



(ID Modèle = 454988)

Ineris - 203567 - 2719605 - v1.0

13/10/2021

**Evaluation quantitative des risques sanitaires pour les populations de la vallée de l'Orbiel**

Mise à jour de l'étude relative à l'inhalation des particules métalliques en suspension

ARS Occitanie

## **PRÉAMBULE**

Le présent document a été établi sur la base des informations transmises à l'Ineris. La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations fournies.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du présent document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La prestation ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser le document après cette date.

L'établissement du présent document et la prestation associée sont réalisés dans le cadre d'une obligation de moyens.

Au vu de la mission qui incombe à l'Ineris au titre de l'article R131-36 du Code de l'environnement, celui-ci n'est pas décideur. Ainsi, les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre de cette prestation ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur. Par conséquent la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du présent document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour toute utilisation du document en dehors de son objet.

En cas de contradiction entre les conditions générales de vente et les stipulations du présent préambule, les stipulations du présent préambule prévalent sur les stipulations des conditions générales de vente.

Nom de la Direction en charge du rapport : Direction Sites et Territoires

Rédaction : LETHIELLEUX Laurence – DROISSART Aurélie

Vérification : VELLY Nathalie – RAMEL Martine

Approbation : Document approuvé le 13/10/2021 par BAROUDI HAFID

Liste des personnes ayant participé à l'étude : /

## Table des matières

1.	Contexte et objectifs .....	6
2.	Campagnes de mesures dans la vallée de l'Orbiel .....	8
2.1	Stratégie de mesure .....	8
2.2	Résultats des mesures .....	12
2.3	Conditions météorologiques pendant les périodes de mesure .....	14
3.	Mise à jour de l'Evaluation des risques sanitaires de 2007 .....	15
3.1	Sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence .....	15
3.2	Evaluation des expositions .....	18
3.2.1	Scénario d'exposition .....	18
3.2.2	Valeurs de concentrations dans l'air retenues .....	19
3.2.3	Méthode de calcul .....	21
3.2.4	Paramètres d'exposition .....	21
3.2.5	Résultats de la quantification des expositions.....	22
3.3	Caractérisation des risques .....	22
3.3.1	Adéquation des données d'exposition et des données toxicologiques.....	22
3.3.2	Quantification des risques sanitaires.....	23
3.3.3	Analyse des incertitudes.....	25
3.4	Conclusion de la mise à jour de l'ERS.....	26
4.	Interprétation de l'état des milieux .....	27
5.	Conclusion .....	28
6.	Liste des acronymes .....	29
7.	Liste des références.....	30
8.	Liste des annexes .....	33

## Table des illustrations et figures

Figure 1 : extrait du rapport d'Evadiès (7) : Localisation des points de prélèvements de 2020 ..... 10

### Table des tableaux

Tableau 1 : liste des paramètres recherchés au cours des campagnes de 2020 .....	8
Tableau 2 : récapitulatif des points de mesures de la campagne de 2020 .....	9
Tableau 3 : récapitulatif des concentrations maximales mesurées (3 campagnes confondues) (ng/m <sup>3</sup> )	13
Tableau 4 : VTR sélectionnées pour l'ERS pour les substances considérées.....	17
Tableau 5 : Résultats des niveaux moyens de dépôts de poussières (en mg/m <sup>2</sup> /j) et de métaux (en µg/m <sup>2</sup> /j) mesurées dans les collecteurs par jauges lors des deux campagnes .....	18
Tableau 6 : résultats des concentrations métalliques (ng/m <sup>3</sup> ) dans les poussières PM10 collectées par les préleveurs séquentiels (7) à Villanière.....	19
Tableau 7 : Estimation par calculs de proportionnalité des concentrations d'exposition pour le point « mémorial » (ng/m <sup>3</sup> ).....	19
Tableau 8 : concentrations maximales (exprimées en ng/m <sup>3</sup> ) en éléments traces retenues pour l'EQRS dans le cadre de l'étude de 2007 et de la présente étude.....	20
Tableau 9 : Concentrations en chrome total et chrome hexavalent mesurées dans les sols (en mg/kg)	21
Tableau 10 : concentrations moyennes inhalées CI (exprimées en ng/m <sup>3</sup> ) .....	22
Tableau 11 : quotients de danger calculés sur la base des campagnes de mesures de poussières en suspension dans l'air ambiant dans la vallée de l'Orbiel. ....	24
Tableau 12 : bilan des excès de risque individuels calculés sur la base des campagnes de mesures de poussières en suspension dans l'air ambiant .....	25
Tableau 13 : Voies de transfert et d'exposition retenues pour l'interprétation de l'état des milieux.....	37
Tableau 14 : valeurs réglementaires pour les substances identifiées dans la vallée de l'Orbiel - valeurs cibles applicables à compter du 31 décembre 2012 – arsenic, cadmium et nickel (16) .....	38
Tableau 15 : valeurs réglementaires pour les substances identifiées dans la vallée de l'Orbiel - Normes de qualité de l'air, déterminées selon des méthodes définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement - plomb .....	38
Tableau 16 : valeurs réglementaires pour les substances identifiées dans la vallée de l'Orbiel - Normes de qualité de l'air, déterminées selon des méthodes définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement - particules.....	38
Tableau 17 : valeurs « témoins » moyennes de la vallée de l'Orbiel et de Carcassonne (ng/m <sup>3</sup> ) : .....	40
Tableau 18 : IEM - Ensemble des quotients de danger calculés pour les substances mesurées dans les PM10 pour les résidents des communes investiguées de la vallée de l'Orbiel.....	42
Tableau 19 : IEM – Ensemble des excès de risque individuels calculés pour les substances mesurées dans les PM10 pour les résidents des communes investiguées de la vallée de l'Orbiel .....	42

## Résumé

La vallée de l'Orbiel a fait l'objet d'une exploitation minière au cours du XX<sup>ème</sup> siècle et ce jusqu'en 2004. Dans cette vallée, sont recensés des sites et anciennes installations liés à l'exploitation minière du district aurifère de Salsigne et à l'exploitation industrielle de la Combe du Saut.

En octobre 2018, la vallée de l'Orbiel a subi de fortes inondations. En aval du district minier de Salsigne, les communes de Lastours, Limousis, Conques-sur-Orbiel, Villalier, Villedubert, Bouilhonnac et Trèbes ont été inondées par l'Orbiel et par son affluent, le Grésillou. Par ailleurs, certaines communes situées en amont du district minier de Salsigne, comme Mas-Cabardès et les Ihles, ont été également touchées par la crue.

Des préoccupations relatives aux risques sanitaires induits par l'inhalation de poussières provenant des anciens sites miniers et industriels du secteur ont été exprimées par les associations et les habitants du secteur lors de la commission locale d'information du 25 juin 2019. La Préfecture de l'Aude a présenté à la population un plan de 50 actions pour la vallée de l'Orbiel le 14 novembre 2019. L'action n°29 consiste en la réalisation d'une nouvelle campagne d'analyses des poussières atmosphériques dans l'air extérieur de la vallée de l'Orbiel afin d'actualiser l'évaluation quantitative des risques sanitaires pour la voie inhalation menée en 2007 sur la base de mesures réalisées en 2006.

La présente évaluation des risques sanitaires porte uniquement sur l'exposition des populations riveraines par inhalation de poussières en suspension dans l'air. Le mode d'exposition par ingestion est donc exclu de la présente étude. On considère que les concentrations mesurées dans l'air ambiant sont imputables uniquement aux anciennes exploitations minières.

Afin d'être représentatif de l'exposition de la population d'une année, 3 campagnes de mesures de 1 mois réparties sur trois trimestres distincts (été 2020, automne 2020, hiver 2020-2021) ont été réalisées.

Une approche majorante a consisté à considérer que l'ensemble de la population de la zone d'étude est exposé aux plus fortes concentrations mesurées lors des campagnes réalisées.

**Sur la base des campagnes de mesures réalisées entre 2020 et 2021, et selon les hypothèses d'étude majorantes retenues, l'exposition des résidents concernés aux métaux analysés par inhalation de poussières en suspension conduit à des niveaux de risque jugés non préoccupants tant pour les enfants que pour les adultes.**

Pour les substances à effets à seuil, les quotients de danger associés aux effets respiratoires sont bien inférieurs à la valeur repère usuelle de 1<sup>1</sup> chez l'enfant (QD de 0,05) comme chez l'adulte (QD de 0,04).

Pour les substances à effets sans seuil, les excès de risque individuels de cancer cumulés (tout type confondu) sont inférieurs à la valeur repère usuelle de 10<sup>-5</sup> <sup>1</sup> (1,8.10<sup>-7</sup> chez l'enfant et 1,4.10<sup>-6</sup> chez l'adulte exposé durant sa vie entière).

Ces résultats sont cohérents avec l'évaluation des risques sanitaires réalisée en 2007.

En parallèle de la mise à jour de cette évaluation, il a été fait le choix de mener une étude d'interprétation de l'état des milieux, afin de tenir compte des outils et méthodes actuellement en vigueur au niveau national pour la gestion des sites et sols pollués. Cette interprétation de la qualité des milieux montre également que la qualité de l'air de la vallée reste conforme à la réglementation pour les résidents de la vallée et est compatible avec les usages résidentiels.

### **Pour citer ce document :**

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, , Verneuil-en-Halatte : Ineris - 203567 - 2719605 - v1.0, 13/10/2021.

### **Mots-clés :**

Particules, PM10, poussières, inhalation, évaluation des risques sanitaires, interprétation de l'état des milieux

---

<sup>1</sup> correspondant au critère d'acceptabilité du risque retenu dans la méthodologie de gestion des sites et sols pollués et inscrit dans la circulaire du 09/08/2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation

# 1. Contexte et objectifs

La vallée de l'Orbiel a fait l'objet d'une exploitation minière au cours du XX<sup>ème</sup> siècle et ce jusqu'en 2004. Dans cette vallée, sont recensés des sites et anciennes installations liés à l'exploitation minière du district aurifère de Salsigne et à l'exploitation industrielle de la Combe du Saut. Depuis 2006, la majorité de ces sites est confiée à la surveillance du département de prévention et sécurité minière (DPSM) du BRGM, par décret 2006-402 du 4 avril 2006 (convention Etat-BRGM du 4 mai 2006).

En octobre 2018, la vallée de l'Orbiel a subi de fortes inondations. En aval du district minier de Salsigne, les communes de Lastours, Limousis, Conques-sur-Orbiel, Villalier, Villedubert, Bouilhonnac et Trèbes ont été inondées par l'Orbiel et par son affluent, le Grésillou. Par ailleurs, certaines communes situées en amont du district minier de Salsigne, comme Mas-Cabardès et les Ihles, ont été également touchées par la crue.

Dans ce contexte, des études (cf. chapitre 7) ont été conduites notamment pour :

- déterminer l'impact de la crue sur la qualité des sols superficiels dont les jardins potagers et les sites à usage sensible (fréquentés par les enfants) de la vallée de l'Orbiel en aval du district minier,
- discerner l'impact de la crue d'un éventuel impact plus ancien lié à l'historique industriel et minier en tenant compte de la qualité naturelle des milieux d'exposition ; le fond pédogéochimique étant naturellement plus élevé dans ce secteur,
- proposer des recommandations en termes de mesures de gestion à partir des résultats des mesures dans les sols touchés par les inondations sur les différents sites publics fréquentés notamment par les enfants.

Lors de la réunion de la commission locale d'information (CLI) du 25 juin 2019, des préoccupations relatives aux risques sanitaires induits par l'inhalation de poussières provenant des anciens sites miniers et industriels du secteur ont été émises par les associations et les habitants du secteur.

Dans ce contexte, la Préfecture de l'Aude a présenté à la population un plan de 50 actions pour la vallée de l'Orbiel le 14 novembre 2019. L'action n°29 consiste en la réalisation d'une nouvelle campagne d'analyses des poussières atmosphériques dans l'air extérieur de la vallée de l'Orbiel afin :

- d'actualiser les prélèvements et les analyses de 2006 (1) qui avaient permis la réalisation par l'Ineris d'une étude des risques sanitaires liés à l'inhalation des poussières dans l'air extérieur de la vallée de l'Orbiel en 2007 (2) ;
- et de permettre ainsi l'actualisation de l'évaluation quantitative des risques sanitaires pour la voie inhalation.

En juillet 2020, l'Agence Régionale de Santé d'Occitanie a sollicité l'Ineris pour réaliser la mise à jour de cette évaluation sur la base des campagnes de prélèvements de poussières mises en œuvre par la société Evadiès selon trois phases :

- phase 0 : suivi des retombées de poussières au sol à proximité immédiate des sites miniers afin de préciser le milieu source (jauges<sup>2</sup>),
- phase 1 : sélection des points d'échantillonnage,
- phase 2 : prélèvement des poussières en suspension dans l'air ambiant au cours de 3 campagnes de mesures

Parallèlement, le BRGM/DPSM a travaillé à l'élaboration du fond pédogéochimique de la région (3).

Le présent rapport constitue la mise à jour de l'évaluation des risques sanitaires liés à l'inhalation de poussières métalliques en suspension de 2007 réalisée par l'Ineris, en tenant compte des nouvelles campagnes de mesures réalisées (phase 2).

En parallèle de la mise à jour de l'évaluation des risques réalisée en 2007, il a été fait le choix de mener une interprétation de l'état des milieux, dont les résultats figurent en annexe, afin de tenir compte des outils et méthodes actuellement en vigueur au niveau national pour la gestion des sites

---

<sup>2</sup> Ces données ont été utilisées ponctuellement dans cette étude.

et sols pollués :

- mise à jour des calculs de risques selon la méthodologie déployée au cours de l'étude de 2007, considérant, pour chaque substance, la concentration maximale mesurée sur l'ensemble de la zone d'étude tout en procédant à l'additivité des risques ;
- réalisation d'une interprétation de l'état des milieux. Les valeurs d'exposition sont ainsi analysées aux différents emplacements de mesure, au regard du contexte national d'exposition de la population française (valeurs réglementaires, valeurs à portée réglementaire du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP), valeur de la Haute Autorité de Santé (HAS)).

La liste des rapports Evadiès examinés pour cette étude est la suivante :

- Etude des poussières atmosphériques dans le district minier de la vallée de l'Orbiel (11) - résultats de la campagne n°1/3 de la surveillance environnementale réalisée à l'été 2020,
- Etude des poussières atmosphériques dans le district minier de la vallée de l'Orbiel (11) - résultats de la campagne n°2/3 de la surveillance environnementale réalisée à l'automne 2020,
- Etude des poussières atmosphériques dans le district minier de la vallée de l'Orbiel (11) - résultats de la campagne n°3/3 de la surveillance environnementale réalisée à l'hiver 2020,
- Etude des poussières atmosphériques dans le district minier de la vallée de l'Orbiel (11) - synthèse des résultats. 2021,
- Mesures des dépôts atmosphériques sur l'ancien district minier et industriel de la vallée de l'Orbiel (11) - Résultats de la campagne de surveillance environnementale réalisée à l'été 2020,
- Mesures des dépôts atmosphériques sur l'ancien district minier de Salsigne (11) - résultats de la campagne de surveillance environnementale réalisée à l'hiver 2020.

Des références plus complètes de ces rapports ainsi que la liste de l'ensemble des rapports exploités au cours de la présente étude sont données au chapitre 7.

## 2. Campagnes de mesures dans la vallée de l'Orbiel

### 2.1 Stratégie de mesure

Evadiès a réalisé trois campagnes de mesures de poussières afin d'être représentatif des différentes périodes de l'année, et de la variabilité des situations météorologiques et des émissions potentielles. Ces campagnes permettent d'avoir une bonne estimation de l'exposition moyenne annuelle dans l'air ambiant (phase 2) pendant l'été 2020 (4), l'automne 2020 (5) et l'hiver 2020 (6) (7) (8). Elles sont basées sur :

- des prélèvements de PM10 par préleveurs séquentiels (LECKEL SEQ 47/50),
- des prélèvements de TSP, PM10 et PM2,5 par micro-préleveurs (Microvol),
- un suivi continu des concentrations en PM10 par micro-capteurs lors de la première campagne estivale uniquement (micro-capteurs NEMO).

Par définition les PM10 regroupent les particules en suspension dans l'air de diamètre inférieur à 10 µm, les PM2,5 celles dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm, PM signifiant particules fines (« particulate matter »). Les TSP sont les particules totales mesurées (Total Suspended Particles).

Les substances recherchées sont récapitulées dans le tableau 1 ci-dessous. Les substances soulignées sont des substances non mesurées en 2006 ajoutées en 2020.

Tableau 1 : liste des paramètres recherchés au cours des campagnes de 2020

Paramètres mesurés
Particules totales en suspension (TSP)
Poussières fines PM10 (particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm)
Poussières fines PM2.5 (particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm)
<u>Aluminium (Al)</u>
Arsenic (As)
<u>Bismuth (Bi)</u>
Cadmium (Cd)
Cobalt (Co)
Chrome (Cr)
<u>Cuivre (Cu)</u>
<u>Mercure (Hg)</u>
Manganèse (Mn)
Nickel (Ni)
Plomb (Pb)
Antimoine (Sb)
<u>Etain (Sn)</u>
<u>Tungstène (W)</u>
<u>Zinc (Zn)</u>

La détermination des poussières est réalisée selon la norme NF EN 12341. Les métaux ont été analysés sur les particules adsorbées sur les filtres issus des préleveurs séquentiels par ICP-MS (méthode d'analyse recommandée pour les éléments traces). Les limites de quantification du laboratoire ont été plus faibles ou équivalentes à celles de 2007. A titre d'exemple, le cadmium et l'arsenic présentent des limites de quantification de 0,06 ng/m<sup>3</sup> (0,3 ng/m<sup>3</sup> en 2007).

Des analyses de chrome et de chrome hexavalent ont également été réalisées sur 6 échantillons de sols superficiels prélevés en février 2021.

Le choix des substances à rechercher a été conduit en fonction des éléments mesurés lors de la première campagne de 2006 (1) et de discussions entre l'ARS, le BRGM/DPSM, Evadiès et l'Ineris. Une expertise sanitaire a été réalisée par l'Ineris à la demande de l'ARS Occitanie afin de se prononcer sur le protocole envisagé et sur la localisation des points de prélèvement. Ce courrier<sup>3</sup> est donné en Annexe 1. Une visite des stations de mesures de la campagne poussières a également

<sup>3</sup> Courrier-Ineris-DRC-20-181248-02429A du 16 juillet 2020



été réalisée le 20 octobre 2020 par l'Ineris en présence du BRGM/DPSM et d'Evadiès dans la perspective de l'interprétation ultérieure de ces résultats sur le plan sanitaire.

La majorité des points de prélèvements de 2006 ont été instrumentés et complétés par 6 points complémentaires notés 11 à 16 (7). Ces deux types de points sont illustrés sur la figure 1. Les points « bleus » sont les points de mesures de 2006/2020 et points « jaunes » sont les points de mesures ajoutés par Evadiès.

Le tableau suivant détaille ces points de prélèvement.

*Tableau 2 : récapitulatif des points de mesures de la campagne de 2020*

Code	Intérêt	Commune	Commentaires (2007) en lien avec le point de mesures central <sup>4</sup>
1*	Habitation – proximité immédiate de La Combe du Saut	Limousis (lieu-dit Rouyrès)	Point de mesures le plus proche du point central et des zones d'émission, sous les vents dominants, il est nécessaire pour mieux évaluer la diminution des concentrations avec la distance.
2*	Habitations – commune au nord-est de La Combe du Saut (vents de Sud-Ouest)	Sallèles-Cabardès	Point de mesures de proximité (2 km Nord-Est du point central) sous l'influence du point central et du gisement, sous les vents dominants les plus forts
3*	Ecole – proximité immédiate de la mine à ciel ouvert (vents de Nord)	Salsigne	Point de mesures de proximité (3 km Nord-Ouest du point central) situé sous l'influence du gisement (mine à ciel ouvert) et en entrée de la zone d'étude par rapport aux vents dominant de secteur ouest et des vents de secteur Sud-Est.
4*	Ecole – point éloigné de la mine à ciel ouvert (vents d'Ouest)	Villeneuve-Minervois	Point de mesures plus éloigné (5,5 km Est du point central) sous l'influence du point central mais pas du gisement et sous les vents dominants.
5	Services techniques – point éloigné pouvant servir de témoin (vents d'Est)	Fraisse-Cabardès	Point de mesures éloigné pouvant servir de témoin sous les vents d'Est
6*	Ecole – point éloigné pouvant servir de témoin (vents de Sud)	Mas-Cabardès	Point de mesures témoin éloigné (6,5 Km Nord du point central) sous l'influence du gisement mais pas sous les vents dominants. Il constitue un point témoin proche des habitations, en dehors de toute influence du site mais à l'intérieur du gisement chargé donc en arsenic minéral.
7*	Ecole – point éloigné en milieu densément peuplé (vents de Nord)	Conques-sur-Orbiel	Point de mesures témoin éloigné (8 Km Sud-Est du point central). Il se trouve à l'extérieur du gisement et n'est pas sous l'influence des vents dominants par rapport au site. Conques sur Orbiel est la commune où se situe le plus grand nombre d'habitants de la zone d'étude, son choix est par conséquent pertinent, vis à vis des études d'exposition de la population.
8	Habitations – point éloigné pouvant servir de témoin (vents de Nord) en milieu densément peuplé	Villalier	Point déplacé par rapport aux mesures de 2006
9*	Habitations – proximité immédiate de la mine à ciel ouvert (vents d'Ouest)	Villanière	Point de mesures situé à proximité et sous le vent dominant par rapport à l'ancienne mine à ciel ouvert (1,3 Km Ouest). Il constitue un point supplémentaire proche des habitations

<sup>4</sup> Point central = Point situé à l'emplacement de l'ancienne usine SEPS. Gisement = mine à ciel ouvert

(\*) points de mesures prélevés en 2007

Tableau 2 : récapitulatif des points de mesures de la campagne de 2020 (suite)

Code	Intérêt	Commune	Commentaires (2007) en lien avec le point de mesures central <sup>4</sup>
10*	Habitations – commune à l'est de la mine à ciel ouvert (vents d'Ouest)	Limousis	Point de mesures éloigné et sous le vent dominant par rapport à l'ancienne mine à ciel ouvert (5 Km Ouest). Il constitue un point supplémentaire proche des habitations.
11	Habitations – proximité immédiate ancien site Villardonnel (vents d'Est)	Villardonnell	Nouveau point de mesures
12	Habitations – proximité immédiate ancien site Nartau (vents d'Ouest)	Les Ilhes-Cabardès	Nouveau point de mesures
13	Habitations – commune au sud-est de Nartau / mine à ciel ouvert (vents de NO)	Lastours	Nouveau point de mesures
14	Habitation (ferme Jourdanne) – proximité immédiate de la mine à ciel ouvert et Malabau (vents d'Est et Ouest)	Salsigne	Nouveau point de mesures
15	Habitation isolée (hameau Le Cammazou) – située à proximité immédiate Nartau / mine à ciel ouvert (vents de Sud-Ouest et Nord-Est)	Salsigne	Nouveau point de mesures
16	Habitation –proximité immédiate de la Combe du Saut (vents d'Est)	Salsigne	Nouveau point de mesures

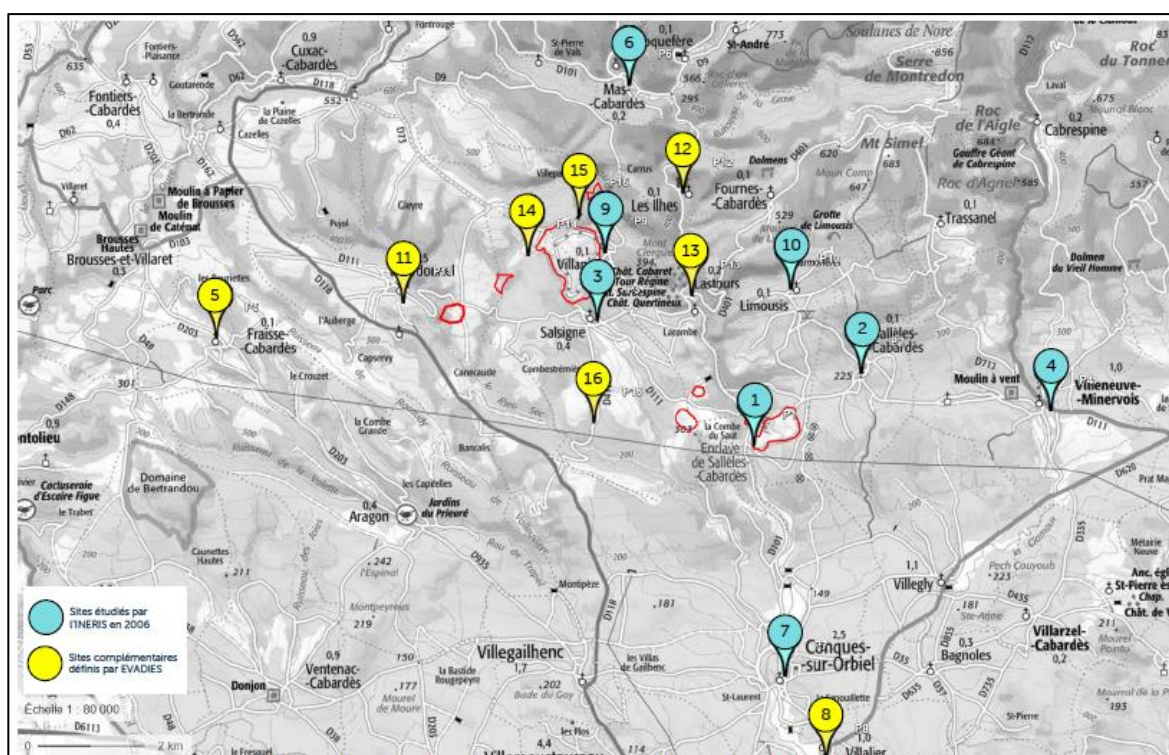


Figure 1 : extrait du rapport d'Evadiès (7) : Localisation des points de prélèvements de 2020

Les emplacements de mesures ont été expertisés par l’Ineris dans le détail (comparaison des points de mesures entre 2006 et 2020), dans la perspective de l’utilisation des résultats de mesures pour l’interprétation sanitaire :

- Le point de mesures 1-BRGM2020 est à 300 m du point 1-Ineris2006. Il est situé à une distance supérieure à 10 m de l’habitation ;
- Le point de mesures 2-BRGM2020 est dans la même commune que le point 2-Ineris2006. Les deux emplacements de prélèvements sont différents (habitation versus emplacement communal). Les précisions suite à la visite de terrain de l’Ineris du 20 octobre 2020 fournissent deux possibilités : P2 et P2bis respectivement situés à une distance supérieure à 25 mètres du Sud des bâtiments et supérieure à 10 mètres au Nord-Est des bâtiments ;
- Le point de mesures 3-BRGM2020 et le point de mesures 3-Ineris2006 (école de Salsigne) sont identiques ;
- Le point de mesures 4-BRGM2020 et le point de mesures 4-Ineris2006 (école de Villeneuve-Minervois) sont identiques ;
- Le point de mesures témoin 5-BRGM2020 (Fraise-Cabardès) est différent du point de mesures 5-Ineris2006 (Aragon). Néanmoins, ils sont suffisamment éloignés de la mine pour être considérés tous les deux comme des témoins (c’est-à-dire en dehors de l’influence de la mine) ;
- Le point de mesures 6-BRGM2020 et le point de mesures 6-Ineris2006 (école de Mas Cabardès) sont identiques ;
- Le point de mesures 7-BRGM2020 a été déplacé suite au constat de travaux dans l’école de Conques-sur-Orbiel (point de mesures 7-Ineris2006). Le point est positionné au niveau du centre culturel ;
- Le point de mesures 8-BRGM2020 est un témoin situé à Villalier dans la cour de l’école/maison de retraite (vent du Nord). Le point de mesures 8-Ineris2006 (témoin situé Caunes-Minervois) n’a pas été repris par le BRGM ;
- Le point de mesures 9-BRGM2020 et le point 9-Ineris2006 sont situés à Villanière qui est très proche de la mine. Le Point 9-BRGM2020 est situé au sud du village sur un terrain nu à une distance supérieure à 90 mètres d’une habitation. Quel que soit l’emplacement dans le village, il semble être exposé de manière importante aux poussières. Notons que les maisons situées à proximité immédiate de la mine ne sont pas concernées par les prélèvements car elles ne sont pas représentatives de l’exposition globale du village. Elles sont toutefois significatives en matière d’exposition<sup>5</sup> ;
- Le point de mesures 10-BRGM2020 et le point de mesures 10-Ineris2006 sont situés dans le même village (Limousis). Le point de mesures est situé à 10 mètres des habitations. Les deux emplacements de prélèvements sont différents (habitations versus jardin de particulier).

Ces points permettent une comparaison possible des concentrations entre la campagne réalisée en 2006 et celles menées en 2020-2021. Les autres points de mesures définis par le BRGM/DPSM en 2020 n’ont pas fait l’objet de prélèvements en 2006 par l’Ineris. Ces points de mesures permettent d’augmenter le périmètre d’étude, améliorant l’interprétation spatiale qui pourra être faite. Il s’agit des points de mesures suivants :

- Le point de mesures 11-BRGM2020 (habitation) est situé à Villardonnell à proximité immédiate de la mine. Le point est situé en milieu de terrain en limite de village à 3 km de la mine ;
- Le point de mesures 12-BRGM2020 est à proximité de Nartau sur la commune des Ilhès. Il est implanté à 2 km de la mine. D’après le programme du BRGM/DPSM, ce point de mesures était plutôt considéré comme un point de mesures correspondant à une source potentielle (cf. illustration 2 du programme d’investigations sur les poussières atmosphériques). Le point étant situé au cœur des habitations, il est représentatif de l’exposition dans le village ;
- Le point de mesures 13-BRGM2020 (Lastours) est situé le long de l’Orbiel dans un jardin à une distance supérieure à 10 mètres d’un bâtiment. Ce point de mesures est à 1,8 km de la mine ;
- Le point de mesures 14-BRGM2020 (Salsigne) est à l’Ouest de la mine (850 m) sur un terrain dégagé. Le point de mesures est situé à une distance supérieure à 10 mètres des bâtiments ;

---

<sup>5</sup> Au regard du nombre de véhicules stationnés, il semble s’agir de logements collectifs.

- Le point de mesures 15-BRGM2020 (Salsigne) est situé à l'Est de la mine dans le terrain d'une habitation isolée ;
- Le point de mesures 16-BRGM2020 (Salsigne) est localisé dans un hameau à 2 km au Sud de la mine.

Le positionnement de chaque préleveur a été étudié avec soin par la société Evadiès (alimentation électrique, représentativité des points de prélèvements...) et les emplacements de ces points de prélèvements sont considérés comme pertinents par l'Ineris pour la mise à jour de l'ERS.

## 2.2 Résultats des mesures

L'intégralité des résultats de mesures des différents campagnes réalisées par Evadiès est présentée dans les rapports (4) (5) (6) (7) (8) et (11).

Pour mémoire, chacune des 3 campagnes de mesures a comporté 4 semaines de prélèvements successifs, correspondant à quatre analyses hebdomadaires des métaux pour chaque point de prélèvement. Le tableau 3 présente les résultats de concentrations maximales des 3 campagnes mesurées pour chaque point de mesure (maximum des 12 résultats hebdomadaires). Ces résultats sont utilisés pour les calculs de risques selon une approche majorante comme réalisée lors de l'étude de 2007 pour laquelle les valeurs maximales avaient été retenues.

Tableau 3 : récapitulatif des concentrations maximales mesurées (3 campagnes confondues) (ng/m<sup>3</sup>)

	Lastours	Limousis / rue de la carrière	Fraïsses- Cabardes	La Métairie	Villanière	Salleles- Cabardes	Cammazou	Limousis (proximité La Combe du Saut)	Villalier	Villeneuve minervois	La Jourdanne	Villardonne	Ecole Salsigne	Mas Cabardes	Conques- sur-Orbiel	Les Ilhes Cabardes	max
<b>Al</b>	279	209	204	210	279	150	237	226	228	202	814	233	275	321	188	149	<b>814</b>
<b>As</b>	1,05	0,36	0,33	1,16	0,54	0,45	0,68	1,49	1,33	1,1	3,48	0,67	1,09	0,45	1,11	0,48	<b>3,48</b>
<b>Bi</b>	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<b>&lt;0,32</b>
<b>Cd</b>	0,17	0,13	0,18	0,18	0,18	0,19	0,17	0,21	0,16	0,21	0,18	0,19	0,20	0,33	0,17	0,16	<b>0,33</b>
<b>Co</b>	<0,32	0,35	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<b>0,35</b>
<b>Cr</b>	1,43	1,25	1,30	1,22	1,38	0,49	1,3	1,60	1,55	1,15	1,33	1,36	1,26	1,47	1,28	1,23	<b>1,60</b>
<b>Cu</b>	2,73	2,54	2,42	3,79	3,47	12,07	2,2	3,32	8,87	6,96	2,98	2,8	4,16	1,91	10,4	5,3	<b>12,07</b>
<b>Hg</b>	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<b>&lt;0,06</b>
<b>Mn</b>	3,76	2,79	2,85	2,87	3,21	2,86	3,12	3,88	11,86	3,69	16,12	2,79	3,55	3,65	4,79	4,06	<b>16,12</b>
<b>Ni</b>	0,81	0,77	2,43	0,66	0,77	15,52	1,00	5,43	0,97	0,8	1,07	0,74	0,78	0,79	1,18	1,73	<b>15,52</b>
<b>Pb</b>	1,61	1,44	1,51	1,34	1,37	1,76	1,35	1,87	2,54	2,22	1,68	1,50	6,21	7,11	5,99	1,55	<b>7,11</b>
<b>Sb</b>	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	0,47	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<b>0,47</b>
<b>Sn</b>	0,55	0,81	0,43	0,8	0,45	0,39	0,39	0,54	0,74	0,99	0,51	4,06	0,38	0,33	0,76	0,41	<b>4,06</b>
<b>W</b>	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<0,32	<b>&lt;0,32</b>
<b>Zn</b>	8,24	8,01	26,82	6,26	7,6	7,37	16,77	11,02	11,46	14,74	16,65	5,18	11,87	7,75	16,17	7,43	<b>26,82</b>
<b>PM 10 (µg/m<sup>3</sup>)</b>	16,0	12,0	12,6	14,6	13,2	13,7	13,2	16,6	17,7	17,0	26,2	12,5	17,3	15,6	19,5	14,6	<b>26,2</b>

## 2.3 Conditions météorologiques pendant les périodes de mesure

Les données météorologiques ont été collectées par Evadiès lors des différentes campagnes, à partir de 3 mats météorologiques installés, après concertation avec le BRGM/DPSM, à la Combe du Saut, au sud de l'ancienne mine à ciel ouvert et aux Ilhes-Cabardès. Elles ont permis d'établir les régimes des vents sur les différentes séries de mesures des préleveurs séquentiels et des micropréleveurs lors des 3 campagnes. Les roses des vents ainsi que les interprétations associées sont détaillées dans le rapport d'Evadiès (7).

Les directions de vents mesurées lors de la campagne de mesures sont représentatives de la situation locale. En termes de variabilité saisonnière, les conditions de vents observées en période estivale et automnale sont plus variables d'une semaine à l'autre, comparativement à la période hivernale au cours de laquelle les conditions de vents étaient stables pendant le mois de mesure.

Ce programme de surveillance comprenant 3 campagnes de mesures de 1 mois réparties sur trois trimestres distincts (été 2020, automne 2020, hiver 2020-2021) répond ainsi aux exigences de la directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant. Cette directive précise que pour des mesures indicatives visant à être représentatives d'une année, la période minimale de prise en compte doit être au minimum de 14% de l'année soit 52 jours. Les moyennes annuelles reconstituées dans le cadre de ces mesures peuvent donc être comparées aux moyennes annuelles.

## 3. Mise à jour de l'Evaluation des risques sanitaires de 2007

### 3.1 Sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence

La toxicité d'une substance se caractérise par les effets qu'une exposition est susceptible de générer sur la santé humaine. Lorsque que le niveau d'exposition croît, le premier effet sanitaire qui apparaît est appelé *effet critique*. Les VTR permettent de définir la relation quantitative entre un niveau d'exposition et la possibilité ou la probabilité d'apparition de l'effet critique. On parle de « relation dose-effet ».

Les VTR sont établies sur la base d'une analyse des connaissances toxicologiques et épidémiologiques actuellement disponibles.

Selon les mécanismes toxiques mis en jeu, deux types d'effets sanitaires sont considérés :

- les **effets survenant à partir d'un seuil de dose d'exposition**.

Il s'agit des effets non cancérogènes voire cancérogènes non génotoxiques. Dans ce cas, une VTR représente le seuil en-dessous duquel aucun effet sanitaire n'est attendu.

La VTR s'exprime différemment selon la voie d'exposition considérée. Pour une exposition par inhalation, elle s'exprime en masse de substance par mètre cube d'air inhalé (mg/m<sup>3</sup>).

- **les effets survenant sans seuil de dose d'exposition**.

Il s'agit des effets cancérogènes mutagènes ou génotoxiques. Dans ce cas, une VTR représente la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un effet s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance.

La VTR est nommée Excès de Risque Unitaire, par inhalation (ERU<sub>i</sub>). Elle s'exprime en (mg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> pour la voie inhalation, dans une unité inverse de celle de l'exposition.

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) ont été choisies conformément aux instructions des ministères en charge de la santé et de l'environnement (cf. note d'information référencée DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 (12)) relatives entre autres aux modalités de sélection des VTR.

La VTR utilisée doit être publiée dans l'une des 8 bases de données suivantes :

- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail – Anses<sup>6</sup>,
- Agence Américaine de Protection de l'Environnement - USEPA<sup>7</sup> ;
- Agence Américaine des Substances Toxiques et du Registre des Maladies - ATSDR<sup>8</sup> ;
- Organisation Mondiale de la Santé - (OMS9/IPCS10) ;
- Ministère Fédéral Canadien pour la Santé - Santé Canada<sup>11</sup> ;
- Institut National de Santé Publique des Pays-Bas - RIVM<sup>12</sup> ;
- Bureau Américain pour l'Evaluation des Dangers en Santé Environnementale - OEHHA<sup>13</sup> ;
- Autorité Européenne de Sécurité des Aliments - EFSA<sup>14</sup>.

Dans ces bases, lorsque plusieurs VTR existent pour une même substance, une même voie d'exposition et une même durée d'exposition, deux cas de figures sont possibles :

---

<sup>6</sup> [www.anses.fr/fr/content/valeurs-toxicologiques-de-r%C3%A9f%C3%A9rence-vtr](http://www.anses.fr/fr/content/valeurs-toxicologiques-de-r%C3%A9f%C3%A9rence-vtr)

<sup>7</sup> United States Environmental Protection Agency - base de données IRIS (Integrated Risk Information System) - [www.epa.gov/iris](http://www.epa.gov/iris)

<sup>8</sup> Agency for Toxic Substances and Disease Registry - [www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.asp](http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/index.asp)

<sup>9</sup> Organisation Mondiale de la Santé - [www.who.int/fr](http://www.who.int/fr)

<sup>10</sup> International Program on Chemical Safety - [www.inchem.org](http://www.inchem.org)

<sup>11</sup> Health Canada - [www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/hbct-jact/index-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/hbct-jact/index-fra.php)

<sup>12</sup> Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - **Error! Hyperlink reference not valid.** [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

<sup>13</sup> Office of Environmental Health Hazard Assessment - [www.oehha.ca.gov/air/allrels.html](http://www.oehha.ca.gov/air/allrels.html)

<sup>14</sup> European Food Safety Authority - [www.efsa.europa.eu/fr/](http://www.efsa.europa.eu/fr/)

- l'Anses, l'Ineris ou une autre expertise nationale recommandent un choix de VTR. Dans ce cas, ce choix est retenu pour l'étude, sauf si une valeur plus récente a été publiée par un des organismes cités précédemment.

Les recommandations de l'Anses figurent sur son site Internet<sup>15</sup>.

Les recommandations de l'Ineris sont disponibles sur le Portail Substances Chimiques de l'Ineris<sup>16</sup>.

- Aucune recommandation de l'Anses ou de l'Ineris n'est disponible pour la substance étudiée. Dans ce cas, la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 recommande de « *sélectionner la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS* ». Si aucune VTR n'est trouvée dans ces bases, la « *dernière VTR proposée par Santé Canada, le RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA* » doit être sélectionnée.

Les VTR sélectionnées pour les différentes substances et classes de substances sont présentées dans le tableau 4.

---

<sup>15</sup> [www.anses.fr/fr/documents/Anses-Ft-SelectionVTR.pdf](http://www.anses.fr/fr/documents/Anses-Ft-SelectionVTR.pdf)

<sup>16</sup> [www.ineris.fr/substances/fr/page/21](http://www.ineris.fr/substances/fr/page/21)



Tableau 4 : VTR sélectionnées pour l'ERS pour les substances considérées

Substances considérées (CAS)	VTR pour la voie Inhalation			
	Effets à seuil (ng/m <sup>3</sup> )		Effets sans seuil ERU (ng/m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	
	Valeur	Effets	Valeur	Effets
Aluminium (Al) (7429-90-5)	nc		nc	
Antimoine (Sb) (7440-36-0)	300 (ATSDR 2019)	Non déterminés	nc	
Arsenic (As) (7440-38-2)	15 (OEHHA 2008) Retenue par l'Ineris 2010	Neurologiques	3.3.10 <sup>-6</sup> (OEHHA 1990) retenue par la HAS, 2020	Respiratoires
Bismuth (Bi) (7440-69-9)	nc		nc	
Cadmium (Cd) (7440-43-9)	300 <sup>17</sup> (Anses 2012)	Respiratoires	nc	
Chromé VI (Cr VI) particulaire (7440-47-3)	30 (RIVM, 2001, OMS 2013) retenue par l'Ineris 2017	Respiratoires	4.10 <sup>-5</sup> OMS 2013 (retenue par Ineris 2017)	Respiratoires
Chromé III (Cr III) (7440-47-3)	2000 (ATSDR 2012) retenue par l'Ineris 2017	Respiratoires	nc	
Cobalt (Co) (7440-48-4)	100 (OMS 2006 ATSDR 2004)	Respiratoires	7.7.10 <sup>-6</sup> (sels insolubles (OEHHA 2020)	Non précisés
Cuivre (Cu) (7440-50-8)	1000 (RIVM, 2001) retenue par l'Ineris 2019	Respiratoires et immunologiques	nc	
Etain (Sn) (7440-31-6)	nc		nc	
Manganèse (Mn) (7439-96-5)	300 (ATSDR 2012) retenue par l'Anses 2015	Neurologiques	nc	
Mercure (Hg) (7439-97-6)	30 (OEHHA 2008) retenue par l'Ineris 2014	Neurologiques	nc	
Nickel (Ni) (7440-02-0)	230 (TEXAS 2011) retenue par l'Anses 2015	Respiratoires	1.7.10 <sup>-7</sup> (TEXAS 2011) retenue par Anses 2015	Respiratoires
Plomb (Pb) (7439-92-1)	900 (valeur construite par l'Anses à partir de valeur de plombémie (2013)	Rénaux, neurologiques	1.2.10 <sup>-8</sup> (OEHHA 2011) retenue par l'Ineris 2013	Rénaux
Tungstène (W) (7440-33-7)	nc		nc	
Zinc (Zn) (7440-66-6)	nc		nc	

nc : non concerné (pas d'effet sans seuil ou à seuil par inhalation chronique de la substance considérée)

<sup>17</sup> La VTR du cadmium est une VTR à seuil qui tient compte des effets cancérigènes.

## 3.2 Evaluation des expositions

### 3.2.1 Scénario d'exposition

La présente évaluation des risques sanitaires porte uniquement sur l'exposition des populations riveraines par inhalation de poussières en suspension dans l'air. Le mode d'exposition par ingestion est donc exclu de la présente étude.

On considère que les concentrations mesurées dans l'air ambiant sont imputables uniquement aux anciennes exploitations minières.

Le scénario d'exposition considère des riverains (enfants et adultes) vivant à proximité des différents points de mesures.

#### **Cas particulier des résidences à proximité immédiate de la mine à ciel ouvert, entre les communes de Salsigne et Villanière.**

Sur la commune de Villanière, quelques habitations collectives se trouvent à proximité immédiate de la mine (au niveau du mémorial de la mine). Cette zone n'est pas concernée par les prélèvements réalisés au cœur du village car elle n'est pas représentative de l'exposition globale. Cependant, ces populations étant susceptibles d'être plus exposées aux poussières atmosphériques, il convient d'y porter une attention particulière.

Cette zone ayant néanmoins été investiguée lors de la phase 0 de mesures des retombées de poussières au sol (été 2020 (8) et hiver 2020 (11)), plusieurs données disponibles peuvent être considérées :

- Lors des prélèvements de la phase 0 (11) (8) : des jauges ont été installées à proximité immédiate du point « mémorial » cité plus haut ;
- le point de prélèvements « Station Sal-02 – secteur est de la mine à ciel ouvert de Salsigne MCO ». Ce point de prélèvements est situé à proximité immédiate du cœur de village proche du prélèvement « Station 9 » (préleveur séquentiel + micro-capteur + micro préleveur) ;
- le point de mesures « Station Sal-03 \_ BL01 – secteur sud de la mine à ciel ouvert de Salsigne MCO ». Ce point est situé à proximité immédiate (250 m) des habitations collectives « mémorial ».

L'implantation des stations de mesures est précisée dans l'annexe A du rapport qui présente les fiches d'identité des stations (8).

Le tableau 5 récapitule les valeurs moyennes dans les jauges Sal2 et Sal3 (en tenant compte des résultats invalidés) (8)<sup>18</sup>.

*Tableau 5 : Résultats des niveaux moyens de dépôts de poussières (en mg/m<sup>2</sup>/j) et de métaux (en µg/m<sup>2</sup>/j) mesurées dans les collecteurs par jauges lors des deux campagnes*

Point	Poussières mg/m <sup>2</sup> /j	Al	As	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn	W
Sal-02	49	180	1,80	0,04	0,06	0,13	0,52	14,7	0,01	10,0	0,7	1,3	0,09	0,12	93	0,04
Sal-03	44	246	3,80	0,05	0,06	0,18	0,55	11,9	0,01	14,0	0,8	1,2	0,08	0,06	21	0,03

---

<sup>18</sup> La campagne d'hiver 2020 n'a pas pu être exploitée, la jauge SAL-03 ayant été renversée. Les résultats ont été invalidés par Evadiès

Le tableau 6 rappelle les valeurs mesurées dans le préleveur séquentiel de Villanière, au cœur du village.

*Tableau 6 : résultats des concentrations métalliques (ng/m<sup>3</sup>) dans les poussières PM10 collectées par les préleveurs séquentiels (7) à Villanière*

Villaniere	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	Al	As	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn	W
Moyenne	9	77	0,34	<LQ	0,04	0,16	0,58	1,30	<LQ	1,6	0,4 1	1,0 1	<LQ	0,26	4, 30	<LQ
Maximum	13	279	0,54	<LQ	0,18	0,16	1,38	3,50	<LQ	3,2	0,7 7	1,3 7	<LQ	0,45	7, 6	<LQ

<LQ : inférieur à la limite de quantification

Un calcul de proportionnalité a été réalisé afin d'extrapoler à partir des valeurs dans les jauges et les valeurs maximales mesurées dans les préleveurs séquentiels, la concentration qui pourrait être retrouvée au niveau du point « mémorial ». Ce calcul a été réalisé pour vérifier les concentrations susceptibles d'être mesurées à ce point sans qu'aucune mesure réelle n'ait été réalisée. Il ne s'agit que d'un calcul précautionneux pour vérifier si l'exposition de ces personnes est très différente de celle des populations étudiées en tenant compte des données à disposition.

Le tableau 7 présente les estimations des niveaux d'expositions dans la zone du mémorial calculés par extrapolations des données disponibles, afin de les comparer aux valeurs obtenues sur les autres points de mesures de la vallée.

*Tableau 7 : Estimation par calculs de proportionnalité des concentrations d'exposition pour le point « mémorial » (ng/m<sup>3</sup>)*

	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	Al	As	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	W	Zn
<b>Extrapolation moyenne</b>	<b>8,1</b>	<b>105,2</b>	<b>0,72</b>	<b>&lt;LQ</b>	<b>0,04</b>	<b>0,20</b>	<b>0,61</b>	<b>1,05</b>	<b>&lt;LQ</b>	<b>2,24</b>	<b>0,47</b>	<b>0,93</b>	<b>&lt;LQ</b>	<b>0,13</b>	<b>0,97</b>	<b>&lt;LQ</b>
Extrapolation maximale	11,7	381	1,14	<LQ	0,18	0,22	1,46	2,83	<LQ	4,48	0,88	1,26	<LQ	0,23	1,72	<LQ
95 <sup>ème</sup> percentile mesuré sur la vallée	21	444,6	1,99	<LQ	0,24	0,23	1,56	10,8	<LQ	12,9	7,95	6,44	<LQ	1,76	0,18	<LQ

Ces valeurs extrapolées (moyennes et maximales) sont du même ordre de grandeur ou inférieures aux 95<sup>ème</sup> percentiles mesurés sur la vallée à l'exception du tungstène. Ce calcul est indicatif et n'a pas vocation à prédire les concentrations réelles d'exposition.

### 3.2.2 Valeurs de concentrations dans l'air retenues

Comme lors de l'étude de 2007, dans une approche majorante, les valeurs maximales mesurées, toutes campagnes et tous points de mesures confondus à partir des prélèvements séquentiels de PM10, sont retenues. Les mesures de PM10 sur microvolts ont été réalisées afin d'avoir une répartition relative des particules PM2,5 et PM10. Les valeurs de PM10 sont les mesures retenues pour ce type d'étude et correspondent aux prélèvements de référence dans l'air.

Comme lors de l'étude de 2007, pour les éléments traces n'ayant jamais été quantifiés (résultats inférieurs aux limites de quantification), la valeur la plus élevée parmi les limites de quantification analytique a été sélectionnée. Le tableau 8 récapitule les concentrations considérées dans le cadre de la présente étude.

Cette approche majorante revient également à considérer que l'ensemble de la population de la zone d'étude est exposé aux plus fortes concentrations mesurées lors des campagnes réalisées.

Tableau 8 : concentrations maximales (exprimées en ng/m<sup>3</sup>) en éléments traces retenues pour l'EQRS dans le cadre de l'étude de 2007 et de la présente étude.

Substances	(Pour rappel)	
	Concentrations de 2006 retenues (ng/m <sup>3</sup> )	Concentrations de 2020 retenues (ng/m <sup>3</sup> )
Aluminium (Al)	/ <sup>19</sup>	814
Antimoine (Sb)	1,0	0,47
Arsenic (As)	3,0	3,48
Bismuth (Bi)	/	0,32*
Cadmium (Cd)	1,0	0,33
Chrome total (Cr)	9,3	1,60
Chrome VI (Cr VI)	/	/
Cobalt (Co)	1,0	0,35
Cuivre (Cu)	/	12,07
Etain (Sn)	/	4,06
Manganèse (Mn)	9,0	16,12
Mercure (Hg)	/	0,06*
Nickel (Ni)	2,2	15,52
Plomb (Pb)	10,3	7,11
Tungstène (W)	/	0,32*
Zinc (Zn)	/	26,82

Les astérisques correspondent aux limites de quantification.

Il n'y a pas d'évolution significative observée entre 2006 et 2020. Les ordres de grandeur des concentrations en substances mesurées sont identiques entre les campagnes des deux périodes considérées.

Pour le chrome, le chrome total a été analysé. La part de chrome VI parmi le chrome total est une donnée importante, influençant notablement les résultats de l'évaluation des risques sanitaires. En 2006, pour évaluer la part de chrome VI dans les poussières provenant des sols du site de Salsigne, l'étude d'ICF Environnement et Scetauroute de 2006 (13) a montré l'absence de chrome VI sur les 8 échantillons de sols réalisés autour de la mine. L'approche majorante de 2006, consistait donc à considérer que le chrome VI est présent sur le site à hauteur de cette limite de quantification, et à calculer la part de chrome VI sur cette base.

En février 2021, Evadiès a réalisé des prélèvements de sol afin de vérifier la part de chrome VI par rapport au chrome total. 6 points ont été analysés (7).

La part de chrome VI est détaillée dans le Tableau 9.

---

<sup>19</sup> / : non recherché en 2006

Tableau 9 : Concentrations en chrome total et chrome hexavalent mesurées dans les sols (en mg/kg)

Point de prélèvement	Chrome total (mg/kg)	Chrome VI (mg/kg)	Pourcentage (%)
Limousis (prox. Combe du saut)	20,3	<0,25	< 1,23
La combe du saut	37,4	2,98	7,97
Villanière	21,1	0,28	1,33
Nartau	15,8	2,59	16,4
Mine à ciel ouvert	10,8	<0,25	< 2,31
Cammazou	24,6	0,80	3,25

Même si cette étude ne porte que sur un nombre restreint de mesures (6) par rapport à l'étendue de la vallée, il apparaît que la part de chrome hexavalent peut varier de 1 à 16 % dans la région, avec des points pour lesquels la concentration en chrome VI est proche de la limite de quantification.

Ainsi par précaution, le pourcentage maximal est retenu pour la suite de l'étude. Il permet de calculer la part de chrome VI présent dans les prélèvements de poussières en faisant l'hypothèse que la part Cr tot/Cr VI est identique entre les sols et les poussières inhalables. Il n'est pas fait mention de la part de chrome VI dans les sols dans le rapport du BRGM/DPSM (3). Cette démarche est majorante au regard des éléments collectés en 2006 et en 2020.

Ainsi la concentration retenue en première approche pour le chrome VI est 0,26 ng/m<sup>3</sup> (concentration maximale de 1,60 ng/m<sup>3</sup> et pourcentage maximal de 16%).

Certains blancs de chambre de pesée et de terrain présentent des résultats supérieurs à la limite de quantification pour certains métaux dont le chrome sur les deux premières campagnes. Il est précisé que les blancs de chambre de pesées ont été utilisés pour corriger les masses mesurées (cf. rapport (7)), l'Ineris n'a pas trouvé le mode opératoire suivi dans le rapport. Evadiès questionné à ce sujet, a confirmé que le laboratoire avait réalisé ces ajustements.

### 3.2.3 Méthode de calcul

Conformément à la méthode suivie, les hypothèses de calculs de 2007 n'ont pas été modifiées.

La quantification de l'exposition par inhalation consiste à calculer une concentration moyenne inhalée CI, exprimée ici en ng/m<sup>3</sup>. Cette concentration moyenne inhalée est la somme des toutes les concentrations moyennes dans chaque environnement i pendant une fraction de temps Ti selon l'équation suivante :

$$CI = \sum_i (C_i \times T_i) \times F \times T / T_m$$

où Ci est la concentration moyenne inhalée (en ng/m<sup>3</sup>) dans l'environnement i ;

Ti est la fraction de temps passé dans l'environnement i pendant 1 jour ;

F est la fréquence ou taux d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total d'heures ou de jours dans l'année) ;

T est la durée d'exposition (en années) ;

Tm est la durée moyennée (en années).

Pour un élément trace donné, la concentration moyenne inhalée Ci dans l'environnement i correspond à la concentration sélectionnée au tableau 8 pondérée par un facteur de rétention dans les poumons pris égal à 75% pour les résidents enfants et adultes [Veerkamp and ten Berge, 1994].

### 3.2.4 Paramètres d'exposition

Le taux d'exposition F correspond au nombre annuel de jours d'exposition par inhalation de poussières. Selon une approche majorante, on considère que le résident enfant est inscrit à l'école dans la vallée de l'Orbiel et que le résident adulte travaille également dans la vallée. Les jours où les résidents ne sont pas exposés se limitent donc aux jours de congés passés « hors de la vallée ».

soit en moyenne 25 jours dans l'année [Monteiro, 1994]. Au final, le taux d'exposition pour les résidents enfants et adultes est :  $F = 340 / 365 = 0,93$ .

La fraction de temps  $T_i$  passé en extérieur varie selon les périodes de l'année, les populations et les classes d'âges considérées. Selon une approche raisonnablement majorante, on peut considérer d'une part que le résident enfant est présent en extérieur 1 h/j en hiver et 8 h/j en été, et d'autre part que le résident adulte est présent en extérieur 1 h/j en hiver et 3 h/j en semaine plus 12 h/j le week-end en été. Au final, les fractions de temps passé se calculent de la façon suivante :

$$T_{i,\text{enfant}} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{24} + \frac{1}{2} \times \frac{8}{24} = 0,19 \quad T_{i,\text{adulte}} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{24} + \frac{1}{2} \left( \frac{5}{7} \times \frac{3}{24} + \frac{2}{7} \times \frac{12}{24} \right) = 0,14$$

La durée d'exposition est, par convention, prise égale à 6 ans pour le résident enfant (période de 0 à 6 ans). Pour le résident adulte, une approche majorante consiste à prendre la vie entière soit  $70 - 6 = 64$  ans.

Par convention, la durée moyennée est égale à la durée d'exposition pour le calcul des expositions pour les effets à seuil, et est égale à la durée de vie entière (soit 70 ans également par convention) pour le calcul des expositions pour les effets sans seuil.

### 3.2.5 Résultats de la quantification des expositions

Sur la base des choix présentés précédemment, le tableau 10 présente les résultats des calculs des concentrations moyennes inhalées CI pour les effets à seuil et sans seuil des résidents enfants et adultes à partir des concentrations maximales mesurées.

Tableau 10 : concentrations moyennes inhalées CI (exprimées en ng/m<sup>3</sup>)

	Effets à seuil		Effets sans seuil	
	enfants	adultes	enfants	adultes
Antimoine	0,062	0,045	0,005	0,041
Arsenic	0,456	0,333	0,039	0,304
Cadmium	0,043	0,032	0,004	0,029
Chrome VI	0,034	0,024	0,003	0,022
Cobalt	0,046	0,033	0,004	0,031
Manganèse	2,112	1,542	0,181	1,410
Nickel	2,033	1,484	0,174	1,357
Plomb	0,931	0,680	0,080	0,622
Aluminium	106,63	77,85	9,14	71,18
Bismuth	0,04	0,03	0,004	0,03
Cuivre	1,58	1,15	0,14	1,06
Mercuré	0,01	0,01	0,001	0,01
Étain	0,53	0,39	0,05	0,36
Tungstène	0,04	0,03	0,004	0,03
Zinc	3,51	2,57	0,30	2,35

## 3.3 Caractérisation des risques

### 3.3.1 Adéquation des données d'exposition et des données toxicologiques

Les concentrations moyennes inhalées CI correspondent à des expositions chroniques. Les relations dose-réponse sélectionnées pour chaque élément trace correspondent également à des expositions chroniques.

Ces relations dose-réponse ont été sélectionnées pour la voie d'exposition par inhalation, sans recours à une éventuelle dérivation voie à voie. Ces données toxicologiques ont été établies pour des concentrations administrées (et non pas absorbées), et sont donc directement comparables aux données d'exposition.

### 3.3.2 Quantification des risques sanitaires

#### 3.3.2.1 Effets à seuil

Pour les effets à seuil, pour chaque substance et chaque voie d'exposition, la caractérisation des risques est exprimée sous la forme de quotients de danger (QD), selon l'expression :

$$QD = \frac{\text{concentration moyenne inhalée (CI)}}{\text{valeur toxicologique de référence (VTR)}}$$

Lorsque le quotient de danger est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique peut théoriquement être écartée, même pour les populations sensibles, au regard des connaissances scientifiques disponibles. Lorsque le QD est supérieur à 1, des effets sanitaires peuvent en théorie apparaître chez les sujets exposés.

Au regard de la méthode choisie en 2007, concernant l'additivité des quotients de danger des différentes substances, celle-ci ne se fait en toute rigueur que lorsque les effets associés aux substances prises en compte se manifestent sur le même organe ou système cible (en supposant qu'ils agissent selon un même mécanisme d'action). Les substances retenues ont des effets sur les systèmes neurologiques, respiratoires et sur le rein. Par précaution, tous les QD ont été additionnés (comme en 2007).

Les quotients de danger pour les résidents enfants et adultes des communes investiguées de la vallée de l'Orbiel sont présentés au tableau 11 par substance et par effet.

L'ensemble des quotients de danger ainsi calculés sont inférieurs à 1. Dans les conditions d'étude et sur la base des campagnes de mesures réalisées, il est donc possible d'écarter chez les populations riveraines la survenue d'effets sanitaires (respiratoires ou neurologiques) liés à une exposition chronique par inhalation aux poussières présentes dans l'air ambiant dans les communes investiguées de la vallée de l'Orbiel.

Tableau 11 : quotients de danger calculés sur la base des campagnes de mesures de poussières en suspension dans l'air ambiant dans la vallée de l'Orbiel.

Substances	Enfant		Adulte	
	QD	Contribution au risque total (%)	QD	Contribution au risque total (%)
Antimoine	2,05E-04	0,4%	1,50E-04	0,4%
Arsenic	3,04E-02	59,5%	2,22E-02	63,1%
Cadmium	1,44E-04	0,3%	1,05E-04	0,3%
Chrome VI	1,12E-03	2,2%	8,16E-04	2,3%
Cobalt	4,58E-04	0,9%	3,35E-04	1,0%
Manganèse	7,04E-03	13,8%	5,14E-03	14,6%
Nickel	8,84E-03	17,3%	6,45E-03	18,3%
Plomb	1,03E-03	2,0%	7,56E-04	2,1%
Aluminium	nc <sup>20</sup>	nc	nc	nc
Bismuth	nc	nc	nc	nc
Cuivre	1,58E-03	3,1%	1,15E-03	3,3%
Mercure	2,62E-04	0,5%	1,91E-04	0,5%
Etain	nc	nc	nc	nc
Tungstène	nc	nc	nc	nc
Zinc	nc	nc	nc	nc
<b>Somme des QD</b>	<b>5,11E-02</b>	<b>100 %</b>	<b>3,52E-02</b>	<b>100%</b>

### 3.3.2.2 Effets sans seuil

Pour les effets sans seuil, pour chaque substance et voie d'exposition, le niveau de risque est quantifié sous la forme d'excès de risque individuel (ERI), selon l'expression :

$$\text{ERI} = (\text{concentration moyenne inhalée CI}) \times (\text{valeur toxicologique de référence VTR})$$

Ces excès de risque individuel peuvent être comparés à des critères d'acceptabilité des risques usuellement considérés au niveau national par les organismes de santé publique (valeurs identiques à celles considérées en 2007).

L'additivité des excès de risque individuels des différentes substances a été mise en œuvre comme en 2007, afin d'obtenir un excès de risque individuel global (tous types de cancer confondus).

Les excès de risque individuels calculés sur la base des campagnes de mesures réalisées pour les résidents enfants et adultes des communes investiguées de la vallée de l'Orbiel sont présentés au tableau 12 par substance et globalement.

Les excès de risque individuel associés à chaque substance sont tous très inférieurs à  $10^{-5}$  dans le scénario enfant et adulte. Le principal contributeur aux niveaux de risque ainsi calculés est le chrome VI (63% de l'excès de risque individuel global).

<sup>20</sup> nc : non concerné



Tableau 12 : bilan des excès de risque individuels calculés sur la base des campagnes de mesures de poussières en suspension dans l'air ambiant

	Enfant		Adulte	
	ERI	Contribution (%)	ERI	Contribution (%)
Arsenic	5,86E-09	3,2%	4,56E-08	3,2%
Chrome VI	1,15E-07	63,3%	8,95E-07	63,3%
Cobalt	3,03E-08	16,7%	2,36E-07	16,7%
Nickel	2,96E-08	16,3%	2,31E-07	16,3%
Plomb	9,58E-10	0,5%	7,46E-09	0,5%
ERI global	1,82E-07	100%	1,41E-06	100%

Remarque : un risque cancérigène avait été calculé en 2007 pour le cadmium. Depuis, une VTR à seuil prenant en compte les effets cancérigènes a été construite par l'Anses. Le QD calculé prend en compte ce risque cancérigène.

### 3.3.3 Analyse des incertitudes

#### 3.3.3.1 Eléments surestimant les niveaux de risque

Diverses hypothèses contribuent, dans le cadre de l'approche majorante adoptée dans la présente étude, à surestimer les niveaux de risque. Seules les hypothèses ayant un impact significatif sont développées ci-après.

Le risque a été calculé en considérant les concentrations maximales mesurées, ou la valeur la plus élevée parmi les limites de quantification analytique pour les substances non quantifiées. Les niveaux de risque ainsi calculés correspondent aux valeurs hebdomadaires les plus fortes qui ont été observées pendant la période d'étude d'un an (janvier-novembre 2020) dans la vallée de l'Orbiel. Ces niveaux de risque seront plus faibles pour des populations moins exposées.

Par ailleurs, il est supposé que les teneurs mesurées soient imputables uniquement aux secteurs des anciennes exploitations minières. En particulier, on ne fait pas la distinction entre la part attribuable à ces secteurs et la part attribuable au fond local.

Il a été supposé que les résidents adultes étaient présents 100% du temps à leur lieu de résidence (soit 64 ans (durée de vie entière (70 ans) – période de l'enfance (6 ans)). D'autres durées d'exposition moins pénalisantes auraient pu être retenues :

- 40 ans pour une présence correspondant à la période de vie active,
- 30 ans pour une valeur majorante de la durée de résidence dans une même habitation,
- 10 ans pour une valeur moyenne de la durée de résidence dans une même habitation.

Cette variation de valeurs n'a pas d'influence majeure sur les résultats des ERI de l'étude.

Pour l'arsenic, la VTR sans seuil recommandée par la Haute Autorité de Santé a été retenue pour la présente étude ( $ERU = 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ (ng/m}^3\text{)}^{-1}$ ). Cette valeur est plus pénalisante que la valeur retenue par l'Anses (TECQ 2012) ( $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ (ng/m}^3\text{)}^{-1}$ ) qui aurait été retenue en appliquant la note d'information du 31 octobre 2014 (12). Cependant au regard des résultats numériques, ce choix a une influence limitée sur les niveaux de risque estimés et sur les conclusions de l'étude.

Pour la part du chrome VI dans les poussières totales, en 2007, il a été estimé une teneur majorante de 2% de chrome VI dans les poussières issues des sols de Salsigne en l'absence de caractérisation de chrome VI dans les 8 échantillons analysés. En 2020, la part de chrome VI a été déterminée dans certains échantillons de sols. Au regard du nombre d'échantillons, il s'avère que retenir la valeur la plus élevée pour tous les échantillons est une approche très majorante.

#### 3.3.3.2 Eléments sous-estimant les niveaux de risque

Le facteur de rétention des poussières dans les poumons a été pris égal à 75% [Veerkamp and ten Berge, 1994]. Cette approche réaliste n'est pas strictement majorante dans la mesure où elle considère que 25% des poussières n'ont pas d'action sur l'organisme humain. Une approche strictement majorante aurait considéré une rétention totale des poussières par les poumons. Avec

une telle hypothèse, les niveaux de risque estimés augmenteraient dans des proportions limitées, passant par exemple pour l'excès de risque individuel global pour les adultes de  $2,4 \cdot 10^{-6}$  à  $3 \cdot 10^{-6}$ .

Les paramètres d'exposition (fraction de temps, taux d'exposition) ont été choisis de façon raisonnablement majorante, sur la base des hypothèses réalistes présentées à la section 3.2.4. Une approche « majorante » à l'extrême aurait considéré une exposition en continu (24 h/24 et 7 j/7) aux poussières : cela reviendrait à considérer que les concentrations en métaux et métalloïdes en intérieur sont égales aux concentrations en extérieur, c'est à dire qu'il y a un transfert total des poussières de l'extérieur vers l'intérieur, sans apports intérieurs spécifiques et sans atténuation entre les deux milieux. Un choix de paramètres plus majorants, mais tout en restant réalistes, pourrait par exemple consister à considérer une exposition tout au long de l'année (365 j/an soit  $F = 1$ ), avec des fractions de temps également plus importantes que celles définies précédemment : par exemple 3 h/j en hiver et 12 h/j en été pour l'enfant ( $T_{i, \text{enfant}} = 0,31$ ), et 3 h/j en hiver et 3 h/j en semaine plus 12 h/j le week-end en été pour l'adulte ( $T_{i, \text{adulte}} = 0,18$ ). Avec ces valeurs, les niveaux de risque estimés restent inférieurs au critère d'acceptabilité de  $10^{-5}$  pour les effets sans seuil (l'excès de risque individuel global pour les adultes passerait de  $2,4 \cdot 10^{-6}$  à  $3,1 \cdot 10^{-6}$ ) et inférieurs au critère d'acceptabilité de 1 pour les effets à seuil (le quotient de danger chez l'enfant passerait de 0,051 à 0,084).

### 3.4 Conclusion de la mise à jour de l'ERS

**Sur la base des campagnes de mesures réalisées en été 2020, automne 2020 et hiver 2020-2021 par Evadiès, et selon les hypothèses d'étude raisonnablement majorantes retenues, l'exposition des populations de la vallée de l'Orbiel par inhalation de poussières en suspension conduit à des niveaux de risque inférieurs aux critères d'acceptabilité tant pour les enfants que pour les adultes.**

Pour les substances à effets à seuil, les quotients de danger associés aux effets respiratoires sont bien inférieurs à la valeur repère de 1 chez l'enfant (QD de 0,05) comme chez l'adulte (QD de 0,04). Ces résultats sont jugés non préoccupants.

Pour les substances à effets sans seuil, les excès de risque individuels de cancer cumulés (tout type confondu) sont de  $1,82 \cdot 10^{-7}$  chez l'enfant et  $1,41 \cdot 10^{-6}$  chez l'adulte exposé durant sa vie entière ; ces niveaux de risque sont principalement liés à l'exposition au chrome hexavalent (hypothèse largement majorante). Ces résultats sont cohérents avec l'évaluation des risques réalisée en 2007 sur la base des prélèvements de poussières de 2006.

L'analyse des incertitudes ne met pas en évidence de paramètres de calcul susceptibles de modifier ces conclusions.

## 4. Interprétation de l'état des milieux

L'Ineris a mis à jour son évaluation des risques sanitaires de 2006, en tenant compte des 3 nouvelles campagnes de mesures réalisées par Evadiès en 2020-2021, conformément à la demande de l'ARS Occitanie, faisant suite au plan d'actions pour la vallée de l'Orbiel. Cette mise à jour basée sur de nouvelles mesures a permis de s'assurer que les conclusions de la démarche mise en œuvre en 2007 (ERS) restaient non préoccupantes pour les populations.

Les outils de gestion de sites et sols potentiellement pollués ont évolué en 2007 et ont été actualisés en 2017. Dans le cadre de la situation de la vallée de l'Orbiel, la méthodologie nationale prévoit aujourd'hui d'évaluer la compatibilité des milieux et des usages selon la démarche d'« interprétation de l'état des milieux » (IEM). Cette démarche permet de prendre en compte un usage existant (présence des personnes autour du site de la mine) et d'identifier si cet usage est compatible, substance par substance, avec l'état des milieux d'exposition, en étant spécifique à chaque zone investiguée. A l'instar de l'ERS, seule l'exposition par inhalation de poussières en suspension est examinée.

A titre informatif, l'ensemble de la méthode a été suivi et est détaillé en Annexe 2. Les résultats sont comparés aux moyennes annuelles et ils confirment une compatibilité du milieu air avec les usages.

## 5. Conclusion

Des préoccupations relatives aux risques sanitaires induits par l'inhalation de poussières provenant des anciens sites miniers et industriels du secteur ont été exprimées par les associations et les habitants du secteur lors de la commission locale d'information du 25 juin 2019. La Préfecture de l'Aude a présenté à la population un plan de 50 actions pour la vallée de l'Orbiel le 14 novembre 2019. L'action n°29 consiste en la réalisation d'une nouvelle campagne d'analyses des poussières atmosphériques dans l'air extérieur de la vallée de l'Orbiel afin d'actualiser l'évaluation quantitative des risques sanitaires pour la voie inhalation.

Afin d'être représentatif de l'exposition de la population à une année, 3 campagnes de mesures de 1 mois réparties sur trois trimestres distincts (été 2020, automne 2020, hiver 2020-2021) ont ainsi été réalisées. Ces mesures répondent aux exigences de la directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant. Les limites de quantification ont été adaptées et des substances ont été ajoutées par rapport aux mesures réalisées en 2006.

**Sur la base des campagnes de mesures réalisées entre 2020 et 2021, et selon les hypothèses d'étude majorantes retenues, l'exposition des résidents concernés aux métaux analysés par inhalation de poussières en suspension conduit à des niveaux de risque jugés non préoccupants tant pour les enfants que pour les adultes.**

Pour les substances à effets à seuil, les quotients de danger associés aux effets respiratoires sont bien inférieurs à la valeur repère usuelle de  $1^{21}$  chez l'enfant (QD de 0,05) comme chez l'adulte (QD de 0,04).

Pour les substances à effets sans seuil, les excès de risque individuels de cancer cumulés (tout type confondu) sont inférieurs à la valeur repère usuelle de  $10^{-5}$  ( $1,8 \cdot 10^{-7}$  chez l'enfant et  $1,4 \cdot 10^{-6}$  chez l'adulte exposé durant sa vie entière).

Ces résultats sont cohérents avec l'évaluation des risques sanitaires réalisée en 2007.

En parallèle de la mise à jour de cette évaluation, il a été fait le choix de mener une étude d'interprétation de l'état des milieux, afin de tenir compte des outils et méthodes actuellement en vigueur au niveau national pour la gestion des sites et sols pollués. Cette interprétation de la qualité des milieux montre également que la qualité de l'air de la vallée reste conforme à la réglementation pour les résidents de la vallée et est compatible avec les usages résidentiels.

---

<sup>21</sup> correspondant au critère d'acceptabilité du risque retenu dans la méthodologie de gestion des sites et sols pollués et inscrit dans la circulaire du 09/08/13 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation

## 6. Liste des acronymes

**ATSDR** : agency for toxic substances and disease registry

**BMC** : benchmark concentration

**BMD** : benchmark dose

**CI** : concentration moyenne inhalée

**CIRC** : centre international de recherche sur le cancer

**ERI** : excès de risque individuel

**ERU** : excès de risque unitaire

**ERU<sub>i</sub>** : excès de risque unitaire par voie inhalation

**ERU<sub>o</sub>** : excès de risque unitaire par voie orale

**IEM** : interprétation de l'état des milieux

**Ineris** : institut national de l'environnement industriel et des risques

**INRS** : institut national de recherche et de sécurité

**Inserm** : institut national de la santé et de la recherche médicale

**IRIS** : integrated risk information system (base de données toxicologiques de l'US EPA)

**LOAEC** : lowest observed adverse effect concentration

**LOAEL** : lowest observed adverse effect level

**LQ** : limite de quantification

**MATE** : ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (actuel MEDD)

**MEDD** : ministère de l'écologie et du développement durable

**MRL** : minimum risk level

**NOAEC** : no observed adverse effect concentration

**NOAEL** : no observed adverse effect level

**OEHHA** : office of environmental health hazard assessment

**OMS** : organisation mondiale de la santé (**WHO** en anglais)

**QD** : quotient de danger

**REL** : reference exposure level

**RfC** : reference concentration

**RIVM** : rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (institut hollandais de santé environnementale)

**TC<sub>0,05</sub>** : concentration tumorigène 0,05 (concentration généralement dans l'air qui cause une augmentation de 5% de l'incidence des tumeurs ou de la mortalité due à des tumeurs ; établie par Santé Canada)

**TCA** : tolerable concentration in air

**TD<sub>0,05</sub>** : dose tumorigène 0,05 (dose totale qui causerait une augmentation de 5% de l'incidence des tumeurs ou de la mortalité attribuable à des tumeurs ; établie par Santé Canada)

**US EPA** : United States environmental protection agency

**VTR** : valeur toxicologique de référence

**WHO** : world health organization (**OMS** en français)

## 7. Liste des références

1. **Ineris**. *Note technique concernant une campagne de prélèvement des particules métalliques dans l'air ambiant sur le site de Salsigne*. 2005. rapport n° DRC-05-68854-AIRE-n°288/Ele.
2. **Ineris**. *Evaluation quantitative des risques sanitaires liés à l'inhalation des particules métalliques issues des sols de surface par les populations riveraines du site d'exploitation minier du site de Salsigne*. 2007. p. 34, Rapport d'étude pour la DDASS. rapport DRC-07-77414-03166A.
3. **BRGM**. *Etablissement du fond pédo-géochimique dans la région de l'ancien secteur minier de Salsigne (Aude)*. 2021. p. 145. BRGM/RP-70767-FR.
4. **Evadiès**. *Etude des poussières atmosphériques dans le district minier de la vallée de l'Orbiel (11) - résultats de la campagne n°1/3 de la surveillance environnementale réalisée à l'été 2020*. 2021. p. 146, Rapport d'étude pour le BRGM. rapport d'étape 10620 v2.1 du 22/03/2021.
5. **Evadiès**. *Etude des poussières atmosphériques dans le district minier de la vallée de l'Orbiel (11) - résultats de la campagne n°2/3 de la surveillance environnementale réalisée à l'automne 2020*. 2021. p. 161, Rapport d'étude pour le BRGM. Rapport 0321 v1.1 du 22/03/2021.
6. **Evadiès**. *Etude des poussières atmosphériques dans le district minier de la vallée de l'Orbiel (11) - résultats de la campagne n°3/3 de la surveillance environnementale réalisée à l'hiver 2020*. 2021. p. 165, rapport d'étude pour le BRGM. rapport n° 4021 V1.0 du 08/04/2021.
7. **Evadiès**. *Etude des poussières atmosphériques dans le district minier de la vallée de l'Orbiel (11) - synthèse des résultats*. 2021. p. 97, rapport d'étude pour le BRGM. 6521-v1.1 du 03/06/21.
8. **Evadiès**. *Mesures des dépôts atmosphériques sur l'ancien district minier et industriel de la vallée de l'Orbiel (11) - Résultats de la campagne de surveillance environnementale réalisée à l'été 2020*. 2021. p. 131, rapport technique pour le BRGM. 7020 v3.2 du 19/04/2021.
9. **Ineris**. *Demande d'expertise sanitaire*. 16 juillet 2020. Courrier-Ineris-DRC-20-181248-02429A, p. 2.
11. **Evadiès**. *Mesures des dépôts atmosphériques sur l'ancien district minier de Salsigne (11) - résultats de la campagne de surveillance environnementale réalisée à l'hiver 2020*. 2021. p. 118, rapport pour le BRGM. rapport n° 3020 v3.2 du 19/04/2021.
12. **DGS/DGPR**. *Note d'information relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix de valeurs toxicologiques de référence pour mener les Evaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des SSP*. Direction générale de la Santé / Direction générale de la prévention des risques. 2014. note d'information du 31/10/2014. DGS/EA1/DGPR/2014/307.
13. **ICF Environnement et Scetauroute**. *Etude de faisabilité géotechnique et géochimique d'un programme de développement sur le site de Salsigne (11)*. 2006. p. 106 plus annexes, rapport d'étude pour le compte du Conseil général de l'Aude. n° AIX/05/031-ID-V2 du 26/06/2006.
14. **MTES**. *Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués*. 2017. p. 128.
15. **ATMO Occitanie**. [En ligne] [Citation : 29 07 2021.] <https://www.atmo-occitanie.org/datavis/11/200035715>.
16. **Legifrance**. Code de l'environnement - section 1- surveillance de la qualité de l'air - Articles R221-1 à R221-3. [En ligne] [Citation : 29 07 2021.] <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000022964541/2010-10-24>.
17. **HAS**. *Dépistage, prise en charge et suivi des personnes potentiellement surexposées à l'arsenic inorganique du fait de leur lieu de résidence - méthode recommandations pour la pratique clinique*. Haute Autorité de santé . 2020. p. 29, Texte de recommandations.

ATSDR (2000). Toxicological Profiles for Arsenic, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA: US department of Health and Human Services, Public Health Services.

- Azar A., Trochimowicz H.J. and Maxfield M.E. (1973) Review of lead studies in animals carried out at haskell laboratory:two year feeding study and response to hemorrhage study. Environmental health aspects of lead: Proceedings, International Symposium. October 1972. Amsterdam, Commission of the European Communities, pp. 199-210
- Belyaeva A. (1967) The effect of antimony on reproduction. *GigTruda Prof Zabol* 11(1):32-37.
- Brown, C. C. and K. C. Chu (1983a). "A new method for the analysis of cohort studies: implications of the multistage theory of carcinogenesis applied to occupational arsenic exposure." *Environ Health Perspect* 50(4): 293-308.
- Brown, C. C. and K. C. Chu (1983b). Approaches to epidemiologic analysis for the analysis of prospective and retrospective studies: Example of lung cancer and exposure to arsenic. Proceeding of the SIMS Conference on Environmental Epidemiology - Alta, Risk Assessment.
- Brown, C. C. and K. C. Chu (1983c). "Implications of the multistage theory of carcinogenesis applied to occupational arsenic exposure." *J Natl Cancer Inst* 70(3): 455-63.
- Chovil A., Sutherland R.B. and Halliday M. (1981) - Respiratory cancer in a cohort of nickel sinter plant workers. *Br J Ind Med*, 38, 4, 327-333.
- Elliot B.M., Mackay J.M., Clay P., Ashby J. (1998) An assessment of the genetic toxicology of antimony trioxide. *Mutat Research*, 415 (1-2): 109-117
- Enterline, P. E. and G. M. Marsh (1982). "Cancer among workers exposed to arsenic and other substances in a copper smelter." *Am J Epidemiol* 116(6): 895-911.
- Enterline, P. E., V. L. Henderson, G. M. Marsh (1987). "Exposure to arsenic and respiratory cancer, a reanalysis." *J Occup Med* 29(10): 831-838.
- Glaser, U., D. Hochrainer, D. Steinhoff (1990). "Investigation of irritating properties of inhaled CrVI with possible influence on its carcinogenic action, 2." *Environ Hyg* 2: 235-245.
- Hayes, R. B., A. M. Lilienfeld, L. M. Snell (1979). "Mortality in chromium chemical production workers : a retrospective study." *Int J Epidemiol* 8: 365-374.
- Higgins, I., K. Welch, C. Burchfiel (1982). Mortality of Anaconda smelter workers in relation to arsenic and other exposures, Dep. of Epidemiology, University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Higgins, I. T. T., Oh M. S., Kryston K.L., Burchfiel C.M., Wilkinson N.M. (1986). "Arsenic exposure and respiratory cancer in a cohort of 8 044 Anaconda smelter workers. A 43-year follow-up study, préparé par la Chemical Manufacturer's Association et la Smelters Environmental Research Association."
- ICF Environnement et Scetauroute (2006). Etude de faisabilité géotechnique et géochimique d'un programme de développement sur le site de Salsigne (11). Rapport d'étude n°AIX/05/031-ID-V2 du 26 juin 2006, pour le compte du Conseil Général de l'Aude, 106 pages plus annexes.
- Ineris (2006). Pratique Ineris de choix des valeurs toxicologiques de référence dans les évaluations de risques sanitaires. Rapport d'étude n° INERIS-DRC-05-41113-ETSC/R01a du 21 mars 2006, 21 pages plus annexe.
- Ineris (2005). Note technique concernant une campagne de prélèvement des particules métalliques dans l'air ambiant sur le site de Salsigne. Rapport d'étude n°DRC-05-68854-AIRE-n°288/Ele.
- INRS (2000) Fiche toxicologique N°128, Cobalt et composés minéraux. <http://www.inrs.fr/>
- Jarup, L., G. Pershagen, S. Wall (1989). "Cumulative arsenic exposure and lung cancer in smelter workers: a dose-response study." *Am J Ind Med* 15(1): 31-41.
- Langard, S. (1980). "A survey of respiratory symptoms and lung function in ferrochromium and ferrosilicon workers." *Int Arch Occup Environ Health* 46: 1-9.
- Langard, S., A. Andersen, J. Ravnstad (1990). "Incidence of cancer among ferrochromium and ferrosilicon workers an extended observation period." *Br J Ind Med* 47: 14 -19.
- Lauwerys, R. R., Buchet J. P., Roels H.A., Brouwers J., Stanescu, D. (1974). "Epidemiological survey of workers exposed to cadmium." *Arch Environ Health* 28: 145-148.
- Lee-Feldstein, A. (1983). "Arsenic and respiratory cancer in humans: follow-up of copper smelter employees in Montana." *J Natl Cancer Inst* 70(4): 601-10.

- Lee-Feldstein, A. (1986). "Cumulative exposure to arsenic and its relationship to respiratory cancer among copper smelter employees." *J Occup Med* 28: 296-302.
- Magnus K., Andersen A. and Hogetveit A.C. (1982) - Cancer of respiratory organs among workers at a nickel refinery in Norway. *Int J Cancer*, 30, 6, 681-685.
- Malsch, P. A., D. M. Proctor, B. L. Finley (1994). "Estimation of a chromium inhalation reference concentration using the benchmark dose method: a case study." *Regul Toxicol Pharmacol* 20(1 Pt 1): 58-82.
- Mancuso, T. F. (1975). Considerations of chromium as an industrial carcinogen. International Conference on Heavy Metals in the Environment, Toronto, Canada.
- MATE, 1999. Circulaire du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement portant sur les « principes de fixation des objectifs de réhabilitation pour les sites et sols pollués », datée du 10 décembre 1999.
- Monteiro S. Les vacances des Français. Tendances longues et résultats détaillés de 1993 à 1994. Collection INSEE résultats. Consommation - modes de vie 1994.
- Nagymajtenyi, L., A. Selypes, G. Berencsi (1985). "Chromosomal aberrations and fetotoxic effects of atmospheric arsenic exposure in mice." *J Appl Toxicol* 5(2): 61-3.
- Nemery, B., Casier P., Roosels D., Lahaye D., Demedts M. (1992). "Survey of cobalt exposure and respiratory health in diamond polishers." *Am Rev Respir Dis* 145(3): 610-6.
- Newton, P. E., Bolte H. F., Daly, I.W., Pillsbury B.D., Terrill J.B., Drew R.T., Ben Dyke R., Sheldon A.W., Rubin L.F. (1994) "Subchronic and chronic inhalation toxicity of antimony trioxide in the rat." *Fundam Appl Toxicol* 22(4): 561-76.
- NTP (1996) - NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of nickel oxide (CAS No. 1313-99-1) in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institute of Health. Research Triangle Park, NC. NTP-TRS No. 451.
- OMS (2000) Air Quality Guidelines for Europe, 2<sup>nd</sup> Edition. Geneva, World Health Organization. Consultable sur Internet : <http://www.who.dk/document/e71922.pdf>
- OMS (2004) Guidelines for Drinking Water Quality, Third edition, ISBN 92 4 154638 7 : [who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3/en/](http://who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en/)
- Peto J., Cuckle H., Doll R., Hermon C. and Morgan L.G. (1984) - Respiratory cancer mortality of Welsh nickel refinery workers. Nickel in the human: Proceedings of a joint symposium held at IARC, 8-11 March 1983. Lyon, France, IARC Scientific Publication, pp. 37-46.
- Roels, H. A., Ghyselen P., Buchet J. P., Ceulemans E., Lauwerys R. R. (1992). "Assessment of the permissible exposure level to manganese in workers exposed to manganese dioxide dust." *Br J Ind Med* 49(1): 25-34.
- Thun, M. J., Schnorr T. M., Smith A. B., Halperin W. E., Lemen R. A. (1985). "Mortality among a cohort of U.S. cadmium production workers--an update." *J Natl Cancer Inst* 74(2): 325-33.
- Veerkamp W. and ten Berge W., 1994. The concept of HESP – Reference manual – Human exposure to soil pollutants. Shell Internationale Petroleum Maatschappij B. V., The Hague, Version 2.10a.



## 8. Liste des annexes

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nombre de pages</b>
1	Demande d'expertise sanitaire. 16 juillet 2020. Courrier-Ineris-DRC-20-181248-02429A	2 A4
2	Interprétation de l'état des milieux	8 A4

*Annexe 1 : Demande d'expertise sanitaire. 16 juillet 2020. Courrier-Ineris-DRC-20-181248-02429A*

Nos réf. : Ineris-DRC-20-181248-02429A  
Dossier suivi par : Nathalie VELLY  
0344556806 / nathalie.vely@ineris.fr

**Mme Dominique MESTRE-PUJOL**  
Délégation Départementale de l'Aude  
Agence Régionale de Santé Occitanie  
14 rue du 4 septembre – BP 48  
11021 CARCASSONNE CEDEX

Verneuil-en-Halatte, le 16 juillet 2020

## **Objet : Demande d'expertise sanitaire – Sites et sols pollués - Mine d'Or de Salsigne**

Madame,

Nous faisons suite à votre courrier en date du 05/07/2020 relatif à votre demande d'expertise sanitaire dans le cadre de la campagne de mesures de poussières atmosphériques dans l'air ambiant extérieur dont le démarrage est prévu le 20/07/2020.

Nous vous confirmons notre appui pour l'interprétation sanitaire des résultats de cette campagne de mesures en termes d'exposition par inhalation de poussières en suspension qui donnera lieu, en 2021, à la mise à jour de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) pour l'inhalation de poussières en date de 2007<sup>1</sup>.

Concernant la prochaine campagne de mesures, nous avons examiné, dans la perspective de l'utilisation des résultats de mesure pour l'interprétation sanitaire, les informations que vous nous avez transmises : d'une part le document<sup>2</sup> (en pièce jointe de votre courriel du 06 juillet) présentant le protocole et en particulier la localisation envisagée des systèmes de collecte des poussières, et d'autre part les fichiers<sup>3</sup> mis à disposition par mail le 9 juillet 2020, suite à notre demande.

Il est à noter que l'ensemble de ces documents donnent une bonne visibilité de la localisation des points de prélèvement envisagés, et que le document « récapitulatif repérage terrain du 21 au 28 juin 2020 » du BRGM permet d'apporter des éléments de justifications de ces 16 points de prélèvement.

Il ressort de notre analyse :

- Les communes ayant fait l'objet de mesures en 2006, dans le cadre de l'EQRS de 2007, font l'objet de mesures en 2020 sauf les communes « témoins » de Caunes Minervois, et Aragon, remplacées par d'autres points-témoins. Il s'agit des points 1 à 10, dont 3 ont été placés à des emplacements identiques (école).
- Les autres points définis par le BRGM en 2020 qui n'ont pas fait l'objet de prélèvements en 2006 permettent d'augmenter le périmètre d'étude et faciliteront l'interprétation spatiale qui pourra être faite.

<sup>1</sup> Rapport Ineris DRC-07-77414-03166A du 26/02/2007 « Evaluation quantitative des risques sanitaires liés à l'inhalation de particules métalliques issues des sols de surface par les populations riveraines du site d'exploitation minier du site de Salsigne »

<sup>2</sup> Courrier BRGM du 18/06/2020 – réf. DRP/DPSM/UTAM Sud/2020/n°305/LA/MED

<sup>3</sup> Le fichier dénommé Salsigne.klm ouvrable depuis Google Earth® ou Geoportail et le fichier dénommé « Récapitulatif repérage terrain du 21 au 28 juin 2020 – Vallée de l'Orbiel.ods » avec les coordonnées géoréférencées de chaque point retenu

- La comparaison de la carte présentée en annexe du courrier du BRGM du 18/06/2020, avec celle de la Note 2019-662 du 11/10/2019<sup>4</sup> montre que 2 points ont été rajoutés sur la commune de Salsigne (P5, école de Salsigne, et P16, habitation située dans un hameau de Salsigne) et 3 points témoins préalablement identifiés ont été modifiés en fonction des premières observations.
- Un certain nombre de points de mesures à proximité immédiate des sources émettrices de poussières, identifiés pour l'échantillonnage des poussières sédimentables (phase 0), lors de l'élaboration du programme d'investigations par le BRGM<sup>4</sup>, ont été conservés pour la présente campagne dans la mesure où des habitations y ont été recensées (phase 2). Il s'agit, en particulier, des points 12-BRGM2020 situé à proximité de Nartau sur la commune des Ilhes, 14-BRGM2020 à Malabau et 15-BRGM2020 à Villepascal.

D'une façon générale, les préleveurs seront à positionner de façon à obtenir des résultats représentatifs de l'exposition dans les villages considérés. Ainsi, les critères d'implantation liés à l'environnement immédiat du point de mesure doivent être suivis comme précisé dans la Note du BRGM d'octobre 2019<sup>4</sup>, pour garantir la représentativité des résultats. Cet aspect est crucial pour l'utilisation ultérieure des points de mesures dans le cadre de l'interprétation sanitaire pour la voie d'exposition par inhalation des poussières. Les points de prélèvements sont, en particulier, souvent situés dans des villages de montagne, aux rues étroites dont les habitations sont très imbriquées les unes aux autres. Lors de la campagne de prélèvement, il est important de s'assurer que les préleveurs sont dans une zone dégagée, exempte de structures (murs, bâtiments, préau), ou de végétation.

Bien que l'Ineris n'ait pas pu se rendre sur site, les éléments de justification du BRGM permettent de confirmer que les résultats seront exploitables par l'Ineris dans le cadre de la mise à jour des calculs de risques sanitaires pour la voie inhalation de poussières pour les points représentatifs de l'exposition des populations présentes au droit des points de prélèvements.

Un déplacement sur site de l'Ineris pendant la seconde campagne de prélèvement sera, par ailleurs, utile pour faciliter cette exploitation. Nous vous remercions, par avance, de nous communiquer les dates de cette campagne de mesures dès que possible, afin de planifier cette visite.

Restant à votre disposition pour tout élément complémentaire, je vous prie d'agréer, Madame, l'expression de mes sincères salutations.

Martine RAMEL  
Responsable du pôle « Risque et  
technologies durables »

---

<sup>4</sup> Note BRGM 2019-662 version du 11/10/2019 : Programme d'investigations sur les poussières atmosphériques dans le district minier de Salsigne et la vallée de l'Orbiel. A noter que l'Ineris a été consulté sur ce programme de travail en octobre 2019.

*Annexe 2 : Interprétation de l'état des milieux*

## A - Rappel méthodologique

Une interprétation de l'état des milieux (IEM) est une démarche permettant d'évaluer les impacts d'un site sur les milieux et de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec les usages qui en sont faits. Elle permet de distinguer :

- les milieux ne nécessitant pas d'action particulière et permettant une libre jouissance des usages constatés sans risque ;
- les milieux pouvant faire l'objet d'actions simples pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés (« Intervalle nécessitant une réflexion plus approfondie avant de s'engager dans un plan de gestion ») ;
- les milieux nécessitant d'emblée la mise en œuvre d'un plan de gestion.

Les concentrations mesurées dans les milieux d'exposition sont comparées dans un premier temps aux valeurs de gestion en vigueur mises en place par les pouvoirs publics en France concernant la qualité des milieux environnementaux (valeurs de gestion réglementaires et objectifs de qualité des milieux en vigueur) lorsqu'elles existent ; et cela en cohérence avec les voies et les scénarii d'exposition pertinents identifiés dans le schéma conceptuel (usages effectivement constatés).

Ces valeurs de gestion correspondent au niveau du risque accepté par les pouvoirs publics pour l'ensemble de la population française.

La comparaison des résultats d'analyses réalisées au droit de la zone d'étude à un environnement local témoin est réalisée, afin d'évaluer l'état de dégradation de la qualité des milieux, sans statuer sur l'absence de risque sanitaire pour les populations concernées. Ainsi, conformément à la méthodologie de gestion des sites et sols pollués du ministère de l'environnement, la question des risques sanitaires pour les populations ne se pose pas « *si l'état des sols de la zone d'étude est comparable à celui d'un milieu naturel voisin sans anomalies naturelles se trouvant hors de l'influence de cette zone* » (14).

Dans le cas présent, une interprétation de l'état des milieux (IEM) a donc été menée en considérant la qualité de l'air ambiant extérieur des communes situées dans la vallée de l'Orbiel, considérées sous l'influence des anciennes activités minières. L'étude a été conduite sur la base des mesures réalisées en 2020 en plusieurs points situés dans les zones d'habitations, ainsi qu'en plusieurs points de mesures situés à une distance suffisante de la mine pour être représentatifs d'un environnement local témoin. Les valeurs mesurées au droit de ces points sont représentatives d'une exposition moyenne en dehors de l'influence de la mine (cf. tableau 2).

Des mesures par ATMO Occitanie sont également réalisées en permanence et peuvent constituer une référence en matière d'exposition dans la région (niveau de fond), en dehors de toute influence de la mine, dans un environnement urbain. Les mesures de la station de Carcassonne sont disponibles pour les particules totales en suspension et les particules fines (15).

L'état de dégradation potentielle de la qualité de l'air par rapport aux zones situées hors de l'influence de la zone d'étude (Environnement Local Témoin) a été évalué. En cas d'écart par rapport aux valeurs réglementaires et à l'environnement local témoin, la démarche d'évaluation des risques sanitaires a été mise en œuvre, pour les substances concernées, selon une grille de calculs de l'Interprétation de l'Etat des Milieux (grille IEM), pour chacune des substances et voies d'exposition étudiées prises indépendamment, en cohérence avec la démarche de gestion des pouvoirs publics. Des intervalles de gestion sont associés à la grille IEM :

- $QD < 0,2$  et  $ERI < 10^{-6}$  : l'état des milieux est compatible avec les usages constatés ;
- $0,2 < QD < 5$  ou  $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$  : intervalle nécessitant une réflexion plus approfondie avant de s'engager dans un plan de gestion ;
- $QD > 5$  ou  $ERI > 10^{-4}$  : l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages, un plan de gestion est requis.

## B - Schéma conceptuel

Le schéma conceptuel est, selon les textes méthodologiques en vigueur (14), une véritable représentation de l'état des lieux de la zone d'étude considérée. Le schéma conceptuel au stade préliminaire, est mis à jour à l'issue des résultats des investigations.

Le tableau 13 présente les sources, les voies de transfert et d'exposition, et les enjeux à protéger retenus pour la présente étude, sur la base des observations de terrain et des résultats analytiques.

Tableau 13 : Voies de transfert et d'exposition retenues pour l'interprétation de l'état des milieux

Source	Voies de transfert	Voies d'exposition	Enjeux à protéger
Poussières inhalables	Réenvol depuis les sols superficiels	Inhalation de poussières	Adultes et enfants résidents

## B1 - Sources de pollution

La « source » désigne le milieu à partir duquel les substances « non désirables » s'accumulent ou initient le transfert vers d'autres milieux.

Dans le cas de la présente étude, les sources principales considérées sont les poussières issues des sols superficiels qui sont susceptibles d'être respirées par les populations riveraines.

## B2 - Vecteurs de transfert, milieux d'exposition et enjeux

En rappel, l'IEM est uniquement basée sur des mesures dans les milieux d'exposition des populations. Aucune modélisation de transfert et d'exposition n'a été réalisée.

Les points investigués ont été identifiés comme représentatifs des villages dans lesquels ils ont été positionnés et la voie d'exposition retenue est l'inhalation de poussières en suspension par des populations résidentes adultes et enfants, tous les jours de l'année (24h /24 pendant une durée conventionnelle de 30 ans). Les concentrations mesurées ont directement été utilisées dans les calculs de risque sans distinction entre l'inhalation entre l'extérieur et l'intérieur.

Cette démarche est sécuritaire puisque les mesures ont été effectuées à l'extérieur et que la majorité du temps est plutôt classiquement passée en intérieur (environ 70% du temps).

## C - Comparaison aux valeurs de référence

Pour rappel, la méthode IEM est une méthode d'évaluation du niveau d'exposition d'une population donnée par rapport à l'ensemble de la population française, voire de la population locale non exposée à la source de pollution étudiée.

### C1 - Comparaison aux valeurs réglementaires

Les valeurs de gestion de la qualité de l'air adaptées au contexte de la présente étude, ont été identifiées :

- les valeurs cibles à compter du 31 décembre 2012. Moyenne, calculée sur une année civile, du contenu total de la fraction PM10. Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air. Les concentrations en arsenic, cadmium, nickel et benzo(a)pyrène correspondent à la teneur totale de ces éléments et composés dans la fraction « PM10 » ;
- les objectifs de qualité pour le plomb en moyenne annuelle sur l'année civile du décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 ;
- les objectifs de qualité en moyenne annuelle pour les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub> n° 2010-1250 du 21 octobre 2010.

Ce décret définit les termes de :

- l'air ambiant « *Air ambiant, l'air extérieur de la troposphère, à l'exclusion des lieux de travail tels que définis à l'article R. 4211-2 du code du travail et auxquels le public n'a normalement pas accès* » ;
- les différents seuils (objectifs de qualité, valeur cibles, valeur limites...) ;
- les substances (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> ...) ;
- les valeurs réglementaires applicables pour toute la population française.

Les Tableau 14, Tableau 15 et Tableau 16 récapitulent l'ensemble de ces valeurs.

**Tableau 14 : valeurs réglementaires pour les substances identifiées dans la vallée de l'Orbiel - valeurs cibles applicables à compter du 31 décembre 2012 – arsenic, cadmium et nickel (16)**

	Valeur cible Moyenne, calculée sur une année civile, du contenu total de la fraction " PM10 "
Arsenic	6 ng/ m <sup>3</sup>
Cadmium	5 ng/ m <sup>3</sup>
Nickel	20 ng/ m <sup>3</sup>

**Tableau 15 : valeurs réglementaires pour les substances identifiées dans la vallée de l'Orbiel - Normes de qualité de l'air, déterminées selon des méthodes définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement - plomb (16)**

	Objectif de qualité	Valeurs limites pour la protection de la santé
Plomb	250 ng/ m <sup>3</sup> en concentration moyenne annuelle civile	500 ng/ m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile

**Tableau 16 : valeurs réglementaires pour les substances identifiées dans la vallée de l'Orbiel - Normes de qualité de l'air, déterminées selon des méthodes définies par arrêté du ministre chargé de l'environnement - particules (16)**

	Objectif de qualité	Seuils d'information et de recommandation	Seuils d'alerte	Valeurs limites pour la protection de la santé
PM <sub>10</sub>	30 µg/m <sup>3</sup> (moyenne annuelle civile)	50 µg/m <sup>3</sup> en moyenne journalière	80 µg/ m <sup>3</sup> en moyenne journalière	50 µg/ m <sup>3</sup> en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de trente-cinq fois par année civile 40 µg/ m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile.
PM <sub>2,5</sub>	10 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile	20 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile	-	25 µg/ m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile

Les concentrations moyennes des 3 campagnes de mesures réalisées par les préleveurs séquentiels pour les PM10 ont été comparées à ces valeurs réglementaires :

- Pour l'arsenic, toutes les valeurs moyennes mesurées sont inférieures à la valeur cible réglementaire de 6 ng/m<sup>3</sup>. La concentration moyenne maximum (0,95 ng/m<sup>3</sup>) est mesurée au point « la Jourdanne » lors de la première campagne (été 2020) ;
- Pour le cadmium, toutes les valeurs moyennes mesurées dans l'air sont très inférieures à la valeur cible réglementaire de 5 ng/m<sup>3</sup> ;
- Pour le nickel, toutes les valeurs moyennes mesurées dans l'air sont très inférieures à la valeur cible réglementaire de 20 ng/m<sup>3</sup> ;
- Pour le plomb, toutes les valeurs moyennes mesurées dans l'air sont très inférieures à la valeur réglementaire « objectif de qualité » de 250 ng/m<sup>3</sup> ;
- Pour les PM<sub>10</sub>, toutes les valeurs moyennes mesurées dans l'air sont inférieures à la valeur réglementaire « objectif de qualité » de 30 µg/m<sup>3</sup> ;
- Pour les PM<sub>2,5</sub>, les valeurs mesurées sont inférieures ou égales aux valeurs réglementaires « d'objectifs de qualité ».



## C2 - Substances non quantifiées lors des trois campagnes de prélèvement

Parmi les 15 substances recherchées, certaines n'ont jamais été quantifiées : le bismuth, le mercure et le tungstène. Au regard des techniques de prélèvement et du choix du laboratoire, les limites de quantification atteintes sont suffisamment protectrices pour la population.

## C3 - Comparaison aux valeurs Environnement Local témoin (ELT)

Plusieurs points ont été implantés à une distance suffisante de la mine pour être représentatifs d'un environnement local témoin propre à la région :

- Fraisse-Cabardès (témoin sous vents d'Est),
- Mas Cabardès (témoin sous vents du Sud avec lithologie identique pour l'arsenic),
- Conques-sur-Orbiel (témoin sous vents du Nord),
- Villalier (témoin sous vents du Nord).

Les mesures réalisées en continu par ATMO Occitanie en 2019 (16) dans l'agglomération de Carcassonne pour les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, caractéristiques d'une exposition urbaine ont également été exploitées (circulation de véhicules, industries...).

Le rapport de synthèse (7) précise que la zone d'étude est assez hétérogène avec une alternance entre les différentes vallées et des plateaux.

Le contexte est plutôt rural et formé par de nombreux villages isolés. L'impact des infrastructures routières peut être considéré comme négligeable dans cette étude en raison de l'implantation adaptée des préleveurs.

Malgré l'attention portée au choix de la localisation des points témoins, la topographie rend difficile l'attribution d'un point de mesure représentatif pour chaque point de mesure. De plus, les écarts entre les concentrations moyennes en PM<sub>10</sub> observées sur les stations représentatives des environnements locaux témoins et les stations situées à proximité des sites miniers sont faibles (7).

Le tableau 17 récapitule les valeurs « témoins » retenues.

Tableau 17 : valeurs « témoins » moyennes de la vallée de l'Orbiel et de Carcassonne (ng/m<sup>3</sup>) :

Localisation /Substance	Numéro selon figure 1	Al	As	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	W	Zn	PM10
Fraisse-Cabardès	5	62,4	0,20	<LQ	0,05	<LQ	0,59	1,0	<LQ	1,2	0,56	0,92	<LQ	0,23	<LQ	7,84	8,59
Mas Cabardès	6	87,4	0,24	<LQ	0,07	<LQ	0,86	1,08	<LQ	1,43	0,41	1,76	<LQ	0,17	<LQ	5,32	9,72
Villeneuve Minervois	4	94,8	0,44	<LQ	0,06	<LQ	0,72	2,39	<LQ	2,08	0,43	1,44	<LQ	0,36	<LQ	7,3	11,8
Villalier	8	110	0,62	<LQ	0,06	<LQ	0,89	3,76	<LQ	3,13	0,51	1,50	0,26 <sup>22</sup>	0,62	<LQ	7,1	12,4
Carcassonne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Minimum valeurs témoins	-	62,4	0,20	<LQ	0,05	<LQ	0,59	1,0	<LQ	1,2	0,43	0,92	<LQ	0,17	<LQ	5,32	8,59

Les cellules grisées correspondent aux substances pour lesquelles les concentrations mesurées ont été comparées aux valeurs réglementaires.

Les valeurs en italique correspondent aux substances non quantifiées.

Ces valeurs constituent des valeurs de fond pour la vallée de l'Orbiel, chaque valeur moyenne est le résultat de 3 campagnes réalisées à 3 saisons différentes. Le minimum des valeurs témoins correspond à un choix conservatoire pour la sélection des substances.

<sup>22</sup> Pour l'antimoine, la valeur maximale mesurée pour toute la vallée est une valeur mesurée à Villalier lors de la 3<sup>ème</sup> campagne (0,47 ng/m<sup>3</sup>). Ce point étant considéré comme témoin hors influence de la mine, il est fort probable que cette valeur soit liée à une « contamination » ponctuelle liée à une autre activité.

Conformément à la méthodologie, la comparaison entre les valeurs mesurées sous influence de la zone d'anciennes activités minières et les valeurs témoins a été réalisée pour les substances qui ne présentent pas de valeurs réglementaires. Cette comparaison montre que les valeurs mesurées sont globalement homogènes tant spatialement que temporellement (3 campagnes à 3 saisons différentes).

La comparaison à l'ELT ne montre pas de différence significative entre les points de mesures situés hors influence de la mine et ceux situés sous son influence potentielle. Ponctuellement certaines mesures peuvent se distinguer des autres sans que la mine apparaisse clairement comme responsable de ces variations. D'autres paramètres locaux et temporels peuvent influencer ces valeurs mesurées.

## D - Calcul des risques sanitaires

La démarche d'IEM a permis de statuer sur la compatibilité des milieux avec les usages qui en sont faits au regard des concentrations moyennes mesurées en :

- arsenic, cadmium, nickel, plomb : comparaison aux valeurs réglementaires,
- antimoine<sup>22</sup>, bismuth, cobalt<sup>23</sup>, mercure, tungstène : pas de quantification .

Des calculs de risques sanitaires type « grille IEM » sont nécessaires pour vérifier les concentrations mesurées en :

- aluminium, chrome (CrVI<sup>24</sup>), cuivre, manganèse, étain, zinc.

### D1 - Méthode de calcul de risque

Les concentrations d'exposition sont celles mesurées à l'aide des préleveurs séquentiels. Afin d'être cohérent avec les valeurs réglementaires, les valeurs moyennes mesurées lors des 3 campagnes en chaque point de prélèvement ont été retenues pour réaliser les calculs de risque. En effet, en accord avec les exigences de la directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant qui précise que pour des mesures indicatives visant à être représentatives d'une année, la période minimale de prise en compte doit être au minimum de 14% de l'année soit 52 jours, les moyennes annuelles reconstituées dans le cadre de ces mesures (ici trois campagnes de mesures de 1 mois réparties sur trois trimestres distincts (été 2020, automne 2020, hiver 2020-2021)) peuvent donc être comparées aux moyennes annuelles. La concentration moyenne inhalée correspond à la concentration moyenne pondérée par un facteur de rétention dans les poumons pris égal à 75% pour les résidents enfants et adultes [Veerkamp and ten Berge, 1994].

Les scénarios d'exposition, les paramètres d'exposition, ainsi que l'évaluation de la toxicité des substances sont les mêmes que ceux présentés dans le cadre de la mise à jour de de l'Evaluation des Risques sanitaires (cf. chapitre 3).

### D2 - Calculs de risque

Des calculs de risque individualisés par point de mesure ont été mis en œuvre pour le cuivre, le chrome VI et le manganèse.

L'aluminium, l'étain et le zinc sont des substances connues, pour lesquelles des études toxicologiques pour la voie ingestion sont couramment réalisées. Des VTR pour cette voie sont construites et à disposition dans les bases de données. Pour l'inhalation de particules, aucun organisme reconnu par les toxicologues de l'Ineris n'a construit de VTR. Les calculs de risque pour cette voie d'exposition n'ont donc pas été menés.

En cas d'étude tenant compte de voies d'exposition telles que l'ingestion de sols ou de végétaux, ces substances pourront être prises en compte dans l'évaluation des risques sanitaires associés.

---

<sup>23</sup> Une valeur de 0,5 ng/m<sup>3</sup> a été mesurée une fois (20 au 27 octobre 2020) sur la station de Limousis / rue de la carrière. Cette mesure est proche de la limite de quantification de 0,32 ng/m<sup>3</sup> et n'apparaît pas significativement dans le calcul de la moyenne.

<sup>24</sup> Comme mentionné dans le chapitre 3.2.2, le pourcentage maximal possible de chrome hexavalent a été retenu (16%).

Les tableaux suivants présentent les résultats des calculs de risque réalisés pour les PM10.

*Tableau 18 : IEM - Ensemble des quotients de danger calculés pour les substances mesurées dans les PM10 pour les résidents des communes investiguées de la vallée de l'Orbiel*

QD	Lastours	Limousis / rue de la carrière	La Métairie	Villanière	Salleles- Cabardes	Cammazou	Limousis (proximité La Combe du Saut)	La Jourdanne	Villardonne	Ecole Salsigne	Conques- sur- Orbiel	Les Ilhes Cabardes	Extrapolation Mémorial
CrVI	2,7E-03	< ELT	2,3E-03	< ELT	< ELT	2,7E-03	2,7E-03	2,7E-03	2,7E-03	2,7E-03	3,7E-03	2,7E-03	< ELT
Cu	1,1E-03	8,9E-04	1,1E-03	9,9E-04	1,3E-03	8,2E-04	1,2E-03	9,9E-04	9,3E-04	9,3E-04	2,5E-03	1,2E-03	7,9E-04
Mn	4,1E-03	3,6E-03	3,5E-03	4,1E-03	< ELT	3,8E-03	4,4E-03	1,1E-02	3,9E-03	3,9E-03	5,4E-03	5,1E-03	5,6E-03

< ELT : Concentration mesurée inférieure à l'ELT minimum

*Tableau 19 : IEM – Ensemble des excès de risque individuels calculés pour les substances mesurées dans les PM10 pour les résidents des communes investiguées de la vallée de l'Orbiel*

ERI	Lastours	Limousis / rue de la carrière	La Métairie	Villanière	Salleles- Cabardes	Cammazou	Limousis (proximité La Combe du Saut)	La Jourdanne	Villardonne	Ecole Salsigne	Conques- sur- Orbiel	Les Ilhes Cabardes	Extrapolation Memorial
CrVI	1,4E-06	< ELT	1,2E-06	< ELT	< ELT	1,4E-06	1,4E-06	1,4E-06	1,4E-06	1,4E-06	1,9E-06	1,4E-06	< ELT
Cu	nc <sup>25</sup>	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
Mn	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc

< ELT : Concentration mesurée inférieure à l'ELT minimum

<sup>25</sup> nc : non concerné

## E - Conclusion de l'IEM

L'ensemble des quotients de danger ainsi calculés sont inférieurs à 0,2 (borne inférieure de l'IEM).

Les calculs réalisés pour les substances présentant des effets cancérigènes montrent des résultats situés dans l'intervalle d'approfondissement (valeurs comprises entre  $10^{-6}$  et  $10^{-4}$ ) pour le chrome VI. Cet intervalle d'approfondissement conduit à réaliser une EQRS. L'ensemble des calculs avec des hypothèses majorantes a été réalisé dans la première partie de ce rapport.

En complément à la mise à jour de l'étude de risque sanitaire, la qualité de l'air est conforme à la réglementation concernant les métaux analysés et est compatible avec les usages d'habitations pour l'ensemble des résidents concernés.

