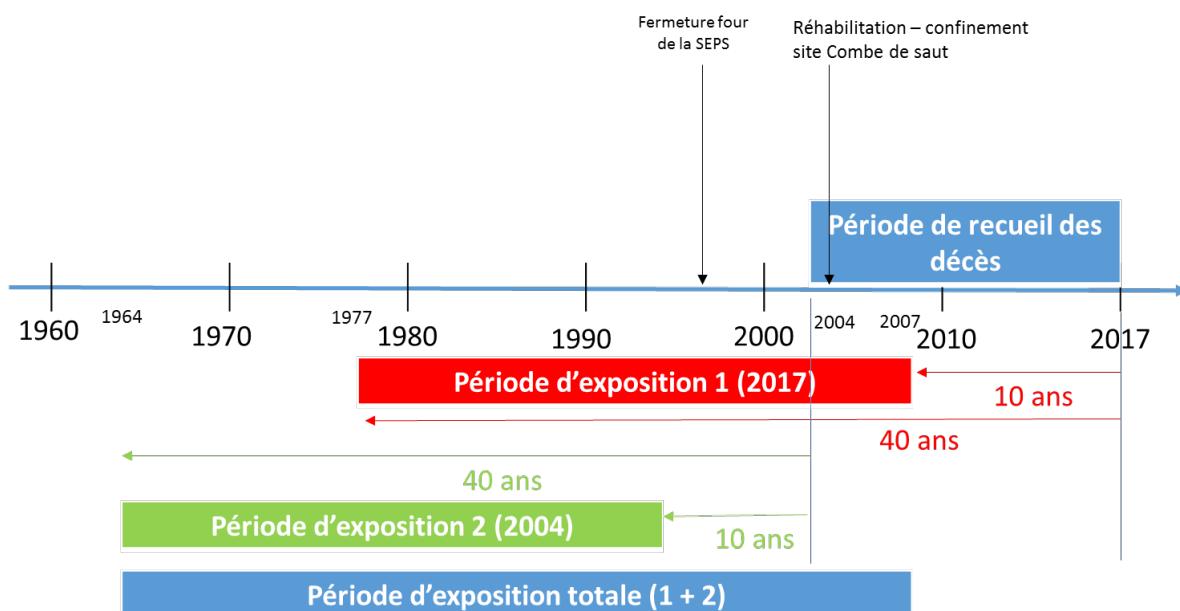
## Annexe 10. Évaluation de la période d'exposition pour les cancers

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 cancer<sup>j</sup>. 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 ans<sup>k</sup>.

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 A-10-1. Définition de la période d'exposition**



**Citation suggérée :** Étude de mortalité dans les communes de la vallée de l'Orbiel, période 2004-2017 : cancers, maladies de l'appareil circulatoire et maladie de Parkinson. Saint-Maurice : Santé publique France, 2024. 58 p. [www.santepubliquefrance.fr](http://www.santepubliquefrance.fr)

ISSN : 2609-2174 / ISBN-NET : 979-10-289-0954-3 / RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE / DÉPÔT LÉGAL : DÉCEMBRE 2024

<sup>j</sup>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. 271p.

<sup>k</sup>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): djx201