

VEILLE
ET SURVEILLANCE
EN RÉGION

JUILLET 2022



ÉTUDES ET ENQUÊTES

**ÉTUDE DE MORTALITÉ AUTOUR DES
SITES INDUSTRIELS D'ALTÉO GARDANNE**

Résumé

Étude de mortalité autour des sites industriels d'Altéo Gardanne

En réponse à une saisine de la Direction générale de la Santé et de la Direction générale du Travail relative à la pertinence de la mise en place d'une étude épidémiologique autour de l'usine d'alumine de Gardanne concernant la santé des riverains et des travailleurs, Santé publique France a engagé deux premières études au cours de l'année 2018 : une étude des attentes et du contexte local et une étude de mortalité. Ce rapport présente les résultats de l'étude de mortalité.

Les objectifs de l'étude étaient d'analyser le risque de mortalité toutes causes hors morts violentes et pour certaines causes spécifiques de la population résidant dans les communes exposées aux émissions des sites d'Altéo par rapport à la population du reste du Bassin minier de Provence ainsi que de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les zones d'étude ont été définies par rapport à l'exposition aux émissions atmosphériques des sites d'Altéo, en concertation avec un comité d'interface local.

Les analyses ont été effectuées séparément chez les hommes et les femmes en prenant en compte la cause initiale de décès. La comparaison de la mortalité globale entre la zone exposée et la zone non exposée sur la période 1968-2015 a été effectuée en utilisant la méthode de standardisation directe selon l'âge. Sur la période 2006-2015, une standardisation indirecte selon l'âge a été utilisée pour comparer la mortalité globale et par causes spécifiques dans les zones exposées et non exposées au niveau régional en prenant en compte la dispersion des données de mortalité. L'analyse du risque de mortalité dans la zone exposée par rapport à la zone considérée comme non exposée sur la période 2006-2015 a été réalisée en prenant en compte des facteurs de confusion potentiels (indice de désavantage social et degré de densité de population) à l'aide d'une régression de quasi-Poisson.

Sur la période 1968-2015, les résultats de cette étude montrent qu'il existait dans la zone exposée aux sites industriels d'Altéo une mortalité globale hors morts violentes supérieure à celle de la zone non exposée jusqu'à la période 1987-1995, que ce soit chez les hommes ou chez les femmes. Depuis les années 90, la mortalité est comparable entre les zones et avec la région.

Sur la décennie 2006-2015, pour la plupart des causes spécifiques de décès étudiées, il n'a pas été mis en évidence de différence significative de mortalité entre les zones et avec la région Paca. Le principal résultat significatif concerne la surmortalité pour la maladie d'Alzheimer observée sur les zones exposées et non exposées chez les femmes en comparaison avec le niveau régional mais sans distinction statistiquement significative entre les zones.

Pour rappel, les analyses spatiales de mortalité ne permettent pas formellement d'attribuer la mortalité observée à un ou des facteurs particuliers dont la pollution en général et la pollution émise par les sites d'Altéo en particulier.

Santé publique France se propose de renouveler cette étude de mortalité dans un délai de cinq ans minimum dans un but de surveillance de ces indicateurs de mortalité.

MOTS CLÉS : MORTALITÉ, SANTÉ ENVIRONNEMENTALE, ÉPIDÉMIOLOGIE

Citation suggérée : Mandereau-Bruno L, Lasalle JL. *Étude de mortalité autour des sites industriels d'Altéo Gardanne*. Saint-Maurice : Santé publique France, 2022. 51 p. Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr

ISSN : 2609-2174 - ISBN-NET : 979-10-289-0766-2 - RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE - DÉPÔT LÉGAL : JUILLET 2022.

Abstract

Mortality study around the industrial sites of Alteo Gardanne

In 2018, the French National Public Health Agency, Santé publique France, carried on two epidemiological studies related to the Gardanne Alumina factory, in response to the referral of the General Directorate of Health and the General Directorate of Labour regarding the relevance of carrying of an epidemiological study concerning the health of residents and workers. One studied the local context and expectations of the local population and the second studied mortality. This following report presents the results of the mortality study around Altéo industrial sites in Gardanne.

The study objectives were to analyze the risk of all causes of mortality, excluding violent deaths and some specific causes of deaths, of residents living in the area exposed to Altéo industrial air emissions in comparison to residents living in the rest of the Provence mineral field and the Provence-Alpes-Côte d'Azur region. Study areas were defined in coordination with the local interface committee and according to exposures to air emissions from Altéo industrial sites.

Analysis were carried separately for men and women, taking into account the initial cause of death. Direct standardization according to age was used to compare the global mortality between the exposed area and the non-exposed area on the period 1968-2015. On the period 2006-2015, indirect standardization according to age was applied to compare the global mortality and the specific causes of mortality between the areas (exposed and non-exposed) and the regional level, taking into account mortality data dispersion. The analysis of the risk of mortality between the exposed area and the non-exposed area over the period 2006-2015 was carried taking into account potential confounding factors (social disadvantage index and degree of population density) by using a quasi-Poisson regression.

On the period 1968-2015, the study results identified a higher global mortality, excluding violent deaths, in men and women, in the area exposed to Altéo industrial air emissions compared to the non-exposed area until the period 1987-1995. From the 90's, mortality is similar between exposed and non-exposed areas and with the region.

Between 2006 and 2015, no significant differences of mortality between the areas (exposed and non-exposed) and the regional level was identified for most of the specific causes of death studied. The main significant result is a higher mortality observed for deaths related to Alzheimer disease in women for both areas (exposed and non-exposed) comparing to the region. However, no statistical difference was observed between exposed and non-exposed areas.

It is important to note that spatial analysis do not formally allow to relate an observed mortality to one or several factors such as pollution in general or pollution specifically emitted by Altéo industrial sites.

Santé publique France propose to renew this mortality study in a timeframe of minimum 5 years in order to follow the above mortality indicators.

KEY WORDS: MORTALITY, ENVIRONMENTAL HEALTH, EPIDEMIOLOGY

Auteurs

Laurence Mandereau-Bruno

Direction Appui, Traitements et Analyses de données, Unité « Applications, big data et surveillance syndromique », Santé publique France

Jean-Luc Lasalle

Direction des régions, Cellule Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse, Santé publique France

Contributeurs

Candice Roudier

Direction Santé Environnement Travail, Unité « Qualité des milieux de vie et du travail et santé des populations », Santé publique France

Relecteur externe

Grégoire Rey

Directeur du Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (Inserm)

Remerciements

Pour leur collaboration à :

Guillaume Heuzé et Lauriane Ramalli, Direction des régions, Cellule Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse, Santé publique France

Pour leurs précieux conseils à :

Laure Carcaillon-Bentata

Direction des maladies non transmissibles et traumatismes, Unité « Traumatismes et avancée en âge », Santé publique France

Frédéric Moisan

Direction Santé Environnement Travail, Unité « Qualité des milieux de vie et du travail et santé des populations », Santé publique France

Abréviations

ALD	Affection longue durée
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARS	Agence régionale de santé
BNA	Banque nationale Alzheimer
CépiDc	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (Inserm)
CIM	Classification internationale des maladies
CMF	<i>Comparative mortality figure</i>
CSP	Catégorie socioprofessionnelle
CSS	Commission de suivi de site
CSP	Catégories socio-professionnelles
DGPR	Direction générale de la prévention des risques
DGS	Direction générale de la Santé
DGT	Direction générale du Travail
Fdep	<i>French deprivation index</i>
IC	Intervalle de confiance
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale
OHM-BMP	Observatoire homme-milieu - Bassin minier de Provence
OMS	Organisation mondiale de la santé
Paca	Provence-Alpes-Côte d'Azur
PM10	Particule en suspension de diamètre inférieur à 10 µm
PM2,5	Particule en suspension de diamètre inférieur à 2,5 µm
RR	Risque relatif
SMR	Ratio standardisé de mortalité
SNDS	Système national des données de santé
ZAU	Zonage en aires urbaines

Sommaire

Résumé	2
Abstract.....	3
Auteurs, contributeurs, relecteur externe, remerciements	4
Abréviations	5
1. CONTEXTE	8
1.1. Contexte environnemental.....	8
1.2. Études mises en place	9
1.3. Contexte juridique	10
1.4. Contexte de la saisine de 2017	11
2. GOUVERNANCE.....	12
3. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	12
4. MATÉRIEL ET MÉTHODES	13
4.1. Zone et période d'étude	13
4.1.1. Zone d'étude	13
4.1.2. Zone de référence.....	14
4.1.3. Période d'étude.....	14
4.2. Sources des données.....	14
4.2.1. Données de mortalité	14
4.2.2. Données démographiques	15
4.3. Facteurs de confusion	16
4.4. Analyse des données.....	16
4.4.1. Évolution de la mortalité globale sur la période 1968-2015	17
4.4.2. Comparaison de la mortalité dans les 2 zones à celle de la région Paca	17
4.4.3. Comparaison de la mortalité entre la zone exposée et la zone non exposée	18
5. RÉSULTATS	19
5.1. Évolution de la mortalité globale sur la période 1968-2015.....	19
5.2. Analyse de la mortalité sur la période 2006-2015.....	21
5.2.1. Nombre de décès.....	21
5.2.2. Comparaison de la mortalité dans les 2 zones à celle de la région Paca	22
5.2.3. Comparaison de la mortalité entre les zones exposée et non exposée	25
6. DISCUSSION - CONCLUSION.....	27
6.1. Rappel des résultats principaux et discussion	27
6.2. Avantages et limites de l'étude	28
6.3. Conclusion.....	30
Références bibliographiques	31
Annexe 1 / Effectifs de population des communes du bassin minier de Provence en 2015	33
Annexe 2 / Polluants et pathologies retenues dans l'étude	34
Annexe 3 / Évolution des caractéristiques démographiques dans les zones d'étude	37
Annexe 4 / Indice territorial de désavantage social (Fdep) en 2009 et degré de densité de population en 2011 des communes du bassin minier de Provence	42

Annexe 5 / Comparaison de la mortalité toutes causes hors morts violentes dans les zones exposée et non exposée par rapport à la région Paca, 1968-2015.....	44
Annexe 6 / Modèle de quasi-poisson pour la comparaison des zones exposée et non exposée chez les hommes.....	45
Annexe 7 / Modèle de quasi-poisson pour la comparaison des zones exposée et non exposée chez les femmes.....	47
Annexe 8 / Évolution chez les hommes et chez les femmes de la mortalité prématurée toutes causes hors morts violentes, 1968-2015	49
Annexe 9 / SMR par cause de décès dans la zone exposée, 2006-2015 (référence : France métropolitaine)	50
Annexe 10 / SMR par cause de décès dans la zone non exposée, 2006-2015 (référence : France métropolitaine).....	51

1. CONTEXTE

1.1. Contexte environnemental

L'usine de production d'alumine, actuellement exploitée par la société Altéo, a été implantée en 1893 par la société Pechiney à Gardanne, commune des Bouches-du-Rhône située à une vingtaine de kilomètres au nord-est de Marseille et à une dizaine de kilomètres au sud d'Aix-en-Provence (figure 1).

Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude

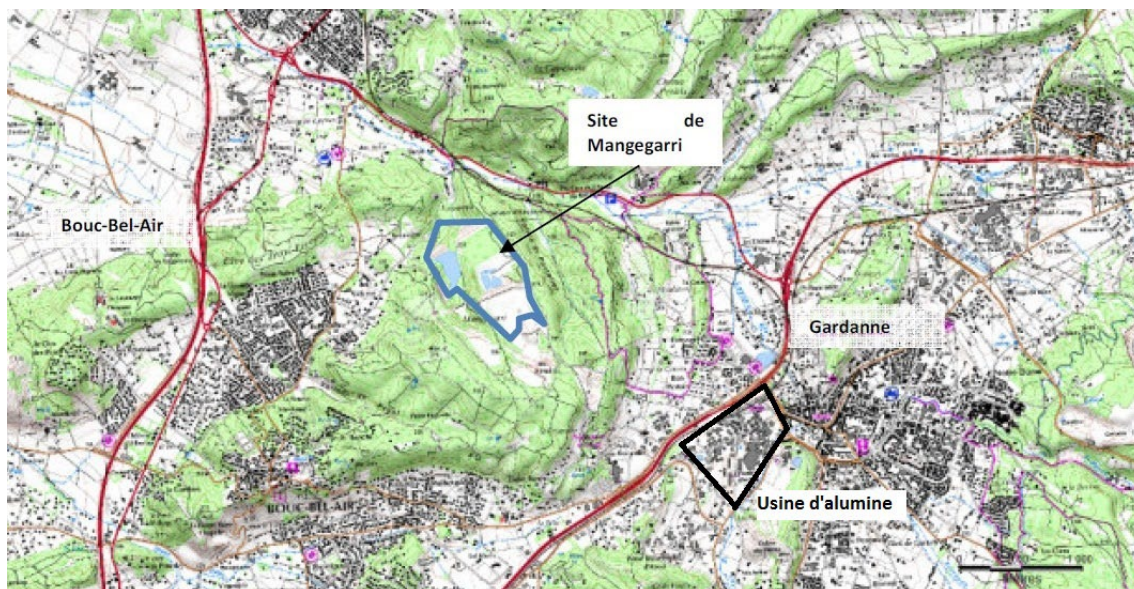


Source : Observatoire homme-milieu du bassin minier de Provence

Jusqu'en 1965, les résidus de traitement de la bauxite étaient stockés sous forme de boues liquides dans des bassins de rétention sur le site de Mange-Garri, situé à environ 2 kilomètres au nord-ouest de l'usine sur la commune de Bouc-Bel-Air (figure 2). À partir de 1966, les résidus ont été rejetés dans la mer Méditerranée au large de la calanque de Sormiou (commune de Cassis). Afin de respecter la convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution, des filtres- presses ont été progressivement installés (en 2006 sur le site de Gardanne et en 2014 et 2015 sur le site de Mange-Garri). Depuis le 31 décembre 2015, les rejets solides de l'usine sont en totalité stockés sur le site de Mange-Garri.

Sur cette zone géographique, située sur l'ancien bassin minier de Provence qui a vu la fermeture de son dernier puits en 2003, sont aussi implantés d'autres sites industriels (cimenterie, centrale thermique à charbon, carrières, centre d'enfouissement technique de déchets ménagers). Une centrale thermique à biomasse, installée à partir de la 4^e unité de la centrale thermique est également en projet. C'est une zone où se développe également l'urbanisation dans le cadre de la métropole Aix-Marseille associée aux problèmes des transports.

Figure 2. Situation des sites d'Altéo Gardanne



Source : AnteaGroup

1.2. Études mises en place

Ces récentes évolutions ont ranimé les inquiétudes relatives à l'impact environnemental et sanitaire de ces rejets, en raison d'une part de la gestion des sites d'Altéo (stockage de Mange-Garri et usine de Gardanne) ainsi que des rejets en mer (une dérogation aux valeurs limites imposées par l'arrêté préfectoral ayant été donnée à l'industriel pour 6 paramètres), et, d'autre part, de la centrale de biomasse en raison des envois de poussières qui pourraient augmenter du fait du changement de combustible et de l'augmentation du trafic de camions.

Ce territoire a ainsi fait l'objet de différentes études réalisées au cours des dernières années^a.

Suite à des plaintes de riverains du site de stockage de Mange-Garri faisant état de nombreuses pathologies dans le voisinage du site, l'Agence régionale de santé (ARS) Provence-Alpes-Côte d'Azur (Paca) a sollicité en avril 2015 l'avis de la Cellule de Santé publique France en région Paca et en Corse afin qu'elle investigue cette situation et qu'elle statue sur l'opportunité de mettre en place une surveillance sanitaire. Dans le même temps, le maire de Bouc-Bel-Air avait fait part de ses inquiétudes à la ministre de la santé en lui demandant la mise en place d'une étude épidémiologique.

L'investigation mise en place par Santé publique France Paca-Corse [1] impliquant des riverains du site et les médecins généralistes et pneumologues de la commune de Bouc-Bel-Air n'avait pas pu confirmer l'existence d'un agrégat spatio-temporel de maladies non infectieuses. L'étude avait toutefois permis de noter que la situation était source de préoccupations et de gênes pour les riverains du site. Dans certaines conditions météorologiques, l'envol de poussières pouvait être plus important et être la cause d'irritations oculaires ou respiratoires signalées par les plaignants et quelques répondants.

En juin 2016, à la demande de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), une étude a été conduite par l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) [2] autour du site de Mange-Garri afin d'évaluer de manière simplifiée les risques sanitaires concernant les volets air et sols. Les résultats, publiés en janvier 2017, ont conclu qu'un risque sanitaire ne pouvait être exclu en lien avec l'exposition à l'aluminium, à l'arsenic et au plomb mais qu'il n'était pas possible de discriminer la contribution spécifique, historique ou actuelle, de

^a Toutes ces études ne sont pas détaillées dans ce rapport. Se reporter au rapport de Santé publique France Paca-Corse [1] pour obtenir plus de détails.

l'exploitation industrielle du site de stockage de Mange-Garri, et ce au vu du contexte géologique particulier de la région mais également en considérant les autres activités industrielles et les autres sources anthropiques locales.

Depuis sa création en 2007, l'Observatoire homme-milieu du bassin minier de Provence (OHM-BMP) a également mené de nombreux programmes de recherche pluridisciplinaire sur ce territoire.

Une campagne de prélèvements de particules fines et sédimentables a ainsi été mise en place en 2010 et 2011 dans plusieurs communes présentant des spécificités en termes de sources de pollution atmosphérique : Bouc-Bel-Air (carrière), Meyreuil (centrale à charbon), Gardanne (usine d'alumine), Fuveau (site sous l'influence du trafic routier) et Trets (site urbain). Les résultats [3] ont montré que le flux de particules sédimentables était nettement plus important à Gardanne. En termes de fraction massique, les poussières contenaient plus d'aluminium, de fer, de chrome et de vanadium que celles issues des autres sites. Concernant les particules en suspension, les résultats étaient moins discriminants. En été, les concentrations en PM10^b étaient proches de l'objectif de qualité (30 µg/m³) sur tous les sites sauf le site urbain où elles étaient plus faibles (20 µg/m³). Ces concentrations étaient globalement stables entre l'été et l'hiver autour des sites industriels et augmentaient l'hiver sur les sites urbains (de 20 à 32 µg/m³) et à proximité du trafic (de 31 à 38 µg/m³). Les concentrations en PM2,5² étaient similaires sur tous les sites en été et comparables au niveau enregistré à Aix-en-Provence. Elles étaient plus élevées en hiver (tendance très souvent observée pour les sites urbains du réseau AtmoSud), surtout à Gardanne, Fuveau et Trets. À l'occasion de cette campagne de prélèvements, des tests de génotoxicité ont aussi été réalisés sur les PM2,5. Les résultats montraient que les PM2,5 issues des phénomènes de combustion (centrale thermique, trafic routier, site urbain) étaient plus génotoxiques que celles produites par les industries minérales (carrière, usine d'alumine) [4].

L'OHM-BMP a aussi réalisé une enquête de perception de la qualité de l'air par les populations riveraines des sites industriels de la zone du bassin minier [3], plus particulièrement dans les communes de Bouc-Bel-Air, Gardanne, Meyreuil et Trets, cette dernière commune étant considérée comme moins exposée aux pollutions industrielles. Les principaux résultats de cette enquête montraient que le bassin minier était considéré comme une région polluée. À Gardanne, la pollution était associée aux poussières (particulièrement les poussières rouges qui recouvrent le paysage) et à l'odeur qui constituait la principale représentation des habitants des autres communes. Les populations établissaient un lien entre la pollution et la santé, plus particulièrement une augmentation des allergies.

En septembre 2016, le maire de Gardanne a demandé au préfet des Bouches-du-Rhône que les études épidémiologiques soient étendues aux populations vivant autour de l'usine d'alumine.

1.3. Contexte juridique

Après différents recours d'associations au cours de l'année 2016 contre l'arrêté préfectoral du 28 décembre 2015 autorisant Altéo Gardanne à apporter des modifications à l'exploitation de son usine de fabrication d'alumine, le tribunal administratif de Marseille a décidé en juillet 2018 de ramener la durée de la dérogation accordée concernant les valeurs d'émission en mer de certains paramètres au 31 décembre 2019 au lieu du 31 décembre 2021. Il a, de plus, demandé la réalisation d'un complément à l'étude d'impact incluant l'usine d'alumine de Gardanne et le site de Mange-Garri.

Plusieurs associations ont déposé une plainte contre l'État français en janvier 2017 devant la commission européenne concernant les pollutions atmosphérique et marine engendrées par Altéo Gardanne. L'instruction est toujours en cours.

^b PM10 : Particule en suspension de diamètre inférieur à 10 µm - PM2,5 : Particule en suspension de diamètre inférieur à 2,5 µm.

À la suite de l'épisode de vent violent du 8 avril 2018, qui a soulevé des nuages de poussières rouges en provenance du site de stockage ayant recouvert des habitations ainsi qu'une école, le maire de Bouc-Bel-Air a porté plainte pour pollution contre Altéo. Des riverains et une association de défense de l'environnement ont également porté plainte contre X pour mise en danger de la vie d'autrui. Après cette plainte, une information judiciaire a été ouverte en mars 2019 par le pôle santé du tribunal de grande instance de Marseille pour infraction à la législation sur les installations classées.

De son côté, Altéo a porté plainte le 28 février 2019 pour vol de minerais de bauxite contre des militants de l'association ZEA qui avaient déversé ces résidus devant le ministère de la Transition écologique à Paris.

1.4. Contexte de la saisine de 2017

En février 2017, la Direction générale de la Santé (DGS) et la Direction générale du Travail (DGT) ont saisi Santé publique France pour mener une réflexion sur la pertinence de la mise en place d'une étude épidémiologique autour de l'usine d'alumine de Gardanne concernant la santé des riverains et des travailleurs. Des propositions d'études ont été présentées lors de la commission de suivi de site (CSS) spécialisée Terre d'Altéo Gardanne le 16 novembre 2017 et il a été décidé de mener au cours de l'année 2018 :

- une étude des attentes et du contexte local ;
- une étude de mortalité.

Ce rapport présente les résultats de l'étude de mortalité, l'autre étude faisant l'objet d'un rapport distinct [5].

2. GOUVERNANCE

L'ensemble des études de santé menées autour du site d'Altéo Gardanne dans le cadre de la saisine de la DGS et de la DGT de février 2017 est placé sous la responsabilité de Santé publique France.

L'ensemble du dispositif est piloté par Jean-Luc Lasalle, épidémiologiste à la Cellule régionale de Santé publique France en région Paca et en Corse.

Concernant l'étude de mortalité, une équipe projet, interne à Santé publique France a été mise en place. Elle était composée de :

- Laurence Mandereau-Bruno, Direction Appui, Traitements et Analyses de données - Unité « Applications, big data et surveillance syndromique » ;
- Jean-Luc Lasalle, Direction des régions – Cellule régionale Paca-Corse ;
- Candice Roudier, Direction Santé Environnement Travail - Unité « Qualité des milieux de vie et du travail et santé des populations».

Un comité d'interface, commun à l'ensemble des études, a été constitué par le Sous-préfet d'Aix-en-Provence. Il est composé de membres de la commission de suivi de site d'Altéo spécialisée «Terre» : représentants de l'administration, des collectivités territoriales, de riverains et associations, des salariés, des exploitants et de personnes qualifiées. Il a été consulté lors de l'élaboration du protocole de l'étude et a permis d'échanger des informations en toute transparence sur les avancées des différents travaux, d'assurer la communication entre les parties prenantes et la préparation à la communication externe.

3. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Il s'agit d'une étude épidémiologique descriptive de type écologique, fondée sur l'analyse des données de mortalité.

Les objectifs étaient de :

- comparer la mortalité, toutes causes et pour certaines causes spécifiques, de la population résidant dans les communes exposées aux émissions des sites d'Altéo (usine et site de stockage) par rapport à la mortalité de la population d'une zone de référence ;
- analyser le risque de mortalité toutes causes et pour certaines causes spécifiques, de la population résidant dans les communes exposées aux émissions des sites d'Altéo par rapport à la population du reste du Bassin minier de Provence.

4. MATÉRIEL ET MÉTHODES

4.1. Zone et période d'étude

4.1.1. Zone d'étude

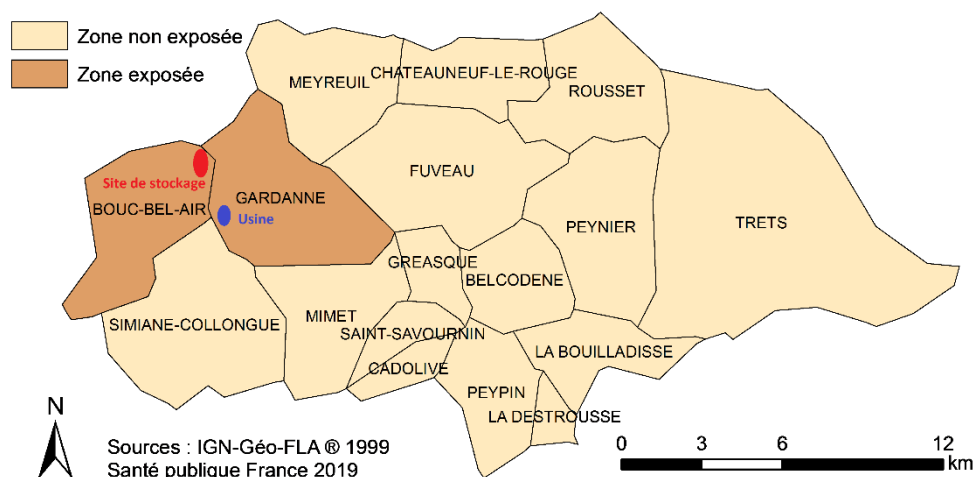
Lors de la première réunion du comité d'interface (22 février 2018), il a été demandé par le collège des riverains que cette étude porte sur l'ensemble des communes du bassin minier de Provence. Ce territoire concerne 17 communes, couvrant une superficie de 335 km² et rassemblant, au recensement de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) de 2015, un peu moins de 110 000 habitants (détails en annexe 1).

Le classement des communes a été effectué selon leur exposition aux pollutions issues des sites d'Altéo (usine et site de stockage). D'après l'expertise d'AtmoSud [6], les pollutions aériennes issues de ces sites concernent principalement les PM10 et les particules sédimentables ; les PM2,5 étant plus influencées par le trafic routier. L'impact le plus notable est observé sur les communes de Bouc-Bel-Air et de Gardanne à proximité des sites industriels et dans une moindre mesure sur la commune de Simiane-Collongue.

Lors de la séance du 25 mai 2018, les membres du comité d'interface ont considéré que, même si la commune de Simiane-Collongue était géographiquement imbriquée avec celles de Bouc-Bel-Air et de Gardanne et si certains habitants de cette commune exprimaient des attentes vis-à-vis du contexte environnemental, seulement une petite partie de la population de cette commune pouvait être considérée comme exposée aux rejets de l'usine et du site de stockage et que cela pouvait diluer les résultats de la zone considérée comme exposée si on y incluait Simiane-Collongue.

En définitive, la zone considérée comme exposée est constituée des communes de Bouc-Bel-Air et de Gardanne ; les autres communes du bassin minier constituant la zone non exposée (figure 3).

Figure 3. Répartition des communes du bassin minier de Provence selon les zones exposée et non exposée



4.1.2. Zone de référence

Lors de la séance du comité d'interface du 25 mai 2018, il a été décidé de choisir comme zone de référence la région Paca plutôt que le département des Bouches-du-Rhône, comme initialement envisagé, afin de limiter l'éventuelle influence de la zone du golfe de Fos et de l'étang de Berre sur les données de mortalité.

4.1.3. Période d'étude

La période d'étude s'étendait de 1968 à 2015, divisée en 5 périodes : 1968-1977, 1978-1986, 1987-1995, 1996-2005 et 2006-2015.

Les données de mortalité étaient disponibles et exhaustives de 1968 à 2015. Les données de population par sexe et âge quinquennal à l'échelle communale étaient disponibles depuis le recensement de 1968 (annuelles depuis 2006) à 2015.

4.2. Sources des données

4.2.1. Données de mortalité

Les causes médicales de décès sont produites par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDc) de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) à partir des certificats de décès. Les causes de décès sont codées selon la classification internationale des maladies (CIM) de l'organisation mondiale de la santé (OMS). Sur la période d'étude, la CIM a évolué selon différentes révisions : CIM-8 jusqu'en 1978 inclus, CIM-9 jusqu'en 1999 et CIM-10 depuis 2000.

Les effectifs annuels de décès par commune de résidence au moment du décès, par genre et par classe d'âge de cinq ans pour chacune des communes du bassin minier de Provence et pour la région Paca, ont été calculés à partir des données disponibles dans le Système national des données de santé (SNDS). Conformément à la procédure, le projet a fait l'objet d'un enregistrement dans le registre des projets mobilisant des données individuelles du SNDS dans le cadre des accès pérennes de Santé publique France.

La mortalité globale hors morts violentes ainsi que la mortalité pour des pathologies en lien avéré ou suspecté avec une exposition à des polluants présents sur la zone d'étude (annexe 2) ont été étudiées. À la demande du comité d'interface (séance du 25 mai 2018), il a été demandé d'ajouter le cancer du sein dans les pathologies étudiées en raison des interrogations sur le lien entre ce cancer et la présence d'aluminium présent dans les déodorants.

Liste des causes de décès analysées :

- l'ensemble des causes hors morts violentes (CIM8 et CIM9 : tous codes < 800, CIM10 : tous codes < S)
- les décès prématurés hors morts violentes : (mêmes codes, décès avant l'âge de 65 ans)
- les maladies de l'appareil respiratoire (CIM10 : J00-J99) dont :
 - l'emphysème (J43) ;
 - les broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO) (J40-J44) ;
 - les pneumoconioses dues à la bauxite (J63.1).
- les maladies de l'appareil circulatoire (CIM10 : I00-I99) dont :
 - les cardiopathies ischémiques (I20-I25) ;
 - l'infarctus du myocarde (I21-I22) ;
 - les maladies cérébrovasculaires (I60-I69) ;
 - les accidents vasculaires cérébraux (I60-I64, I69).

- les tumeurs malignes (CIM10 : C00-C97) dont :
 - tumeur maligne de l'estomac (C16) ;
 - tumeur maligne du côlon et du rectum (C18-C21) ;
 - tumeur maligne du foie (C22) ;
 - tumeurs malignes de la trachée, des bronches et du poumon (C33, C34) ;
 - tumeur maligne de la peau (C43, C44) ;
 - tumeur maligne du sein (C50) ;
 - tumeur maligne de la prostate (C61) ;
 - tumeur maligne du rein (C64) ;
 - tumeur maligne de la vessie (C67).
- parmi les maladies du système nerveux :
 - la sclérose latérale amyotrophique (G12.2) ;
 - la maladie de Parkinson (F023, G20) ;
 - la maladie d'Alzheimer (F00, G30).
- les néphropathies (N00-N19).

4.2.2. Données démographiques

Sur la période 1968-2005, la population annuelle de chaque commune du bassin minier de Provence (par tranche d'âge quinquennal et par genre) a été estimée pour les années intercensitaires par interpolation horizontale à partir des données des recensements de 1968, 1975, 1982, 1990, 1999 et 2006 [7]. Sur la période 2006-2015, les effectifs annuels de population pour les communes de la région Paca (par tranche d'âge quinquennal et par genre) sont issus des recensements de l'Insee disponibles chaque année sur la période.

L'ancien bassin minier de Provence est une zone géographique qui a vu sa population augmenter en proportion de façon beaucoup plus importante que la région Paca entre les recensements de l'Insee de 1968 et 2015. C'est plus spécifiquement entre les recensements de 1975 et 1990 que l'évolution a été la plus marquée.

Sur l'ensemble de la période 1968-2015, la population de la zone exposée était plus jeune que celle de la région Paca. C'était aussi le cas en comparaison avec la population de la zone non exposée jusqu'au milieu des années 90.

Les évolutions les plus notables en termes de catégories socio-professionnelles (CSP) ont concerné les cadres et professions intellectuelles supérieures ainsi que les ouvriers. L'augmentation de la proportion des cadres et de professions intellectuelles supérieures a été plus marquée sur le bassin minier de Provence qu'en région Paca. En 1968, cette proportion était plus faible dans la zone exposée (4,3%) et la zone non exposée (3,4%) qu'au niveau régional (7%) et ceci, jusqu'au début des années 80. Elle est désormais plus élevée dans la zone exposée et la zone non exposée (respectivement 21,9%, et 22,9% en 2015) qu'en région Paca (15,7%). L'évolution de la part des ouvriers a suivi une évolution inverse. En 1968, la proportion des ouvriers était largement supérieure dans les zones exposée et non exposée (respectivement 54,6 et 58,4% des CSP) par rapport à la région (36,4%). En 2015, la proportion d'ouvriers était désormais inférieure dans la zone non exposée (14%) et la zone exposée (16,2%) par rapport à la région (18%). L'ensemble des évolutions, entre 1968 et 2015, des caractéristiques démographiques et socio-économiques des zones d'étude et de référence sont détaillées dans l'annexe 3.

4.3. Facteurs de confusion

Certains facteurs de confusion ont été pris en compte car ils peuvent influencer la mortalité dans une population :

- l'indice de désavantage social Fdep (French deprivation index) permet de refléter de manière synthétique l'hétérogénéité socio-économique entre les unités géographiques [8]. Cet indice est défini à l'échelle communale à partir de quatre variables issues du recensement de la population et des déclarations fiscales : le revenu fiscal médian par unité de consommation, la part des diplômés de niveau baccalauréat (minimum) dans la population de 15 ans ou plus non scolarisée, la part des ouvriers dans la population active de 15 à 64 ans et la part des chômeurs dans la population active de 15 à 64 ans. La valeur de l'indice augmente avec le niveau de désavantage social. L'indice en 2009 est disponible sur le portail du SNDS ;
- le degré de densité de population de la commune selon les 4 catégories de la grille communale de densité, établie à partir de la typologie européenne : 1- communes densément peuplées ; 2- communes de densité intermédiaire ; 3- communes peu denses ; 4- communes très peu denses. Les données pour l'année 2011 sont disponibles sur le site de l'Insee (Source : Insee. consultable sur <https://www.insee.fr/fr/information/2114627>).

Il était initialement prévu de prendre en compte le type d'aire urbaine du lieu de résidence. Chaque commune est caractérisée selon son appartenance à l'une des catégories de l'indicateur Zonage en aires urbaines (ZAU) de 2010 fourni par l'Insee qui se décline en quatre modalités : espace des grandes aires urbaines, espace des autres aires urbaines, autres communes multipolarisées et communes isolées hors influence des pôles (Source : Insee, code officiel géographique ; définitions disponibles sur <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definitions>). Seize des 17 communes du bassin minier de Provence appartiennent à un grand pôle et seule Belcodène est une commune appartenant à la couronne d'un grand pôle. Ce facteur n'a donc finalement pas été retenu pour l'analyse.

Les valeurs des facteurs de confusion pris en compte sont détaillées pour chaque commune dans l'Annexe 4.

4.4. Analyse des données

Les niveaux de mortalité (surmortalité masculine) et l'évolution de la mortalité pour certaines causes de décès étant différents selon le genre [9], les analyses ont été effectuées séparément chez les hommes et les femmes.

L'analyse des causes spécifiques de mortalité a été réalisée en prenant en compte uniquement la cause initiale de décès. Celle-ci est définie comme la cause à l'origine du processus morbide ayant conduit au décès. L'analyse en causes multiples prend en compte d'autres causes inscrites sur le certificat de décès que la cause initiale. Cette analyse, de plus en plus utilisée dans les études de mortalité, peut poser des questions d'ordre statistique (surestimation de la puissance statistique des tests). Elle est de plus sensible à la qualité de remplissage des certificats de décès liée notamment au niveau de connaissance des cas par les médecins certificateurs [10]. 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.

Pour des raisons de secret statistique, les résultats des analyses pour les causes spécifiques de mortalité ne sont présentés que si un minimum de 5 cas est observé dans les différentes zones sur la période d'étude.

4.4.1. Évolution de la mortalité globale sur la période 1968-2015

Les taux standardisés de mortalité toutes causes hors morts violentes (standardisation directe sur la population type européenne [11]) ont été calculés pour les 2 zones (exposée et non exposée) et la région Paca pour 5 périodes (1968-1977, 1978-1986, 1987-1995, 1996-2005, 2006-2015).

Pour chaque période, les taux bruts de décès par classe d'âge ont été obtenus en divisant le nombre observé de décès de la classe d'âge par la somme des effectifs de population de la classe d'âge sur la période.

Le taux standardisé de mortalité est le taux que l'on observerait dans la population étudiée si elle avait la même structure d'âge qu'une population-type de référence. On le calcule en pondérant les taux bruts de mortalité par classe d'âge observés dans la population étudiée par la structure d'âge de la population-type de référence [12].

Le rapport du taux standardisé de la zone exposée sur le taux standardisé de la zone non exposée, appelé CMF (*Comparative Mortality Figure*), permet leur comparaison. Un rapport supérieur à 1 indique une surmortalité dans la zone exposée. Un rapport inférieur à 1 indique une sous-mortalité dans la zone exposée.

Les CMF sont accompagnés d'intervalles de confiance à 95% (IC 95%), qui permettent de rendre compte de l'ampleur des incertitudes qui entourent les estimations. Un CMF est significativement différent de 1 si son intervalle de confiance ne comprend pas la valeur 1. On parlera alors de surmortalité significative ou de sous-mortalité significative.

4.4.2. Comparaison de la mortalité dans les 2 zones à celle de la région Paca

Sur la dernière décennie (2006-2015), pour chacune des 2 zones (exposée et non exposée), la mortalité, globale et pour les causes spécifiques retenues, a été comparée à la mortalité de la région Paca, considérée comme zone de référence.

La comparaison de la mortalité entre chaque zone et la zone de référence a été effectuée en utilisant la méthode de standardisation indirecte selon l'âge qui permet de comparer le niveau de mortalité sur un secteur géographique à celui de la population de référence, indépendamment de la structure par âge des populations.

Cette méthode d'analyse repose sur le calcul de ratios standardisés de mortalité (SMR) qui représentent les rapports entre le nombre de décès observés dans la population étudiée et le nombre de décès attendus dans cette population si celle-ci connaissait à chaque âge les conditions de mortalité de la population de référence. Elle est recommandée lorsqu'on travaille sur de petits effectifs présentant des taux spécifiques de mortalité très instables.

Le nombre de décès attendus dans chaque classe d'âge est obtenu en multipliant l'effectif de la classe d'âge de la population étudiée par le taux spécifique de mortalité de cette classe d'âge calculé dans la population de la zone de référence [12].

Les taux de décès dans la population de la zone de référence ont été calculés pour chaque année calendaire n en prenant comme dénominateur la moyenne de la population au 1^{er} janvier de l'année n et de l'année $n+1$.

Les ratios standardisés sont accompagnés d'intervalles de confiance à 95% (IC 95%), qui permettent de rendre compte de l'ampleur des incertitudes qui entourent les estimations. L'estimation de l'intervalle de confiance du SMR repose sur l'hypothèse que le nombre de décès suit une loi de Poisson, loi le plus souvent retenue pour des dénombrements. Ce modèle suppose que la moyenne et la dispersion des observations autour de la moyenne (variance) soient égales.

Or, en général la variance est plus élevée : il y a surdispersion. La surdispersion entraîne une sous-estimation des bornes de l'intervalle. Ainsi, le paramètre de dispersion a été estimé à l'aide d'un modèle de quasi-poisson à partir de l'ensemble des communes de la région Paca et pris en compte dans le calcul des bornes de l'intervalle de confiance [13].

Un SMR supérieur à 1 indique une surmortalité dans la zone étudiée par rapport à la région Paca. Un SMR inférieur à 1 indique une sous-mortalité dans la zone étudiée par rapport à la région Paca. Un SMR est significativement différent de 1, si son intervalle de confiance ne comprend pas la valeur 1.

4.4.3. Comparaison de la mortalité entre la zone exposée et la zone non exposée

L'analyse du risque de mortalité dans la zone exposée par rapport à la zone considérée comme non exposée a été réalisée en prenant en compte des facteurs de confusion potentiels (indice de désavantage social (Fdep) et degré de densité de population) disponibles au niveau de la commune.

L'association entre le risque de décès et le fait d'habiter la zone exposée est présentée sous forme de risque relatif (RR). Le RR est défini par le rapport du risque de mortalité dans la zone exposée sur le risque de mortalité dans la zone non exposée.

L'analyse a été effectuée à l'aide d'une régression de quasi-poisson qui permet de tenir compte d'une éventuelle surdispersion. L'analyse a inclus l'ensemble des communes de la région Paca afin d'estimer le paramètre de surdispersion avec plus de précision. Les communes ont été réparties en 3 zones : zone exposée, zone non exposée et autres communes de la région Paca. Les risques relatifs ont été estimés par modélisation des SMR en prenant comme référence la population de la région Paca.

Comme pour les autres indicateurs, les RR sont accompagnés d'intervalles de confiance à 95%. Un RR supérieur à 1 indique une surmortalité dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée. Un RR inférieur à 1 indique une sous-mortalité dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée. Un RR est significativement différent de 1, si son intervalle de confiance ne comprend pas la valeur 1.

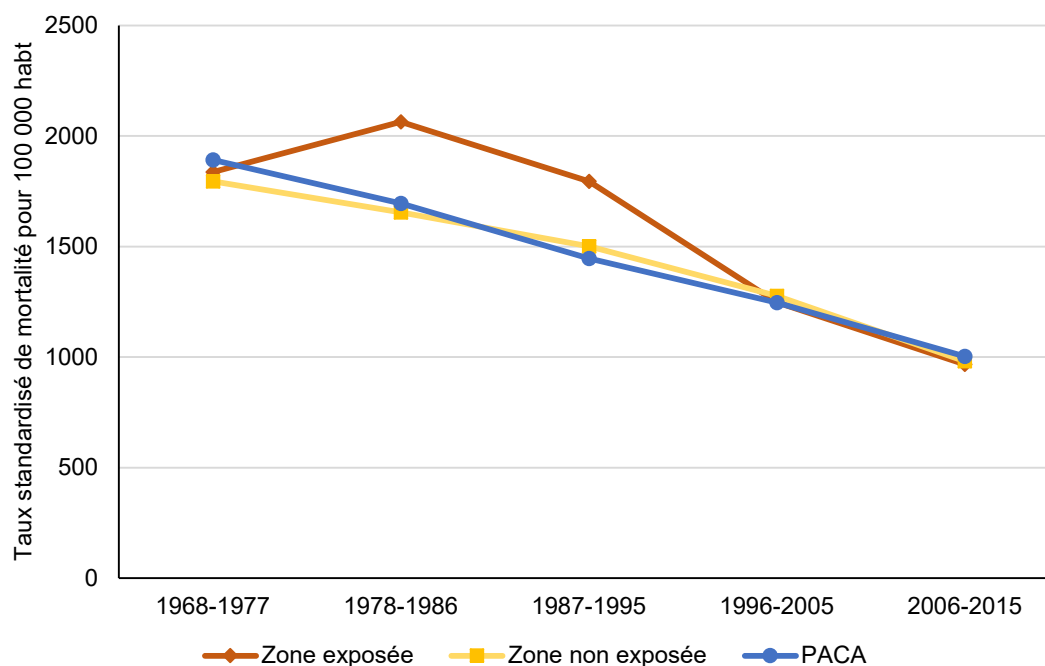
5. RÉSULTATS

5.1. Évolution de la mortalité globale sur la période 1968-2015

Comme cela est observé en France métropolitaine, le taux de mortalité toutes causes hors morts violentes a baissé dans la région Paca sur l'ensemble de la période 1968-2015. Cette diminution est observée à partir de la période 1968-1977 chez les femmes dans les 2 zones du bassin minier et chez les hommes de la zone non exposée. Chez les hommes de la zone exposée, cette baisse de la mortalité est observée à partir de la période 1978-1986 (figures 4 et 5).

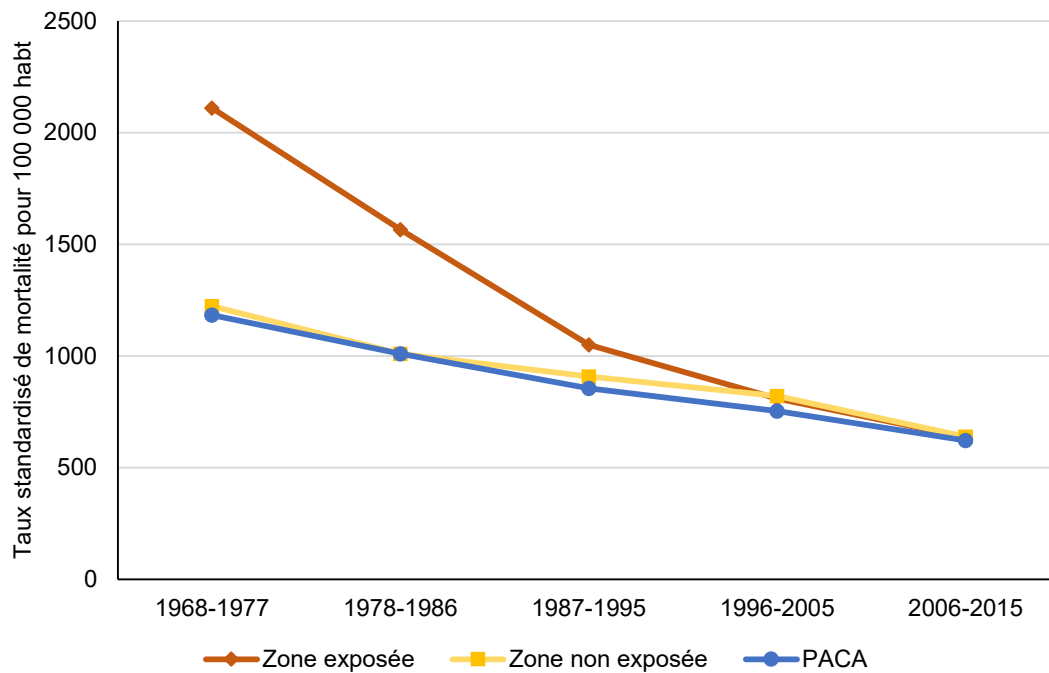
À l'exception de la période 1968-1977 pour les hommes, le niveau de mortalité dans la zone exposée était significativement plus élevé par rapport à la région Paca jusqu'à la période 1987-1995 incluse, chez les hommes comme chez les femmes. Dans la zone non exposée, on ne mettait pas en évidence de différence significative chez les hommes, alors que chez les femmes on observait un taux de décès significativement plus élevé pour les périodes 1987-1995 et 1996-2005 par rapport à la région Paca (annexe 5).

Figure 4. Évolution des taux standardisés* de mortalité toutes causes hors morts violentes selon les zones, 1968 – 2015, hommes



* standardisation sur la population type européenne

Figure 5. Évolution des taux standardisés* de mortalité toutes causes hors morts violentes selon les zones, 1968-2015, femmes



* standardisation sur la population type européenne

Avant la période 1996-2005, on observe pour toutes les périodes chez les femmes et sur la période 1978-1995 chez les hommes, une surmortalité toutes causes hors morts violentes significative dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée. Cette surmortalité n'est plus observée à partir de la période 1996-2005 chez les hommes comme chez les femmes (tableau 1).

Tableau 1. Rapport des taux standardisés* de mortalité toutes causes hors morts violentes (CMF) entre les zones exposée et non exposée, 1968 – 2015

Période	Hommes		Femmes	
	CMF	IC95%	CMF	IC95%
1968-1977	1,02	[0,92 – 1,13]	1,72	[1,57 – 1,90]
1978-1986	1,25	[1,14 – 1,37]	1,55	[1,43 – 1,68]
1987-1995	1,20	[1,09 – 1,31]	1,16	[1,06 – 1,26]
1996-2005	0,98	[0,90 – 1,06]	0,98	[0,91 – 1,06]
2006-2015	0,99	[0,92 – 1,13]	1,00	[0,93 – 1,07]

* standardisation sur la population type européenne

5.2. Analyse de la mortalité sur la période 2006-2015

5.2.1. Nombre de décès

Le tableau 2 présente les nombres de décès observés pour les causes retenues dans l'étude dans les zones exposée et non exposée, chez les hommes et chez les femmes, sur la période 2006-2015.

Dans la zone exposée, 1 252 décès « toutes causes hors morts violentes » ont été enregistrés parmi les hommes et 1 226 parmi les femmes. Dans la zone non exposée, ces nombres ont été respectivement de 2 333 et 2 388.

Pour les causes spécifiques dont l'effectif est compris entre 1 et 4, le nombre exact de décès n'est pas précisé dans le tableau.

Tableau 2. Nombre de décès observés par cause, chez les hommes et chez les femmes, dans les 2 zones du bassin minier, sur la période 2006-2015

Cause de décès (codes CIM 10)	Zone exposée		Zone non exposée	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
Toutes causes hors morts violentes (A00-R99)	1 252	1 226	2 333	2 388
Décès prématurés hors morts violentes (A00-R99)	280	172	486	263
Maladies de l'appareil respiratoire (J00-J99)	89	82	184	154
Emphysème (J43)	<5	0	6	0
Broncho-pneumopathie chronique obstructive (J40-J44)	23	13	60	21
Fibrose du poumon due à la bauxite (J63.1)	0	0	0	0
Maladies de l'appareil circulatoire (I00-I99)	312	325	616	657
Cardiopathies ischémiques (I20-I25)	93	52	210	110
Infarctus du myocarde (I21-I22)	44	30	103	44
Maladies cérébrovasculaires (I60-I69)	62	95	127	161
Accidents vasculaires cérébraux (I60-I64, I69)	60	91	125	155
Tumeurs malignes (C00-C97)	479	318	833	572
Tumeur maligne de l'estomac (C16)	13	<5	29	14
Tumeur maligne du côlon et du rectum (C18-C21)	40	28	74	54
Tumeur maligne du foie (C22)	34	16	48	22

Cause de décès (codes CIM 10)	Zone exposée		Zone non exposée	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon (C33-C34)	130	38	220	74
Tumeur maligne de la peau (C43-C44)	9	9	12	8
Tumeur maligne du sein (C50)	<5	64	<5	120
Tumeur maligne de la prostate (C61)	34	NC	68	NC
Tumeur maligne du rein (C64)	8	<5	27	5
Tumeur maligne de la vessie (C67)	30	5	40	7
Sclérose latérale amyotrophique (G12.2)	5	<5	9	10
Maladie de Parkinson (F023, G20)	13	16	23	28
Maladie d'Alzheimer (F00, G30)	36	118	61	203
Néphropathies (N00-N19)	8	8	34	34

CIM : Classification Internationale des Maladies ; NC : non concerné

5.2.2. Comparaison de la mortalité dans les 2 zones à celle de la région Paca

Les tableaux 3 et 4 présentent les ratios standardisés de mortalité (SMR) par cause de décès chez les hommes et chez les femmes, respectivement dans la zone exposée et la zone non exposée par rapport à la région Paca. Les résultats ne figurent dans les tableaux que si un minimum de 5 cas est observé pour la cause de décès, sur la période 2006-2015.

Dans la zone exposée (tableau 3), aucune sur ou sous-mortalité significative pour les causes étudiées n'a été mise en évidence sur la période 2006-2015 chez les hommes par rapport à la région Paca. Chez les femmes, il existe une surmortalité significative par maladie d'Alzheimer (SMR = 1,92 [1,20 - 3,05]). Pour les autres causes étudiées chez les femmes, aucune sur ou sous-mortalité significative n'a été mise en évidence.

Tableau 3. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone exposée, sur la période 2006-2015 (population de référence : région Provence-Alpes-Côte d'Azur)

Cause de décès	Hommes			Femmes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95%]	Nobs	Natt	SMR [IC95%]
Toutes causes hors morts violentes	1 252	1 314,3	0,95 [0,68-1,34]	1 226	1 208,5	1,01 [0,70-1,48]
Décès prématurés hors morts violentes	280	317,2	0,88 [0,61-1,27]	172	166,1	1,04 [0,72-1,48]
Maladies de l'appareil respiratoire	89	94,1	0,95 [0,62-1,45]	82	79,1	1,04 [0,66-1,64]
Emphysème	-	-	-	-	-	-
Broncho-pneumopathie chronique obstructive	23	26,4	0,87 [0,46-1,65]	13	13,6	0,95 [0,48-1,90]
Maladies de l'appareil circulatoire	312	331,9	0,94 [0,65-1,35]	325	335,1	0,97 [0,64-1,46]
Cardiopathies ischémiques	93	102,7	0,91 [0,61-1,35]	52	59,8	0,87 [0,51-1,47]
Infarctus du myocarde	44	53,2	0,83 [0,51-1,34]	30	31,5	0,95 [0,54-1,69]
Maladies cérébrovasculaires	62	68,2	0,91 [0,58-1,43]	95	85,6	1,11 [0,72-1,72]
Accidents vasculaires cérébraux	60	65,2	0,92 [0,59-1,45]	91	81,8	1,11 [0,72-1,73]
Tumeurs malignes	479	466,3	1,03 [0,74-1,43]	318	317,9	1,00 [0,70-1,43]
Tumeur maligne de l'estomac	13	14,3	0,91 [0,46-1,80]	-	-	-
Tumeur maligne du côlon et du rectum	40	42,7	0,94 [0,58-1,51]	28	36,7	0,76 [0,44-1,32]
Tumeur maligne du foie	34	26,7	1,27 [0,79-2,04]	16	9,9	1,62 [0,88-2,99]
Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon	130	124,2	1,05 [0,73-1,50]	38	44,0	0,86 [0,52-1,43]
Tumeur maligne de la peau	9	7,7	1,16 [0,50-2,71]	9	5,3	1,71 [0,80-3,63]
Tumeur maligne du sein	-	-	-	64	56,4	1,13 [0,74-1,74]
Tumeur maligne de la prostate	34	40,4	0,84 [0,50-1,41]	NC	NC	NC
Tumeur maligne du rein	8	11,1	0,72 [0,32-1,63]	-	-	-
Tumeur maligne de la vessie	30	22,9	1,31 [0,83-2,06]	5	5,7	0,88 [0,29-2,63]
Sclérose latérale amyotrophique	5	4,7	1,06 [0,38-2,96]	-	-	-

Cause de décès	Hommes			Femmes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95%]	Nobs	Natt	SMR [IC95%]
Maladie de Parkinson	13	15,0	0,87 [0,43-1,75]	16	11,1	1,45 [0,78-2,70]
Maladie d'Alzheimer	36	26,7	1,35 [0,76-2,38]	118	61,5	1,92 [1,20-3,05]
Néphropathies	8	17,6	0,45 [0,19-1,07]	8	15,6	0,51 [0,19-1,36]

Nobs : nombre de décès observé ; Natt : nombre de décès attendu ; SMR : ratio standardisé de mortalité ; IC : intervalle de confiance ; NC : non concerné ; - : effectif <5

Dans la zone non exposée (tableau 4), on observe une sous-mortalité significative pour les décès prématurés hors morts violentes chez les hommes (SMR= 0,72 [0,54 - 0,94]), et chez les femmes, une surmortalité significative par maladie d'Alzheimer (SMR = 1,67 [1,17 - 2,38]) par rapport à la région Paca. Pour les autres causes étudiées, aucune sur ou sous-mortalité significative n'a été mise en évidence.

Tableau 4. Ratios standardisés de mortalité par cause de décès, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone non exposée, sur la période 2006-2015 (population de référence : région Provence-Alpes-Côte d'Azur)

Cause de décès	Hommes			Femmes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95%]	Nobs	Natt	SMR [IC95%]
Toutes causes hors morts violentes	2 333	2 508,6	0,93 [0,72-1,20]	2 388	2 350,6	1,02 [0,78-1,33]
Décès prématurés hors morts violentes	486	679,4	0,72 [0,54-0,94]	263	345,0	0,76 [0,57-1,02]
Maladies de l'appareil respiratoire	184	176,5	1,04 [0,77-1,40]	154	155,1	0,99 [0,71-1,39]
Emphysème	6	4,8	1,26 [0,52-3,03]	-	-	-
Broncho-pneumopathie chronique obstructive	60	49,6	1,21 [0,81-1,80]	21	26,3	0,80 [0,46-1,38]
Maladies de l'appareil circulatoire	616	626,5	0,98 [0,76-1,27]	657	654,8	1,00 [0,75-1,34]
Cardiopathies ischémiques	210	195,5	1,07 [0,82-1,40]	110	115,5	0,95 [0,66-1,37]
Infarctus du myocarde	103	102,3	1,01 [0,73-1,38]	44	60,2	0,73 [0,46-1,17]
Maladies cérébrovasculaires	127	128,1	0,99 [0,72-1,36]	161	166,0	0,97 [0,69-1,36]
Accidents vasculaires cérébraux	125	122,5	1,02 [0,75-1,40]	155	158,7	0,98 [0,70-1,37]
Tumeurs malignes	833	895,4	0,93 [0,72-1,20]	572	604,7	0,95 [0,72-1,24]
Tumeur maligne de l'estomac	29	27,4	1,06 [0,67-1,67]	14	14,5	0,96 [0,53-1,77]

Cause de décès	Hommes			Femmes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95%]	Nobs	Natt	SMR [IC95%]
Tumeur maligne du côlon et du rectum	74	80,9	0,91 [0,64-1,30]	54	69,8	0,77 [0,52-1,15]
Tumeur maligne du foie	48	51,6	0,93 [0,62-1,38]	22	18,5	1,19 [0,70-2,01]
Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon	220	241,1	0,91 [0,69-1,20]	74	84,5	0,88 [0,61-1,26]
Tumeur maligne de la peau	12	15,1	0,79 [0,38-1,65]	8	10,3	0,78 [0,35-1,73]
Tumeur maligne du sein	-	-	-	120	108,4	1,11 [0,81-1,52]
Tumeur maligne de la prostate	68	74,9	0,91 [0,63-1,31]	NC	NC	NC
Tumeur maligne du rein	27	21,4	1,26 [0,81-1,97]	5	9,5	0,53 [0,20-1,42]
Tumeur maligne de la vessie	44	43,1	1,02 [0,70-1,48]	7	10,8	0,65 [0,26-1,63]
Sclérose latérale amyotrophique	9	9,1	0,99 [0,46-2,12]	10	7,1	1,41 [0,64-3,07]
Maladie de Parkinson	23	27,6	0,84 [0,50-1,41]	28	21,2	1,33 [0,83-2,13]
Maladie d'Alzheimer	61	49,3	1,24 [0,80-1,91]	203	121,5	1,67 [1,17-2,38]
Néphropathies	34	32,8	1,04 [0,68-1,57]	34	30,4	1,12 [0,70-1,79]

Nobs : nombre de décès observé ; *Natt* : nombre de décès attendu ; *SMR* : ratio standardisé de mortalité ; *IC* : intervalle de confiance ; *NC* : non concerné ; - : effectif <5

5.2.3. Comparaison de la mortalité entre les zones exposée et non exposée

Le tableau 5 présente les risques relatifs (RR) de décès 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 et le degré de densité de population des communes. L'analyse n'a été effectuée que si un minimum de 5 décès était observé dans les deux zones sur la période 2006-2015. Les résultats des estimations des paramètres obtenus à l'aide du modèle de quasi-poisson sont présentés en annexe 6 pour les hommes et en annexe 7 pour les femmes.

Chez les hommes, on observe une sous-mortalité significative par néphropathies dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée (RR = 0,43 [0,20 - 0,91]).

Chez les femmes, le risque de décès prématuré est significativement plus élevé dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée (RR = 1,28 [1,02-1,59]).

Pour les autres causes étudiées, aucune sous-mortalité ou surmortalité n'a été mise en évidence.

Tableau 5. Risque relatif de décès par cause étudiée, chez les hommes et chez les femmes, dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée, période 2006-2015 (population de référence : région Provence-Alpes-Côte d'Azur)

Cause de décès	Hommes	Femmes
	RR [IC95%]	RR [IC95%]
Toutes causes hors morts violentes	0,99 [0,87-1,13]	1,00 [0,85-1,18]
Décès prématurés hors morts violentes	1,12 [0,92-1,36]	1,28 [1,02-1,59]
Maladies de l'appareil respiratoire	0,87 [0,64-1,19]	1,06 [0,76-1,48]
Emphysème	-	-
Broncho-pneumopathie chronique obstructive	0,68 [0,39-1,19]	1,17 [0,57-2,39]
Maladies de l'appareil circulatoire	0,93 [0,78-1,10]	0,97 [0,79-1,19]
Cardiopathies ischémiques	0,79 [0,61-1,03]	0,88 [0,59-1,31]
Infarctus du myocarde	0,77 [0,52-1,13]	1,27 [0,76-2,13]
Maladies cérébrovasculaires	0,91 [0,65-1,28]	1,16 [0,85-1,57]
Accidents vasculaires cérébraux	0,90 [0,64-1,26]	1,15 [0,84-1,56]
Tumeurs malignes	1,06 [0,92-1,22]	1,05 [0,89-1,23]
Tumeur maligne de l'estomac	0,83 [0,42-1,63]	-
Tumeur maligne du côlon et du rectum	0,97 [0,65-1,44]	0,96 [0,61-1,50]
Tumeur maligne du foie	1,34 [0,85-2,11]	1,31 [0,68-2,55]
Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon	1,07 [0,85-1,35]	0,96 [0,62-1,49]
Tumeur maligne de la peau	1,50 [0,59-3,85]	2,22 [0,90-5,57]
Tumeur maligne du sein	-	1,02 [0,73-1,43]
Tumeur maligne de la prostate	0,92 [0,60-1,41]	NC
Tumeur maligne du rein	0,56 [0,26-1,23]	-
Tumeur maligne de la vessie	1,24 [0,79-1,95]	1,39 [0,39-4,93]
Sclérose latérale amyotrophique	1,11 [0,32-3,81]	-
Maladie de Parkinson	1,06 [0,52-2,14]	1,16 [0,62-2,15]
Maladie d'Alzheimer	1,11 [0,64-1,93]	1,23 [0,83-1,83]
Néphropathies	0,43 [0,20-0,91]	0,45 [0,19-1,06]

RR : risque relatif ; IC : intervalle de confiance ; NC : non concerné ; - : effectif <5 en zone exposée ou non exposée

6. DISCUSSION - CONCLUSION

6.1. Rappel des résultats principaux et discussion

- Entre 1968 et 2015 :
 - on observe une surmortalité significative pour décès toutes causes hors morts violentes dans la zone exposée (communes de Gardanne et Bouc-Bel-Air) par rapport à la zone non exposée (autres communes du Bassin minier de Provence) sur la période 1978-1995 pour les hommes et 1968-1995 pour les femmes ; pour la période 1968-1977, le taux standardisé de mortalité toutes causes hors morts violentes chez les hommes dans la zone exposée présente une valeur basse comparée au taux estimé chez les femmes pour la même période et comparé au taux estimé chez les hommes pour la période suivante compte tenu des connaissances sur la mortalité globale : mortalité globale plus élevée chez les hommes que chez les femmes et baisse quasi-continue de la mortalité depuis les années 60 [14].
 - aucune surmortalité n'est mise-en-évidence sur la période suivante (1996-2015) ;
 - alors que la mortalité dans la zone non exposée était similaire à celle de la région Paca sur l'ensemble de la période, excepté pour les femmes entre 1987 et 2005, la mortalité dans la zone exposée était plus élevée en début de période, excepté pour la période 1968-1977 chez les hommes, avant de chuter et rejoindre le même niveau à partir de la période 1996-2005.
- Sur la période 2006-2015 :
 - pour la plupart des causes spécifiques de décès étudiées, il n'a pas été mis en évidence de différence significative de mortalité entre les zones exposée ou non exposée avec la région Paca prise comme référence, ni entre la zone exposée et la zone non exposée, que ce soit chez les hommes ou chez les femmes ;
 - il existe une sous-mortalité significative pour décès prématurés hors morts violentes chez les hommes dans la zone non exposée par rapport à la région Paca ;
 - on observe une surmortalité significative pour décès prématurés hors morts violentes chez les femmes dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée. Il est à noter que la mortalité prématurée chez les femmes dans la zone exposée était à un niveau proche de celui observé dans la région (SMR = 1,04 [0,72-1,48]) alors qu'on observe une sous-mortalité non significative dans la zone non exposée par rapport à la région Paca (SMR = 0,76 [0,57-1,02]). Les taux de mortalité prématurée hors morts violentes dans la zone exposée chez les femmes étaient supérieurs à ceux de la région Paca sur la période 1968-1995, pour ensuite être du même ordre de grandeur sur la période 1996-2015. Chez les hommes de la zone exposée, les taux étaient inférieurs à ceux de la région Paca ou du même ordre de grandeur. Dans la zone non exposée, les taux étaient inférieurs à ceux de la région Paca sur l'ensemble de la période, chez les hommes et les femmes (annexe 8).
 - on observe une sous-mortalité significative par néphropathies chez les hommes dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée ;
 - si une surmortalité significative pour la maladie d'Alzheimer a été observée chez les femmes dans les deux zones par rapport à la région Paca, aucune différence significative n'existe toutefois en comparant les deux zones entre elles. Cette surmortalité observée dans les deux zones pourrait être le reflet d'une prévalence de la maladie plus grande dans le bassin minier de Provence que dans la région Paca. Toutefois les raisons pour lesquelles ce sur risque ne concernerait que les femmes ne sont pas évidentes.

- les données disponibles en France actuellement ne permettent pas de vérifier l'hypothèse selon laquelle le bassin minier comporterait une prévalence plus élevée de la maladie d'Alzheimer. Les données du SNDS relatives au recours aux soins (consommation médicamenteuse, hospitalisations et mises sous ALD) pourraient être analysées en ce sens. Néanmoins ces données présentent d'importantes limites pour pouvoir être utilisées dans le contexte de la maladie d'Alzheimer. Ces données sont en effet le reflet de la prise en charge de la maladie d'Alzheimer. Si elles semblent être assez proches de la prévalence réelle de la maladie chez les personnes âgées de moins de 70 ans, elles sous-estiment la prévalence de façon importante chez les sujets plus âgés (en moyenne 1,6 fois inférieures à ce qui est attendu) [15]. Une autre source de données pouvant être consultée est la Banque nationale Alzheimer (BNA). Les personnes atteintes d'Alzheimer peuvent être prises en charge dans des Consultations mémoire et des centres mémoire de ressources et de recherche. Depuis 2009, un recueil systématique des données relatives à ces patients a été mis en place et alimente la BNA. Les informations de patients pris en charge par des médecins libéraux volontaires peuvent également être incluses dans cette base. La BNA a été évaluée sur la période 2010-2014. À l'heure actuelle, elle n'est pas en capacité de fournir des indicateurs valides pour la surveillance de la maladie d'Alzheimer [16].
- une raison pour laquelle une surmortalité liée à la maladie d'Alzheimer est observée pourrait être une capacité d'hébergement pour des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer plus importante dans le bassin minier qu'en région Paca. En effet, le décès d'une personne résidant dans ces établissements a plus de chance d'être attribué à la maladie. Cependant les données disponibles sur les capacités d'hébergement ne permettent pas de vérifier cette hypothèse. La surmortalité observée chez les femmes dans les deux zones pourrait s'expliquer par des facteurs de confusion non pris en compte dans l'étude. On peut citer le niveau d'éducation individuel et la présence de facteurs de risque cardio-neuro-vasculaires qui sont les principaux déterminants du risque de maladie d'Alzheimer ainsi que l'offre de soins, en particulier le recours au dépistage qui pourrait être différent chez les hommes et les femmes. Il est difficile d'établir une relation entre cette surmortalité mise en évidence et une exposition environnementale à un ou des polluants car l'exposition a été estimée au niveau collectif en fonction de la commune de résidence du défunt au moment de son décès. Il n'est pas non plus possible de savoir si les femmes ont pu avoir une exposition différente des hommes. Si cette exposition devait toutefois exister, elle ne serait pas spécifique à la zone exposée puisque les niveaux de mortalité sont similaires dans les deux zones d'étude. Si une exposition professionnelle devait expliquer cette surmortalité, elle serait plutôt observée chez les hommes que chez les femmes, les hommes étant plus souvent exposés aux polluants chimiques que les femmes de par leur profession. Ainsi, les femmes ne représentaient en 2018 que 28,9% des emplois salariés dans l'industrie^c.

6.2. Avantages et limites de l'étude

L'étude de mortalité autour des sites d'Altéo (usine et site de stockage) présente les avantages et les limites inhérentes aux analyses spatiales descriptives (ou écologiques) classiquement mises en œuvre pour répondre à une demande locale pour étudier les risques sanitaires à proximité d'industries [17].

Ces études sont relativement simples à réaliser 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. Elles peuvent en revanche aider à formuler des hypothèses pour la mise en place d'études ultérieures. Par ailleurs, la mortalité n'est que l'un des

^c Source : Enquête emploi 2018 (Insee) - Catégorie socioprofessionnelle des actifs occupés selon le sexe et le secteur d'activité. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/2841345/CSS02.xls>

indicateurs de l'état de santé d'une population. Elle ne reflète pas l'incidence de maladies ayant un bon pronostic vital.

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 (commune de Gardanne et Bouc-Bel-Air) et non exposée (autres communes du bassin minier de Provence) ont été définies à partir de leur exposition aux pollutions aériennes issues des sites d'Altéo, principalement les PM10 et les particules sédimentables. Il a été fait l'hypothèse que le périmètre des deux zones n'a pas évolué au cours de la période d'étude. Par ailleurs, afin de ne pas diluer les risques, la commune de Simiane-Collongue n'a pas été incluse dans la zone exposée. L'échelon géographique le plus fin au niveau duquel les données de mortalité sont disponibles est la commune. L'analyse n'a pu donc se faire à un niveau infra communal alors qu'au sein de chacune des zones peuvent exister des niveaux d'exposition différents qui n'ont pas pu être pris en compte.

Par ailleurs, l'étude ne tient pas compte des mouvements de populations qui ont pu avoir lieu, ni de leur passé résidentiel. Ainsi, des personnes ayant résidé dans une des communes du bassin minier de Provence 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. 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 sur le territoire qu'un court laps de temps. C'est également le cas pour les mouvements de population entre les zones exposée et non exposée.

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 France métropolitaine comme référence. Les résultats de cette analyse sont présentés dans les annexes 9 et 10. Ils sont similaires à ceux obtenus en prenant la région Paca comme référence, à l'exception de la mise en évidence d'une sous-mortalité significative par décès prématurés hors morts violentes chez les hommes dans la zone non exposée (SMR = 0,67 [0,51-0,89]).

L'usine d'alumine de Gardanne est en activité depuis 1893. Concernant l'évolution de la mortalité globale, l'étude a porté sur la période 1968-2015, période pour laquelle les données des causes de décès du CépiDc étaient disponibles et exhaustives au moment de l'étude. Afin de pallier un manque éventuel d'effectif, l'analyse des causes spécifiques de décès sur la période récente a porté sur 10 ans, de 2006 à 2015. Pour certaines causes (emphysème pour les hommes et les femmes, cancer du sein pour les hommes et cancer du rein, cancer de l'estomac et sclérose latérale amyotrophique chez les femmes), le nombre de décès observé était cependant trop faible pour permettre leur étude. À noter qu'aucun décès par fibrose du poumon due à la bauxite n'a été enregistré sur la période 2006-2015, y compris au niveau national.

Afin de prendre en compte un défaut d'ajustement sur des facteurs de confusion, le calcul des SMR et des RR a été réalisé en tenant compte de la surdispersion des données de mortalité. Le paramètre de surdispersion a été calculé sur l'ensemble des communes de la région Paca afin d'obtenir une meilleure précision. Par ailleurs, la comparaison des zones exposée et non exposée sur la période 2006-2015 a été ajustée sur deux facteurs pouvant influencer la mortalité et disponibles au niveau de la commune : l'indice de désavantage social et le degré de densité de population. On ne peut cependant exclure que des facteurs non inclus dans les analyses, comme l'offre de soins ou des expositions environnementales autres que celles des sites d'Altéo, par exemple, puissent expliquer en partie les résultats observés. 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.

Les analyses ont mis en évidence un faible nombre de résultats significativement différents de 1. On ne peut exclure que certains de ces résultats significatifs soient dus au grand nombre de tests réalisés [17].

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 émise par les sites d'Altéo 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 pourrait être expliquée par l'exposition à des polluants sur cette même période (hors exposition accidentelle à de fortes teneurs en polluants).

6.3. Conclusion

Sur la décennie 2006-2015, pour la plupart des causes spécifiques de décès étudiées, il n'a pas été mis en évidence de différence significative de mortalité entre les zones exposée et non exposée et par rapport à la région Paca.

Si jusqu'au milieu des années 90, il existait dans la zone exposée aux sites industriels d'Altéo une mortalité globale supérieure à celle de la zone non exposée, que ce soit chez les hommes ou chez les femmes, la mortalité est comparable entre les zones et avec la région Paca depuis.

Sur la décennie 2006-2015, le principal résultat significatif concerne la surmortalité pour la maladie d'Alzheimer observée sur les zones exposée et non exposée chez les femmes en comparaison avec le niveau régional mais sans différence statistiquement significative entre les deux zones.

En l'état actuel des données disponibles, il n'est pas possible de mettre en place une étude relative à l'incidence ou la prévalence de la maladie d'Alzheimer. Si une étude peut être mise en place pour essayer de comprendre les facteurs pouvant expliquer cette surmortalité (accès aux soins au sens large, dépistage...) ou pour déterminer si celle-ci est spécifique à cette zone géographique réduite, elle dépasse le cadre de cette saisine relative à l'impact des sites d'Altéo Gardanne car la situation est similaire sur l'ensemble du bassin minier de Provence.

Compte-tenu de la relative stabilité des indicateurs de mortalité, Santé publique France se propose de renouveler cette étude dans un délai de cinq ans minimum, délai permettant également l'analyse de certaines pathologies dont les effectifs annuels de décès sont faibles.

Références bibliographiques

- [1] Lasalle JL, Malfait P. Impact sanitaire du site de stockage de Mange-Garri Bouc-Bel-Air, Bouches-du-Rhône, France. Saint-Maurice : Santé publique France; 2017. 42 p.
- [2] Anses. Note d'appui scientifique et technique de l'Anses relative à une analyse complémentaire en lien avec l'impact des émissions de poussières issues du centre de stockage de Mange-Garri. Maisons-Alfort, 2017. 45 p.
- [3] Noack Y, Orsière T, Bley D. Particules atmosphériques dans le bassin minier de Provence : caractérisation, toxicité, évaluation par la société. Angers: CNRS; 2013. 118 p. [consulté le 07/06/2018].
- [4] Bonnefoy A., Plumejeaud S., Noack Y., Robin D., Doumenq P., Chaspoul F., Tassistro V., Orsière T. Fine atmospheric particles emitted by industrial, traffic and urban sources in France: characterization and genotoxicity. *Toxicological and environmental chemistry*. 2016. p 1-22.
- [5] Perrey C, Lasalle JL. Analyse des attentes et du contexte local autour des sites industriels d'Altéo Gardanne. Rapport d'analyse qualitative. Saint-Maurice : Santé publique France, 2022. 43 p
- [6] Airmaraix (ancienne dénomination d'AtmoSud). Évaluation de la qualité de l'air ambiant dans le secteur de Gardanne/Simiane en liaison avec l'activité d'Aluminium Pechiney. 2004. 44 p.
- [7] Benhamou E., Laplanche A. Estimation de la population à risque entre deux recensements pour le calcul d'un taux d'incidence ou de mortalité par cancer : comparaison de quatre méthodes. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 1991. 39(1) : 71-7.
- [8] Rey G, Jouglu E, Fouillet A, Hémon D. Ecological association between a deprivation index and mortality in France over the period 1997-2001: variation with spatial scale, degree of urbanicity, age, gender and cause of death. *BMC Public Health* 2009, 9:33.
- [9] Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques, Santé publique France. Principales causes de décès et de morbidité. In L'état de santé de la population en France - Rapport 2017 ; 2017. P96-108.
- [10] Rey G, Piffaretti C, Rondet C, Lamarche-Vadel A, Moreno-Betancur M. Analyse de la mortalité par cause : pondération des causes multiples. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 2017 (1) : 13-19.
- [11] Revision of the European Standard Population – Report of Eurostat's task force. Luxembourg: publications office of the european union. 2013.121p.
<http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5926869/KS-RA-13-028-EN.PDF/e713fa79-1add-44e8-b23d-5e8fa09b3f8f>
- [12] Bouyer J, Hémon D, Cordier S, Derriennic F, Stücker I, Stengel B *et al.* *Epidémiologie - Principes et méthodes quantitatives*. Paris : les éditions Inserm, 1993. 498 p.
- [13] Bouche G, Lepage B, Migeot V, Ingrand P. Intérêt de la détection et de la prise en compte d'une surdispersion dans un modèle de Poisson : illustration à partir d'un exemple. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 2009 (57) : 285-296.
- [14] Insee, statistiques de l'état civil et estimations de population. Mortalité en 2017 - Tableaux de séries longues. <https://insee.fr/fr/statistiques/4135513?sommaire=4136000>
- [15] Carcaillon-Bentata L, Quintin C, Montengou E, Boussac-Zarebska M, Moisan F, Ha C *et al.* Peut-on estimer la prévalence de la maladie d'Alzheimer et autres démences à partir des bases de données médico-administratives ? Comparaison aux données de cohortes populationnelles. *Bull Epidemiol Hebd* 2016(28-29):459-67.

- [16] La Banque nationale Alzheimer, un outil pour la surveillance épidémiologique des démences en France ? Saint-Maurice : Santé publique France, 2017. 86 p.
- [17] Gorla S. Le Tertre A. Les études locales autour d'un point source. Les différentes méthodes statistiques, leurs avantages et leurs inconvénients. Note méthodologique. Institut de veille sanitaire, 2010. : 8 p.

Annexe 1 / Effectifs de population des communes du bassin minier de Provence en 2015

Commune	Population municipale
Bouc-Bel-Air	14 351
Gardanne	19 749
Zone exposée	34 100
Belcodène	1 906
La Bouilladisse	6 079
Cadolive	2 158
Châteauneuf-le-Rouge	2 172
La Destrousse	3 381
Fuveau	9 756
Gréasque	4 111
Meyreuil	5 417
Mimet	4 607
Peynier	3 368
Peypin	5 454
Rousset	4 768
Saint-Savournin	3 315
Simiane-Collongue	5 584
Trets	10 963
Zone non exposée	73 039
Bassin minier de Provence	107 139

Source : Recensement Insee 2015

Annexe 2 / Polluants et pathologies retenues dans l'étude

L'exposition à la pollution de l'air, notamment aux particules fines, contribue au développement de maladies chroniques telles que des maladies cardiovasculaires, respiratoires ou encore neurologiques, et des cancers. Elle favorise également des troubles de la reproduction et du développement de l'enfant. Elle aggrave aussi les symptômes de maladies chez des personnes souffrant de pathologies chroniques. L'impact de la pollution particulaire au PM_{2,5} sur la mortalité est estimée à 48 000 décès par an, correspondant à une perte d'espérance de vie, pour une personne âgée de 30 ans, pouvant dépasser deux ans dans les villes les plus exposées^d.

Les résultats de l'évaluation des risques sanitaires réalisée par l'Anses autour du site de Mange-Garri ont fait ressortir comme polluants d'intérêt sanitaire les particules fines, l'aluminium, l'arsenic et le plomb pour lesquels un risque sanitaire ne pouvait pas être exclu^e.

- Aluminium

Une association statistiquement significative entre l'exposition orale à l'aluminium via l'eau de boisson et la maladie d'Alzheimer a été montrée dans différentes études^f. D'autres pathologies neurologiques sévères (sclérose latérale amyotrophique, démence parkinsonienne et syndrome de l'île de Guam) ont été reliées à l'accumulation d'aluminium dans le cerveau. Le rôle de l'aluminium dans ces pathologies reste toutefois encore débattu.

Des cas de fibrose pulmonaire ont été signalés chez des travailleurs exposés à la bauxite, l'hydroxyde d'aluminium ou de la poudre d'aluminium. Cependant, la fibrose est plus probablement liée à l'exposition à d'autres substances, comme la silice, plutôt qu'à l'aluminium.

Des cas d'encéphalopathies et d'ostéomalacie ont été relevés chez des insuffisants rénaux traités par dialyse en lien avec des teneurs élevés en aluminium dans l'eau.

L'aluminium n'est pas classé comme cancérigène ni génotoxique. Si la production d'aluminium est considérée comme cancérigène pour l'homme par le centre international de recherche sur le cancer (cancer du poumon et de la vessie), ce risque est probablement lié à l'exposition professionnelle à des cancérigènes connus comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

- Arsenic

Dans les cas d'intoxication chronique à l'arsenic, par ingestion ou inhalation, les lésions cutanées prédominent : hyperkératose de la paume des mains et de la plante des pieds, concomitante à une hyperpigmentation^g. Suite à des expositions prolongées par inhalation, des rhinites, laryngites, gingivites, stomatites et perforations de la cloison nasale peuvent aussi être observées.

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

^d Medina S., Pascal M., Tillier C. Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique. Saint-Maurice : Santé publique France ; 2016. 162 p.

^e Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Saisine 2016-SA-0147. Note d'appui scientifique et technique relative à une analyse complémentaire en lien avec l'impact des émissions de poussières issues du centre de stockage de Mange-Garri (société Alteo), 2017, 45 p.

^f Ineris. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – aluminium et dérivés. 2005. 53 p.

^g Ineris. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – arsenic et ses dérivés inorganiques. 2010. 124 p.

Des effets hématologiques (anémie, leucopénie) ont été décrits dans de nombreuses études suite à l'ingestion de dérivés inorganiques de l'arsenic. Cette observation n'est pas retrouvée par inhalation.

Des neuropathies périphériques sensorielles et motrices, le plus souvent réversibles, ont été notées dans certaines études par ingestion d'eau ou par inhalation.

Des effets hépatiques et digestifs par ingestion de dérivés inorganiques de l'arsenic ont été mis en évidence par plusieurs études. Des nausées, vomissements et diarrhées (réversibles) ont également été rapportés chez des salariés, exposés par inhalation à des niveaux élevés de poussières et vapeurs d'arsenic inorganique.

Plus récemment, des travaux ont montré un impact possible de l'ingestion d'arsenic sur le diabète.

L'arsenic a été l'un des premiers composés chimiques à avoir été reconnu comme cancérigène. Par inhalation, les principaux cancers sont pulmonaires. Par voie orale, les cancers peuvent se développer au niveau de la peau, de la vessie et des poumons, mais aussi au niveau du foie, des reins, de l'estomac, du colon ou de la prostate.

- **Plomb**

Chez l'homme, les principaux effets systémiques sont observés au niveau du système nerveux central et périphérique (encéphalopathie, neuropathies périphériques, troubles mentaux organiques). Une anémie microcytaire hypochrome est aussi observée, de même que des atteintes rénales (néphropathie tubulaire proximale, fibrose interstitielle et atrophie tubulaire, insuffisance rénale avec sclérose glomérulaire), une augmentation de la pression artérielle, des effets sur la thyroïde, le système immunitaire ou la croissance des os chez les enfants^h.

Les effets observés varient de façon différente chez les enfants et les adultes selon le niveau de la plombémie, indicateur biologique d'exposition au plomb (tableau A2-1).

Le plomb et ses dérivés inorganiques ont été classés dans le groupe 2A par le Centre international de recherche sur le cancer (probablement cancérigènes pour l'homme) en se basant essentiellement sur les résultats d'études expérimentales chez l'animal. Chez l'homme, une exposition professionnelle pourrait être associée à un risque accru de cancers des poumons, de l'estomac ou des reins.

^h Ineris. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – plomb et ses dérivés inorganiques. 2016. 170 p.

Tableau A2-1. Effets observés chez l'adulte et l'enfant en fonction de la plombémie minimale

Enfants	Plombémie (µg.L-1)	Adultes
		Décès
	1 500	
Décès		Douleurs abdominales
	1 000	Encéphalopathie
Encéphalopathie		
		Longévité diminuée Troubles de la mémoire, effets sur l'habileté manuelle
Douleurs abdominales		Effets sur la thyroïde
	500	
		↘ Vitesse de conduction nerveuse Neuropathie périphérique
	400	Anémie Effets musculo-squelettiques
		↗ Pression artérielle systolique (hommes)
Altération synthèse hémoglobine Effets sur les reins ↘ Métabolisme de la vitamine D	300	Altération de la synthèse d'hémoglobine
		Effets sur le système immunitaire ↘ Acuité auditive
		↗ Protoporphyrines urinaires (hommes)
↘ Vitesse de conduction nerveuse Anémie	200	Néphropathie
		↗ Protoporphyrines urinaires (femmes)
↗ Protoporphyrines urinaires	150	
	100	
↘ QI ↘ Acuité auditive ↘ Croissance Passage placentaire	10	

Source : Ineris^h, d'après Inserm (2006)

L'évaluation du risque radiologique par exposition interne et externe aux poussières autour du site de Mange-Garri réalisée par l'IRSN a montré que ce dernier était faible et conforme à la réglementation françaiseⁱ. Les pathologies induites par ce risque n'ont donc pas été étudiées.

ⁱ Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire. Avis IRSN n° 2016-00148 relatif à la conduite d'une expertise complémentaire dans le cadre de la campagne de mesures de poussières relative au site de stockage de Mange-Garri de la société ALTEO. 2016. 9 p.

Annexe 3 / Évolution des caractéristiques démographiques dans les zones d'étude

Évolution du nombre d'habitants

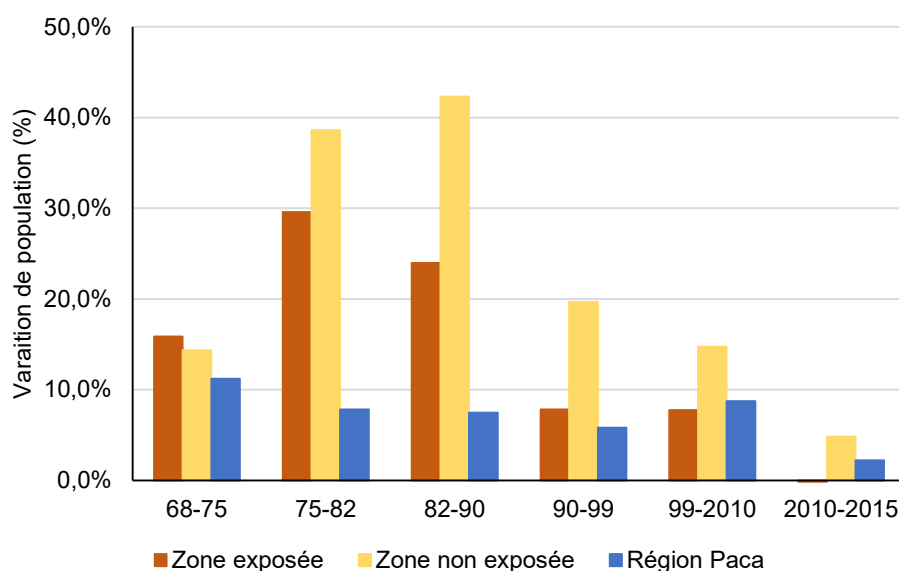
L'ancien bassin minier de Provence est une zone géographique qui a vu sa population augmenter de façon beaucoup plus importante que la région Paca entre les recensements de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) de 1968 et 2015. Sur cette période, la population de la région a en effet augmenté de moitié alors que celle de la zone exposée a doublé et que celle de la zone non exposée a plus que triplé (tableau A3.1.).

Tableau A3.1. : Évolution de la population selon les zones géographiques entre les recensements de 1968 et 2015

	1968	2015	Variation (%)
Région Paca	3 305 556	5 008 023	+ 51,5 %
Zone exposée	15 784	34 092	+ 116 %
Zone non exposée	22 512	73 131	+ 225 %

C'est plus spécifiquement entre les recensements de 1975 et 1990 que l'évolution a été la plus marquée (figure A3.1.). À noter que le nombre d'habitants dans la zone exposée a augmenté de façon moins rapide que dans la région depuis le début des années 2000 alors qu'elle continue à augmenter plus rapidement dans la zone non exposée.

Figure A3.1. Variation de la population selon les zones géographiques entre recensements (1968-2015)



Viellissement de la population

L'Insee a construit un indice de vieillissement défini comme le rapport entre le nombre de personnes de 65 ans et plus et le nombre de personnes de moins de 20 ans. Cet indice a été calculé sur chacune des zones pour tous les recensements sur la période 1968-2015.

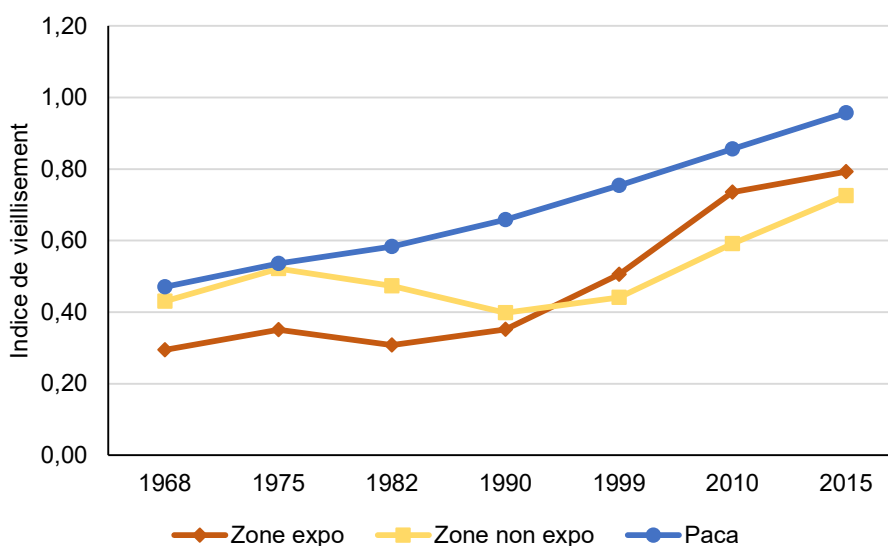
Sur la période 1968-2015, l'indice de vieillissement de la région Paca a augmenté régulièrement (figure A3.2.).

L'évolution a été différente sur les zones d'étude :

- pour la zone exposée :
 - sur la période 1968-1975, l'indice de vieillissement était du même ordre de grandeur que l'indice régional et évoluait globalement de la même manière ;
 - entre 1975 et 1990, l'indice a diminué avant de se stabiliser jusqu'en 1999 ;
 - depuis il augmente à nouveau à un rythme un peu plus soutenu que celui de la région Paca mais en restant à un niveau beaucoup plus faible ;
- pour la zone non exposée :
 - sur la période 1968-1975, l'indice de vieillissement était plus faible que celui de la zone non exposée et de la région et augmentait au même rythme ;
 - entre 1975 et 1990, l'indice s'est globalement stabilisé avant d'augmenter à nouveau, de façon plus soutenue que la zone non exposée et la région jusqu'en 2010 et de façon moins rapide à partir de 2010.

L'indice de vieillissement de la zone exposée, qui était plus faible que celui de la zone non exposée en début de période, est devenu plus élevé depuis le milieu des années 90, tout en restant inférieur à celui de la région sur l'ensemble de la période.

Figure A3.2. Évolution de l'indice de vieillissement selon les zones (1968-2015)



Caractéristiques socio-professionnelles

Depuis le recensement de 2006, des changements ont été introduits par rapport au questionnement du recensement de 1999 sur la population active. Afin d'établir des comparaisons avec les données des recensements antérieurs, l'Insee recommande ainsi de restreindre les analyses aux 25 - 54 ans car les modifications influent peu sur ces tranches d'âges.

La description a porté sur les catégories socioprofessionnelles (CSP) définies selon 6 modalités :

- agriculteurs,
- artisans, commerçants, chefs d'entreprises,
- cadres et professions intellectuelles supérieures,
- professions intermédiaires,
- employés,
- ouvriers.

Les évolutions les plus notables concernent les cadres et professions intellectuelles supérieures ainsi que les ouvriers.

En 1968, la proportion des cadres et de professions intellectuelles supérieures dans les zones exposée et non exposée était similaire (respectivement 4,3 et 3,4% des CSP) et inférieure à celle de la région Paca (7%). Elle a augmenté plus rapidement dans ces zones par rapport à la région jusqu'à devenir plus importante qu'au niveau régional à partir de 1982. En 2015, elle atteint 22,9% dans la zone non exposée, 21,9% dans la zone exposée et 15,7 % en région Paca (figure A3.3.).

En 1968, la proportion des ouvriers était largement supérieure dans les zones exposée et non exposée (respectivement 54,6 et 58,4% des CSP) par rapport à la région (36,4%). Sur l'ensemble de la période, l'évolution de cette proportion a été similaire dans les 2 zones (figure A3.4.). Sa diminution y a été plus marquée que dans la région jusqu'en 1982. La baisse a été moins rapide par la suite mais légèrement plus que dans la région. Ainsi, en 2015, la proportion d'ouvriers était désormais inférieure dans la zone non exposée (14%) et la zone exposée (16,2%) par rapport à la région (18%).

L'évolution des autres CSP est décrite dans les figures A3.5. à A3.8.

Figure A3.3. Évolution de la proportion de cadres et de professions intellectuellement supérieures selon la zone (1968-2015)

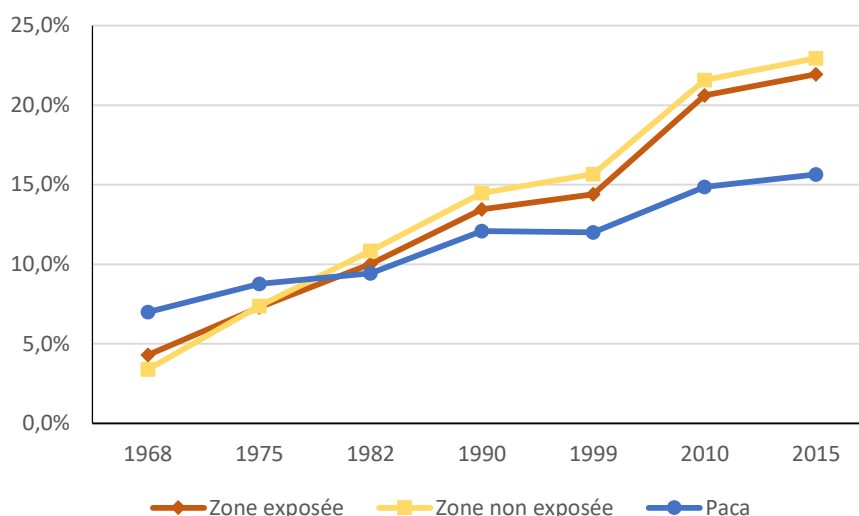


Figure A3.4. Évolution de la proportion d'ouvriers selon la zone (1968-2015)

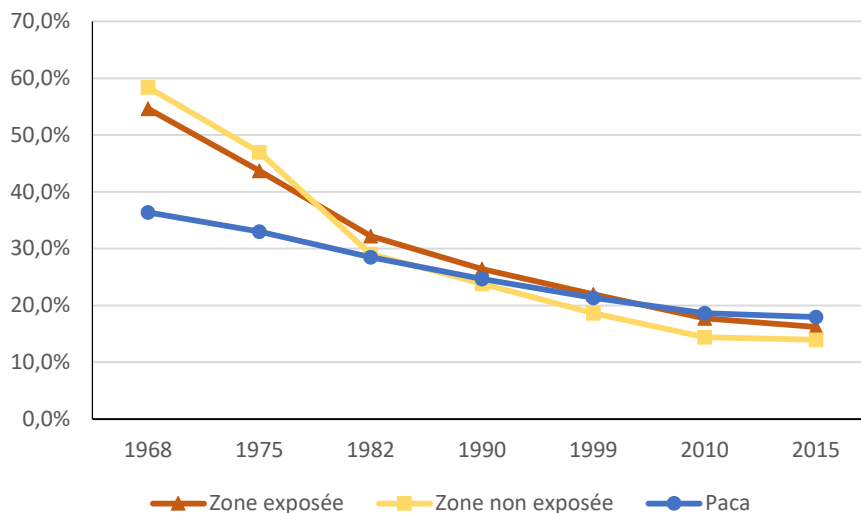


Figure A3.5. Évolution de la proportion des agriculteurs selon les zones (1968-2015)

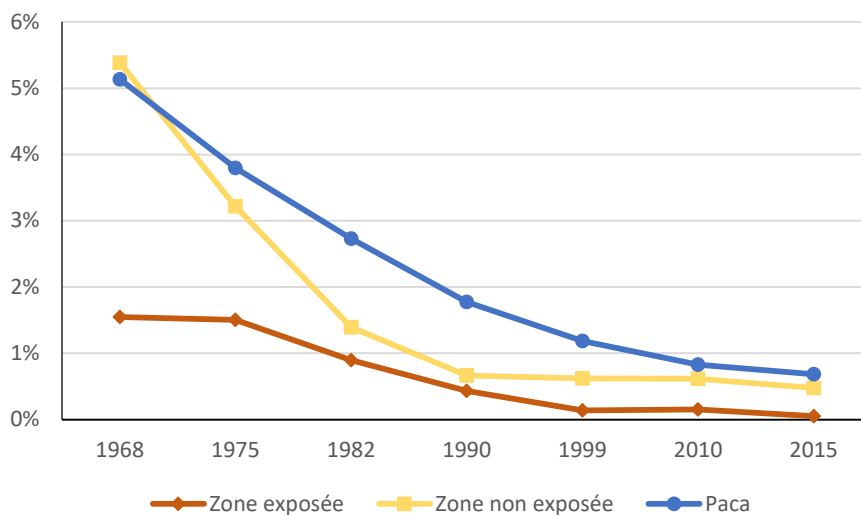


Figure A3.6. Évolution de la proportion des artisans, commerçants et chefs d'entreprises selon les zones (1968-2015)

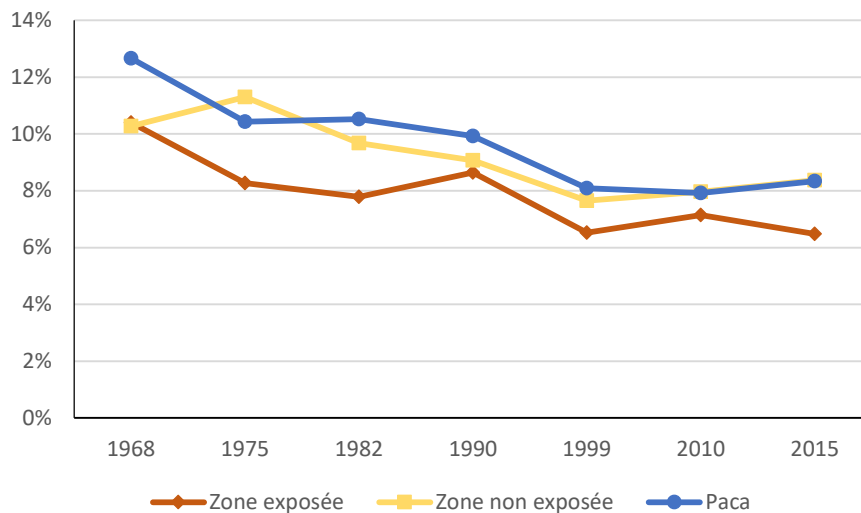


Figure A3.7. Évolution de la proportion des professions intermédiaires selon les zones (1968-2015)

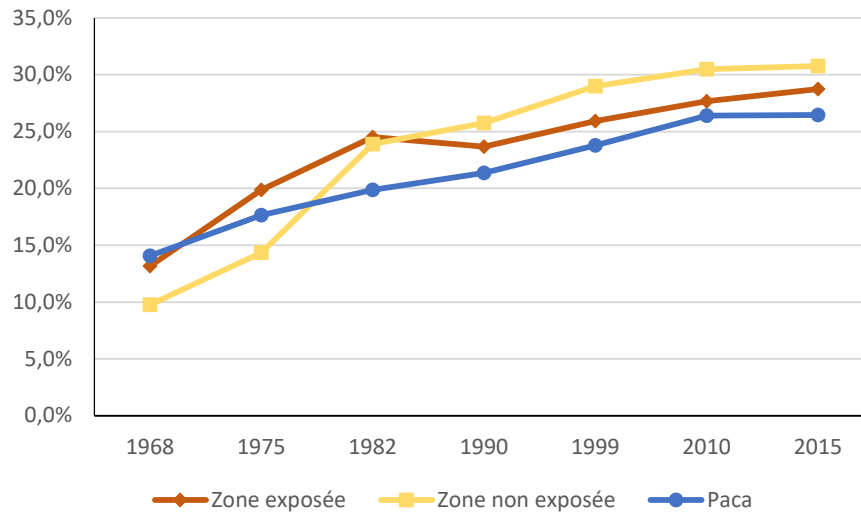
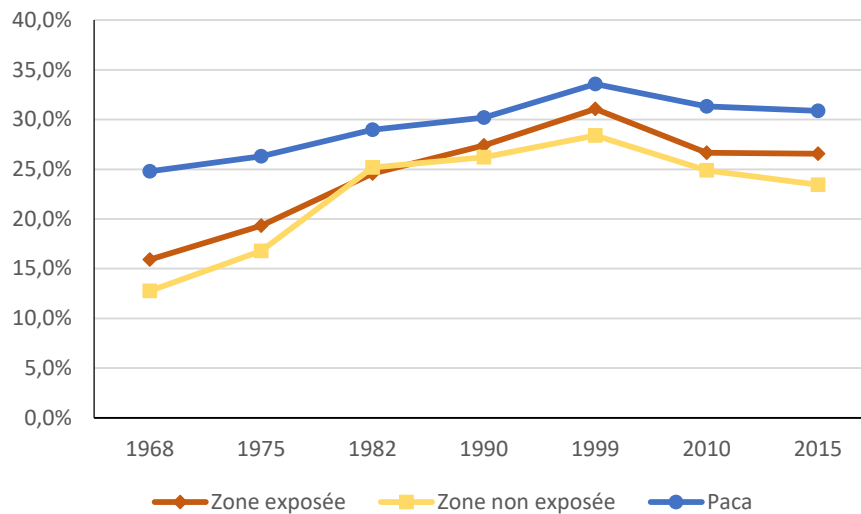


Figure A3.8. Évolution de la proportion des employés selon les zones (1968-2015)



Annexe 4 / Indice territorial de désavantage social (Fdep) en 2009 et degré de densité de population en 2011 des communes du bassin minier de Provence

Indice territorial de désavantage social

Dans l'analyse du risque de mortalité dans la zone exposée par rapport à la zone non exposée, c'est la valeur du Fdep qui a été prise en compte. Pour information, le tableau A4.1 présente les valeurs du Fdep par commune de l'ancien bassin minier de Provence, ainsi que les quintiles correspondants au niveau national, régional et départemental.

Excepté Gardanne, les communes de l'ancien bassin minier de Provence sont plutôt des communes favorisées socialement :

- en prenant comme référence le niveau national, toutes les communes de l'ancien bassin minier de Provence sont classées dans le premier quintile de Fdep (les 20% de communes les plus favorisées socialement) sauf Gardanne qui se trouve dans le 3^e quintile ;
- en prenant comme référence la région Paca, la grande majorité des communes (76,5%) sont classées dans le premier quintile de Fdep sauf La Destrousse et Trets qui sont classées dans le 2^e quintile et Gardanne classée dans le 4^e quintile ;
- en prenant comme référence le département des Bouches-du-Rhône, 5 communes (29,4%) sont classées dans le premier quintile, 9 communes dans le 2^e quintile (52,9%), 2 communes dans le 3^e quintile (11,8%) et Gardanne dans le 4^e quintile.

Degré de densité de population

Pour prendre en compte la population communale et sa répartition dans l'espace, la nouvelle grille communale de densité s'appuie sur la distribution de la population à l'intérieur de la commune. Elle repère ainsi des zones agglomérées. C'est l'importance de ces zones agglomérées au sein des communes qui va permettre de les caractériser et non la densité communale habituelle^j.

Au niveau de l'ancien bassin minier de Provence, 13 communes sont de densité intermédiaire (76,5%) et 4 sont des communes peu denses (23,5%).

^j Pour plus d'information sur la méthode de construction de la grille communale de densité : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/2114627/methode-constitution.pdf>

Tableau A4.1. Indice territorial de désavantage social (valeurs et quintiles) et degré de densité de population selon les communes de l'ancien bassin minier de Provence

Commune	Fdep 2009 ¹			Degré de densité de population ²
	Valeur	Quintile (national)	Quintile (Paca)	
Belcodène	-1,26	1	1	3
Bouc-Bel-Air	-1,55	1	1	2
La Bouilladisse	-0,94	1	1	2
Cadolive	-0,78	1	1	2
Châteauneuf-le-Rouge	-1,83	1	1	3
La Destrousse	-0,61	1	2	2
Fuveau	-1,11	1	1	2
Gardanne	0,21	3	4	2
Gréasque	-0,76	1	1	2
Meyreuil	-0,82	1	1	2
Mimet	-1,06	1	1	2
Peynier	-1,19	1	1	3
Peypin	-0,84	1	1	2
Rousset	-0,79	1	1	3
Saint-Savournin	-1,04	1	1	2
Simiane-Collongue	-1,16	1	1	2
Trets	-0,41	1	2	2

1. La valeur de l'indice Fdep augmente avec le niveau de désavantage social.

2. Signification des classes de densité :
 1- communes densément peuplées
 2- communes de densité intermédiaire
 3- communes peu denses
 4- communes très peu denses

Annexe 5 / Comparaison de la mortalité toutes causes hors morts violentes dans les zones exposée et non exposée par rapport à la région Paca, 1968-2015

Tableau A5.1. Rapport des taux standardisés* de mortalité toutes causes hors morts violentes (CMF) entre la zone exposée et la région Paca, 1968-2015

Période	Hommes		Femmes	
	CMF	IC95%	CMF	IC95%
1968-1977	0,97	[0,27 – 3,45]	1,78	[1,53 – 2,08]
1978-1986	1,22	[1,09 – 1,36]	1,55	[1,38 – 1,74]
1987-1995	1,24	[1,11 – 1,39]	1,23	[1,10 – 1,36]
1996-2005	1,00	[0,91 – 1,10]	1,07	[0,98 – 1,17]
2006-2015	0,96	[0,89 – 1,04]	1,03	[0,95 – 1,11]

* standardisation sur la population type européenne

Tableau A5.2. Rapport des taux standardisés* de mortalité toutes causes hors morts violentes (CMF) entre la zone non exposée et la région Paca, 1968-2015

Période	Hommes		Femmes	
	CMF	IC95%	CMF	IC95%
1968-1977	0,95	[0,89 – 1,01]	1,03	[0,97 – 1,10]
1978-1986	0,98	[0,92 – 1,03]	1,00	[0,95 – 1,06]
1987-1995	1,04	[0,98 – 1,10]	1,06	[1,01 – 1,12]
1996-2005	1,02	[0,98 – 1,07]	1,09	[1,04 – 1,14]
2006-2015	0,98	[0,94 – 1,02]	1,03	[0,99 – 1,07]

* standardisation sur la population type européenne

Annexe 6 / Modèle de quasi-poisson pour la comparaison des zones exposée et non exposée chez les hommes

Tableau A6.1. Estimations des paramètres obtenus à l'aide du modèle de quasi-poisson pour la comparaison des zones exposée et non exposée chez les hommes, période 2006-2015

Cause de décès	Constante	Zones (référence : zone non exposée)		Degrés de densité de population ¹ (référence : 1)			Fdep ²
		Zone exposée	autres communes Paca	2	3	4	
Toutes causes hors morts violentes Bêta <i>p</i>	0,033 ns	-0,01 ns	-0,033 ns	-0,019 ns	0,011 ns	-0,171 <0,0001	0,102 <0,0001
Décès prématurés hors morts violentes Bêta <i>p</i>	0,023 ns	0,114 ns	0,084 ns	-0,155 <0,0001	-0,198 <0,0001	-0,411 <0,0001	0,218 <0,0001
Maladies de l'appareil respiratoire Bêta <i>p</i>	0,126 ns	-0,138 ns	-0,153 ns	0,014 ns	0,024 ns	-0,146 ns	0,111 <0,0001
Emphysème Bêta <i>p</i>	-	-	-	-	-	-	-
Broncho-pneumopathie chronique obstructive Bêta <i>p</i>	0,267 ns	-0,384 ns	-0,362 <0,02	0,077 ns	0,277 <0,0001	-0,041 ns	0,207 <0,0001
Maladies de l'appareil circulatoire Bêta <i>p</i>	0,058 ns	-0,074 ns	-0,080 ns	0,004 ns	0,053 <0,01	-0,087 ns	0,096 <0,0001
Cardiopathies ischémiques Bêta <i>p</i>	0,197 <0,02	-0,231 ns	-0,222 <0,01	0,008 ns	-0,018 ns	-0,202 <0,02	0,145 <0,0001
Infarctus du myocarde Bêta <i>p</i>	0,170 ns	-0,262 ns	-0,158 ns	-0,023 ns	-0,067 ns	-0,168 ns	0,149 <0,0001
Maladies cérébrovasculaires Bêta <i>p</i>	0,061 ns	-0,091 ns	-0,075 ns	-0,028 ns	0,113 <0,001	-0,181 ns	0,072 <0,0001
Accidents vasculaires cérébraux Bêta <i>p</i>	0,101 ns	-0,107 ns	-0,108 ns	-0,037 ns	0,111 <0,001	-0,190 ns	0,075 <0,0001
Tumeurs malignes Bêta <i>p</i>	0,047 ns	0,058 ns	-0,039 ns	-0,018 ns	-0,005 ns	-0,247 <0,0001	0,115 <0,0001
Tumeur maligne de l'estomac Bêta <i>p</i>	0,225 ns	-0,187 ns	-0,200 ns	-0,062 ns	0,003 ns	-0,193 ns	0,131 <0,001
Tumeur maligne du côlon et du rectum Bêta <i>p</i>	0,043 ns	-0,032 ns	-0,045 ns	0,009 ns	0,078 <0,05	-0,116 ns	0,170 <0,0001
Tumeur maligne du foie Bêta <i>p</i>	0,033 ns	0,295 ns	-0,062 ns	-0,031 ns	0,088 ns	0,092 ns	0,105 <0,001
Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon Bêta <i>p</i>	0,113 ns	0,068 ns	-0,085 ns	-0,049 <0,02	-0,082 <0,001	-0,382 <0,0001	0,168 <0,0001
Tumeur maligne de la peau Bêta <i>p</i>	-0,439 ns	0,407 ns	0,385 ns	0,119 ns	0,065 ns	0,169 ns	-0,107 <0,05
Tumeur maligne du sein Bêta <i>p</i>	-	-	-	-	-	-	-

Cause de décès	Constante	Zones (référence : zone non exposée)		Degrés de densité de population ¹ (référence : 1)			Fdep ²	
		Zone exposée	autres communes Paca	2	3	4		
Tumeur maligne de la prostate	Bêta p	-0,005 ns	-0,084 ns	0,025 ns	-0,052 ns	0,041 ns	-0,161 ns	0,062 <0,01
Tumeur maligne du rein	Bêta p	0,223 ns	-0,575 ns	-0,241 ns	0,044 ns	0,054 ns	-0,258 ns	0,041 ns
Tumeur maligne de la vessie	Bêta p	0,131 ns	0,219 ns	-0,132 ns	-0,032 ns	-0,012 ns	-0,275 ns	0,091 <0,01
Sclérose latérale amyotrophique	Bêta p	-0,090 ns	0,104 ns	-0,001 ns	0,043 ns	0,201 ns	-0,459 ns	-0,010 ns
Maladie de Parkinson	Bêta p	-0,150 ns	0,059 ns	0,124 ns	-0,031 ns	0,125 <0,05	-0,295 ns	0,025 ns
Maladie d'Alzheimer	Bêta p	0,133 ns	0,108 ns	-0,215 ns	0,066 ns	0,229 <0,0001	0,037 ns	0,015 ns
Néphropathies	Bêta p	0,042 ns	-0,852 <0,05	-0,092 ns	0,056 ns	0,073 ns	-0,356 ns	0,072 <0,05

NC : non concerné ; - : effectif <5 en zone exposée ou non exposée

- 1 - Degrés de densité : 1- communes densément peuplées
2- communes de densité intermédiaire
3- communes peu denses
4- communes très peu denses.
- 2 - Indice territorial de désavantage social (Fdep)

Annexe 7 / Modèle de quasi-poisson pour la comparaison des zones exposée et non exposée chez les femmes

Tableau A7.1. Estimations des paramètres obtenus à l'aide du modèle de quasi-poisson pour la comparaison des zones exposée et non exposée chez les femmes, période 2006-2015

Cause de décès	Constante	Zones (référence : zone non exposée)		Degrés de densité de population ¹ (référence : 1)			Fdep ²
		Zone exposée	Autres communes Paca	2	3	4	
Toutes causes hors morts violentes Bêta <i>p</i>	-0,0003 ns	-0,0009 ns	-0,041 ns	0,0345 <0,01	0,122 <0,0001	-0,076 ns	0,037 <0,0001
Décès prématurés hors morts violentes Bêta <i>p</i>	-0,008 ns	0,245 <0,05	0,100 ns	-0,131 <0,0001	-0,152 <0,0001	-0,210 <0,01	0,143 <0,0001
Maladies de l'appareil respiratoire Bêta <i>p</i>	-0,036 ns	0,055 ns	-0,013 ns	0,029 ns	0,153 <0,0001	-0,197 ns	0,023 ns
Emphysème Bêta <i>p</i>	-	-	-	-	-	-	-
Broncho-pneumopathie chronique obstructive Bêta <i>p</i>	-0,208 ns	0,159 ns	0,197 ns	0,043 ns	0,133 <0,05	-0,434 ns	0,082 <0,05
Maladies de l'appareil circulatoire Bêta <i>p</i>	-0,043 ns	-0,034 ns	-0,029 ns	0,070 <0,0001	0,180 <0,0001	0,028 ns	0,048 <0,0001
Cardiopathies ischémiques Bêta <i>p</i>	-0,058 ns	-0,130 ns	-0,044 ns	0,102 <0,001	0,145 <0,0001	0,009 ns	0,112 <0,0001
Infarctus du myocarde Bêta <i>p</i>	-0,275 ns	0,242 ns	0,216 ns	0,03 ns	0,125 <0,01	0,111 ns	0,093 <0,001
Maladies cérébrovasculaires Bêta <i>p</i>	-0,094 ns	0,146 ns	0,023 ns	0,071 <0,01	0,214 <0,0001	0,142 ns	0,035 <0,05
Accidents vasculaires cérébraux Bêta <i>p</i>	-0,074 ns	0,139 ns	0,01 ns	0,062 <0,01	0,194 <0,0001	0,120 ns	0,037 <0,05
Tumeurs malignes Bêta <i>p</i>	0,014 ns	0,046 ns	0,002 ns	-0,037 <0,01	0,001 ns	-0,153 <0,01	0,043 <0,0001
Tumeur maligne de l'estomac Bêta <i>p</i>	-	-	-	-	-	-	-
Tumeur maligne du côlon et du rectum Bêta <i>p</i>	-0,206 ns	-0,044 ns	0,197 ns	0,021 ns	0,045 ns	-0,099 ns	0,085 <0,001
Tumeur maligne du foie Bêta <i>p</i>	0,248 ns	0,271 ns	-0,292 ns	0,014 ns	0,044 ns	0,052 ns	0,105 <0,05
Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon Bêta <i>p</i>	0,091 ns	-0,037 ns	0,033 ns	-0,175 <0,0001	-0,182 <0,0001	-0,519 <0,001	0,053 <0,05
Tumeur maligne de la peau Bêta <i>p</i>	-0,432 ns	0,798 ns	0,356 ns	0,130 ns	0,046 ns	0,342 ns	-0,073 ns

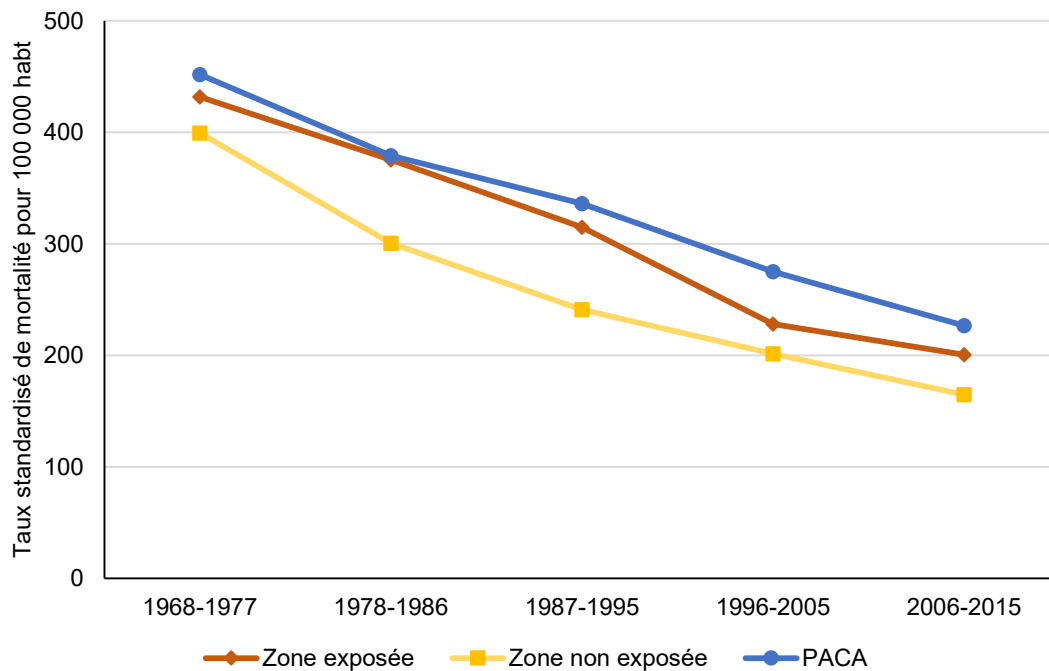
Cause de décès	Constante	Zones (référence : zone non exposée)		Degrés de densité de population ¹ (référence : 1)			Fdep ²	
		Zone exposée	Autres communes Paca	2	3	4		
Tumeur maligne du sein	Bêta <i>p</i>	0,115 ns	0,022 ns	-0,135 ns	0,013 ns	0,105 <0,01	0,036 ns	0,046 <0,05
Tumeur maligne de la prostate	Bêta <i>p</i>	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Tumeur maligne du rein	Bêta <i>p</i>	-	-	-	-	-	-	-
Tumeur maligne de la vessie	Bêta <i>p</i>	-0,331 ns	0,326 ns	0,368 ns	-0,123 ns	-0,011 ns	-0,178 ns	0,004 ns
Sclérose latérale amyotrophique	Bêta <i>p</i>	-	-	-	-	-	-	-
Maladie de Parkinson	Bêta <i>p</i>	0,034 ns	0,145 ns	-0,180 ns	0,144 <0,01	0,305 <0,0001	-0,658 ns	-0,086 <0,05
Maladie d'Alzheimer	Bêta <i>p</i>	0,219 ns	0,209 ns	-0,417 <0,01	0,199 <0,0001	0,487 <0,0001	0,055 ns	-0,047 ns
Néphropathies	Bêta <i>p</i>	0,095 ns	-0,792 ns	-0,162 ns	0,059 ns	0,121 ns	-0,079 ns	0,060 ns

NC : non concerné ; - : effectif <5 en zone exposée ou non exposée

- 1 - Degrés de densité : 1- communes densément peuplées
2- communes de densité intermédiaire
3- communes peu denses
4- communes très peu denses.
2 - Indice territorial de désavantage social (Fdep)

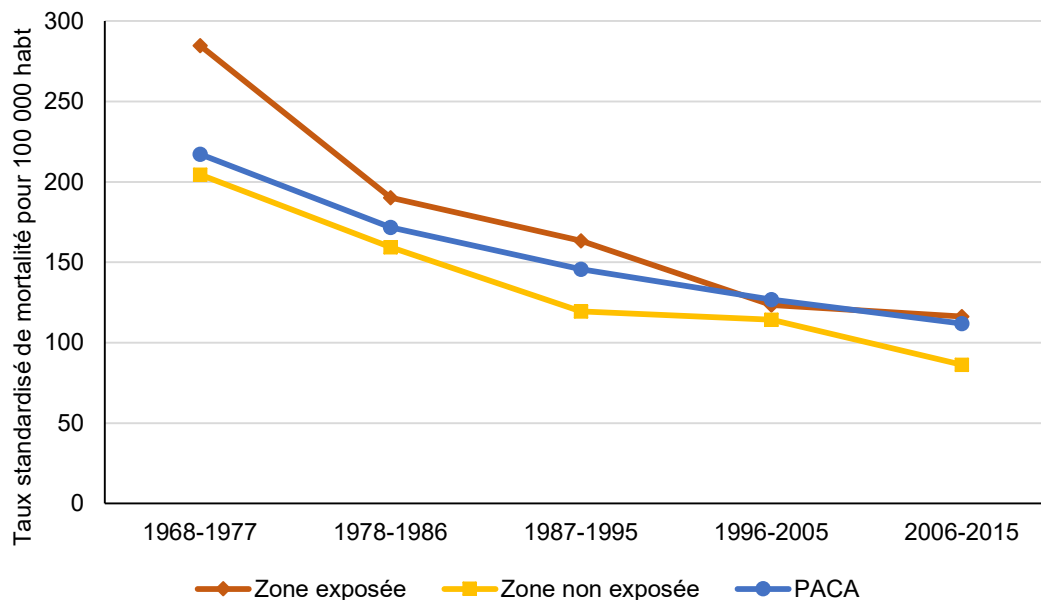
Annexe 8 / Évolution chez les hommes et chez les femmes de la mortalité prématurée toutes causes hors morts violentes, 1968-2015

Figure A.8.1. Évolution des taux standardisés* de mortalité prématurée toutes causes hors morts violentes, 1968-2015, hommes



* standardisation sur la population type européenne

Figure A8.2. Évolution des taux standardisés* de mortalité prématurée toutes causes hors morts violentes, 1968-2015, femmes



* standardisation sur la population type européenne

Annexe 9 / SMR par cause de décès dans la zone exposée, 2006-2015 (référence : France métropolitaine)

Tableau A9.1. SMR par cause de décès dans la zone exposée, 2006-2015 (référence : France métropolitaine)

Cause de décès	Hommes			Femmes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95%]	Nobs	Natt	SMR [IC95%]
Toutes causes hors morts violentes	1 252	1397,2	0,90 [0,64-1,26]	1 226	1253,3	0,98 [0,67-1,43]
Décès prématurés hors morts violentes	280	339,2	0,83 [0,57-1,19]	172	175,0	0,98 [0,69-1,41]
Maladies de l'appareil respiratoire	89	98,1	0,91 [0,59-1,39]	82	80,6	1,02 [0,64-1,61]
Emphysème	-	-	-	-	-	-
Broncho-pneumopathie chronique obstructive	23	29,5	0,78 [0,41-1,48]	13	14,5	0,90 [0,45-1,79]
Maladies de l'appareil circulatoire	312	361,3	0,86 [0,60-1,24]	325	366,6	0,89 [0,59-1,34]
Cardiopathies ischémiques	93	112,9	0,82 [0,55-1,23]	52	73,1	0,71 [0,42-1,21]
Infarctus du myocarde	44	55,0	0,80 [0,49-1,30]	30	35,3	0,85 [0,48-1,51]
Maladies cérébrovasculaires	62	72,4	0,86 [0,55-1,34]	95	90,4	1,05 [0,68-1,63]
Accidents vasculaires cérébraux	60	69,3	0,87 [0,55-1,36]	91	86,7	1,05 [0,68-1,63]
Tumeurs malignes	479	504,2	0,95 [0,68-1,32]	318	337,6	0,94 [0,66-1,35]
Tumeur maligne de l'estomac	13	16,6	0,78 [0,40-1,55]	-	-	-
Tumeur maligne du côlon et du rectum	40	50,2	0,80 [0,49-1,29]	28	40,9	0,68 [0,39-1,19]
Tumeur maligne du foie	34	32,8	1,04 [0,65-1,66]	16	11,2	1,43 [0,77-2,64]
Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon	130	127,6	1,02 [0,71-1,46]	38	42	0,90 [0,55-1,50]
Tumeur maligne de la peau	9	7,4	1,22 [0,53-2,84]	9	5,6	1,62 [0,76-3,44]
Tumeur maligne du sein	-	-	-	64	63,1	1,01 [0,66-1,56]
Tumeur maligne de la prostate	34	48,0	0,71 [0,42-1,18]	NC	NC	NC
Tumeur maligne du rein	8	12,3	0,65 [0,29-1,47]	-	-	-
Tumeur maligne de la vessie	30	20,9	1,43 [0,91-2,25]	5	6,0	0,84 [0,28-2,49]
Sclérose latérale amyotrophique	5	4,1	1,21 [0,43-3,39]	-	-	-
Maladie de Parkinson	13	14,8	0,88 [0,44-1,76]	16	11,0	1,45 [0,78-2,71]
Maladie d'Alzheimer	36	27,3	1,32 [0,75-2,32]	118	61,8	1,91 [1,20-3,04]
Néphropathies	8	17,6	0,45 [0,19-1,07]	8	17,0	0,47 [0,18-1,24]

Nobs : nombre de décès observé ; Natt : nombre de décès attendu ; SMR : ratio standardisé de mortalité ; IC : intervalle de confiance ; NC : non concerné ; - : effectif <5

Annexe 10 / SMR par cause de décès dans la zone non exposée, 2006-2015 (référence : France métropolitaine)

Tableau A10.1. SMR par cause de décès dans la zone non exposée, 2006-2015 (référence : France métropolitaine)

Cause de décès	Hommes			Femmes		
	Nobs	Natt	SMR [IC95%]	Nobs	Natt	SMR [IC95%]
Toutes causes hors morts violentes	2 333	2665,1	0,88 [0,68-1,12]	2 388	2424,1	0,99 [0,75-1,29]
Décès prématurés	486	725,4	0,67 [0,51-0,89]	263	363,9	0,72 [0,54-0,97]
Maladies de l'appareil respiratoire	184	183,3	1,00 [0,75-1,35]	154	157,1	0,98 [0,70-1,37]
Emphysème	6	4,7	1,29 [0,54-3,08]	-	-	-
Broncho-pneumopathie chronique obstructive	60	55,1	1,09 [0,73-1,62]	21	27,9	0,75 [0,44-1,29]
Maladies de l'appareil circulatoire	616	679,4	0,91 [0,70-1,17]	657	712,2	0,92 [0,69-1,23]
Cardiopathies ischémiques	210	213,6	0,98 [0,75-1,28]	110	141,0	0,78 [0,54-1,12]
Infarctus du myocarde	103	105,4	0,98 [0,71-1,34]	44	67,3	0,65 [0,41-1,05]
Maladies cérébrovasculaires	127	135,7	0,94 [0,68-1,28]	161	174,3	0,92 [0,66-1,29]
Accidents vasculaires cérébraux	125	129,8	0,96 [0,70-1,32]	155	167,2	0,93 [0,66-1,30]
Tumeurs malignes	833	968,5	0,86 [0,67-1,11]	572	640,6	0,89 [0,68-1,17]
Tumeur maligne de l'estomac	29	31,8	0,91 [0,58-1,44]	14	16,3	0,86 [0,47-1,57]
Tumeur maligne du côlon et du rectum	74	95,2	0,78 [0,55-1,10]	54	77,4	0,70 [0,47-1,04]
Tumeur maligne du foie	48	62,9	0,76 [0,51-1,14]	22	20,9	1,05 [0,62-1,78]
Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon	220	248,6	0,89 [0,67-1,16]	74	80,8	0,92 [0,64-1,31]
Tumeur maligne de la peau	12	14,3	0,84 [0,41-1,74]	8	10,8	0,74 [0,33-1,65]
Tumeur maligne du sein	-	-	-	120	120,9	0,99 [0,73-1,36]
Tumeur maligne de la prostate	68	88,9	0,76 [0,53-1,10]	NC	NC	NC
Tumeur maligne du rein	27	23,7	1,14 [0,73-1,78]	5	11,6	0,43 [0,16-1,16]
Tumeur maligne de la vessie	44	39,4	1,12 [0,77-1,62]	7	11,3	0,62 [0,25-1,55]
Sclérose latérale amyotrophique	9	8,0	1,13 [0,52-2,44]	10	6,4	1,55 [0,72-3,36]
Maladie de Parkinson	23	27,3	0,84 [0,50-1,42]	28	20,9	1,34 [0,84-2,15]
Maladie d'Alzheimer	61	50,4	1,21 [0,78-1,87]	203	121,1	1,68 [1,18-2,39]
Néphropathies	34	32,7	1,04 [0,69-1,58]	34	32,9	1,03 [0,65-1,66]

Nobs : nombre de décès observé ; Natt : nombre de décès attendu ; SMR : ratio standardisé de mortalité ; IC : intervalle de confiance ; NC : non concerné ; - : effectif <5