

**RioTinto Alcan**

GARDANNE (13)  
**Evaluation des risques  
sanitaires liés aux  
émissions atmosphériques  
du site**

Rapport

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |          |
| RBO – CLD – OL                        |          |
| 05/05/2011                            | Page : 1 |

RIO TINTO ALCAN

**Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du site**

Rapport définitif

| Objet de l'indice  | Date     | Indice | Rédaction      |   | Vérification          |   | Validation            |   |
|--------------------|----------|--------|----------------|---|-----------------------|---|-----------------------|---|
|                    |          |        | Nom            | Signature   | Nom                   | Signature   | Nom                   | Signature   |
| Rapport provisoire | 15/04/11 |        | Romain BOISSAT |  | Christelle LE DEVEHAT |  | Christelle LE DEVEHAT |  |
| Rapport            | 28/04/11 | a      | Romain BOISSAT |  | Christelle LE DEVEHAT |  | Christelle LE DEVEHAT |  |
| Rapport définitif  | 05/05/11 | b      | Romain BOISSAT |  | Christelle LE DEVEHAT |  | Christelle LE DEVEHAT |  |
|                    |          | c      |                |   |                       |   |                       |   |
|                    |          | d      |                |   |                       |   |                       |   |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Numéro de rapport :</b>  | <b>RACISE00067-b</b>                                  |
| <b>Numéro d'affaire :</b>   | <b>A18687</b>   |
| <b>N° de contrat :</b>      | <b>CACISE110099</b>                                   |
| <b>Domaine technique :</b>  | <b>PA14</b>   |
| <b>Mots clé thésaurus :</b> | <b>Evaluation quantitative des risques sanitaires</b> |

BURGEAP – Département Industrie  
Bâtiment B6 – Parc de la Bastide Blanche  
13127 VITROLLES

Téléphone : 33(0)4.42.77.05.15

Télécopie : 33(0)4.42.31.41.23

e-mail : pole.air@burgeap.fr

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |          |
| RBO – CLD – OL                        |          |
| 05/05/2011                            | Page : 2 |

# SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUME NON TECHNIQUE</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1 Contexte général de l'étude</b>                                   | <b>11</b> |
| 1.1 Contexte et objectifs  | 11        |
| 1.2 Méthodologie   | 12        |
| <b>2 Description de l'environnement du site</b>                        | <b>13</b> |
| 2.1 Localisation géographique du site                                  | 13        |
| 2.2 Description de la population                                       | 14        |
| 2.2.1 Population générale  | 14        |
| 2.2.2 Populations sensibles  | 16        |
| <b>3 Campagne de mesures dans l'environnement</b>                      | <b>18</b> |
| 3.1 Description des campagnes de mesures                               | 18        |
| 3.1.1 Campagne de mesures BURGEAP                                      | 18        |
| 3.1.2 Campagne de mesures APAVE  | 18        |
| 3.2 Localisation des points de mesures                                 | 19        |
| 3.3 Résultats des campagnes de mesures                                 | 19        |
| 3.3.1 Campagne de mesures BURGEAP                                      | 19        |
| 3.3.2 Campagne de mesures APAVE  | 20        |
| <b>4 Inventaire et quantification des émissions du site</b>            | <b>22</b> |
| 4.1 Description du site et de ses activités                            | 22        |
| 4.1.1 Historique du site   | 22        |
| 4.1.2 Situation actuelle   | 22        |
| 4.1.3 Description du procédé de fabrication d'alumine                  | 23        |
| 4.2 Rejets atmosphériques  | 23        |
| 4.2.1 Caractéristiques physiques des sources d'émission atmosphériques | 24        |
| 4.2.2 Localisation des points de rejets atmosphériques                 | 25        |
| 4.2.3 Quantification des émissions atmosphériques (g/s)                | 26        |
| <b>5 Caractérisation du risque sanitaire</b>                           | <b>32</b> |
| 5.1 Conceptualisation de l'exposition                                  | 32        |
| 5.1.1 Voies d'exposition   | 33        |
| 5.1.2 Enjeux   | 33        |
| 5.1.3 Temps d'exposition   | 34        |
| 5.2 Identification des dangers et relation dose-réponse                | 35        |
| 5.2.1 Identification des dangers                                       | 35        |
| 5.2.2 Relations dose-effet/dose-réponse                                | 37        |
| 5.2.3 Autres valeurs de comparaison utilisées                          | 43        |
| 5.2.4 Choix des traceurs   | 44        |
| 5.3 Estimation des niveaux d'exposition liés aux rejets atmosphériques | 47        |
| 5.3.1 Domaine d'étude ou zone d'influence du site                      | 47        |
| 5.3.2 Principe et validation du code de dispersion utilisé             | 48        |
| 5.3.3 Description des conditions météorologiques                       | 49        |
| 5.3.4 Prise en compte du relief  | 53        |
| 5.3.5 Prise en compte de l'occupation des sols                         | 53        |
| 5.3.6 Prise en compte des bâtiments                                    | 55        |
| 5.3.7 Récepteurs choisis   | 55        |
| 5.3.8 Résultats de la modélisation                                     | 56        |
| 5.3.9 Quantification des expositions                                   | 59        |
| 5.4 Caractérisation des risques  | 62        |
| 5.4.1 Méthodologie de calcul des risques                               | 62        |
| 5.4.2 Caractérisation des risques pour les effets à seuil – inhalation | 63        |

|                      |   |           |
|----------------------|---|-----------|
| 5.4.3                | Caractérisation des risques pour les effets sans seuil – inhalation                       | 64        |
| 5.4.4                | Caractérisation des risques pour les effets à seuil – ingestion de sol, de végétaux       | 64        |
| 5.4.5                | Caractérisation des risques pour les effets sans seuil – ingestion de sols et de végétaux | 66        |
| 5.4.6                | Caractérisation des risques pour les effets sans seuil – toutes voies d'exposition        | 66        |
| 5.5                  | Analyse des incertitudes  | 67        |
| 5.5.1                | L'estimation des flux   | 67        |
| 5.5.2                | Le choix de polluants représentatifs d'une famille  | 67        |
| 5.5.3                | Valeurs toxicologiques de référence   | 68        |
| 5.5.4                | Le temps d'exposition   | 74        |
| 5.5.5                | Données météorologiques   | 75        |
| 5.5.6                | Modélisation atmosphérique  | 75        |
| 5.5.7                | Non prise en compte du bruit de fond  | 76        |
| <b>6 Conclusions</b> |   | <b>77</b> |
| <b>ANNEXES</b>       |   | <b>79</b> |



## TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 : Effectif total de la population  | 15 |
| Tableau 2 : Répartition en pourcentage de la population totale par tranche d'âge   | 15 |
| Tableau 3 : Répartition en pourcentage de la population totale par sexe  | 15 |
| Tableau 4 : Répartition en pourcentage des populations des résidences principales et secondaires   | 16 |
| Tableau 5 : Concentrations en poussières et éléments traces métalliques mesurées dans l'environnement                                      | 20 |
| Tableau 6 : Dépôts de poussières totales mesurées dans l'environnement (données APAVE)   | 21 |
| Tableau 7 : Caractéristiques physiques des rejets atmosphériques principaux pris en compte   | 24 |
| Tableau 8 : Caractéristiques physiques des rejets atmosphériques diffus  | 25 |
| Tableau 9 : Flux de polluant à l'émission pour les sources canalisées (kg/an)  | 26 |
| Tableau 10 : Flux de polluant à l'émission pour les sources canalisées (kg/an)   | 27 |
| Tableau 11 : Dépôts de poussières mesurés par l'APAVE  | 29 |
| Tableau 12 : Flux de poussières issus du stockage de bauxite calculés par rétro-modélisation   | 29 |
| Tableau 13 : Résultats de la modélisation pour les dépôts de poussières  | 29 |
| Tableau 14 : Flux d'Al et de Fe issus du stockage de bauxite calculés par rétro-modélisation   | 30 |
| Tableau 15 : Résultats de la modélisation pour les concentrations en Al et Fe  | 30 |
| Tableau 16 : Synthèse des émissions de polluants   | 31 |
| Tableau 17 : Scénarios d'exposition retenus  | 34 |
| Tableau 18 : Récapitulatif des temps d'exposition retenus  | 34 |
| Tableau 19 : Synthèse des VTR retenues pour la voie inhalation (polluants gazeux et particuliers)  | 41 |
| Tableau 20 : Synthèse des VTR retenues pour la voie ingestion (polluants particuliers)   | 42 |
| Tableau 21 : Synthèse des autres valeurs disponibles pour la voie inhalation   | 44 |
| Tableau 22 : Polluants particuliers retenus comme « traceurs de risque » (ingestion)   | 45 |
| Tableau 23 : Polluants gazeux et particuliers retenus comme « traceurs de risque » (inhalation)  | 46 |
| Tableau 24 : Polluants retenus dans l'évaluation des risques sanitaires  | 46 |
| Tableau 25 : Correspondance occupation des sols / hauteur de rugosité  | 54 |
| Tableau 26: Comparaison aux valeurs guides   | 57 |
| Tableau 27 : Résultats des mesures ATMO-PACA   | 58 |
| Tableau 28: Concentrations moyennes d'exposition en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les effets toxiques à seuil au récepteur le plus impacté | 59 |

|   |    |
|---|----|
| Tableau 29: Concentrations moyennes d'exposition en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les effets toxiques sans seuil au récepteur le plus impacté   | 60 |
| Tableau 30: Doses moyennes d'exposition en $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ pour les effets toxiques à seuil pour le récepteur le plus impacté    | 61 |
| Tableau 31: Doses moyennes d'exposition en $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ pour les effets toxiques sans seuil pour le récepteur le plus impacté | 61 |
| Tableau 32: Synthèse des organes cibles critiques – inhalation  | 63 |
| Tableau 33: Quotients de danger pour les effets non cancérigènes au récepteur le plus impacté – Exposition par inhalation                       | 63 |
| Tableau 34 : Excès de risque individuel par inhalation pour le récepteur le plus impacté  | 64 |
| Tableau 35: Synthèse des organes cibles critiques – ingestion   | 65 |
| Tableau 36: Quotients de danger– Exposition globale par ingestion au récepteur le plus impacté  | 65 |
| Tableau 37 : Excès de risque individuel par ingestion pour le récepteur le plus impacté   | 66 |
| Tableau 38 : Excès de risque individuel global au récepteur le plus impacté – toutes voies d'exposition (R4)                                    | 66 |
| Tableau 39 : Mesures de HAP réalisées par SOCOTEC   | 68 |
| Tableau 40: Quotients de danger pour les effets non cancérigènes au récepteur le plus impacté – Exposition par inhalation (choix BGP)           | 70 |
| Tableau 41 : Excès de risque individuel par inhalation pour le récepteur le plus impacté (choix BGP)  | 71 |
| Tableau 42: Quotients de danger– Exposition globale par ingestion au récepteur le plus impacté (choix BGP)                                      | 73 |
| Tableau 43 : Excès de risque individuel par ingestion pour le récepteur le plus impacté (choix BGP)   | 73 |
| Tableau 44 : Excès de risque individuel global au récepteur le plus impacté – toutes voies d'exposition (R4 – choix BGP)                        | 74 |
| Tableau 45: Temps passé à l'extérieur du lieu d'habitation en min/jour  | 74 |

## FIGURES

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Méthodologie générale de l'étude   | 12 |
| Figure 2 : Localisation géographique du site RIO TINTO ALCAN                          | 13 |
| Figure 3 : Communes présentes autour du site  | 14 |
| Figure 4 : Localisation des établissements pouvant recevoir des populations sensibles | 17 |
| Figure 5 : Localisation des points de mesures   | 19 |
| Figure 6 : Description du procédé de fabrication d'alumine                            | 23 |
| Figure 7 : Localisation des sources d'émission – rejets atmosphériques                | 25 |
| Figure 8 : Méthodologie du calcul des émissions diffuses de poussières                | 28 |
| Figure 9 : Méthodologie du calcul des émissions diffuses d'aluminium et de fer        | 30 |
| Figure 10 : Schéma conceptuel général de l'exposition                                 | 32 |
| Figure 11 : Localisation du domaine d'étude   | 47 |
| Figure 12 : Localisation des stations de mesures METEO FRANCE                         | 50 |
| Figure 13 : Rose des vents générales reconstituées par le modèle                      | 50 |
| Figure 14 : Répartition des vitesses de vent (station Aix les Milles)                 | 51 |
| Figure 15 : Répartition des classes de stabilité de l'atmosphère                      | 52 |
| Figure 16 : Représentation du relief à proximité du site                              | 53 |
| Figure 17 : Occupation des sols et hauteur de rugosité sur le domaine d'étude         | 54 |
| Figure 18 : Récepteurs pris en compte dans la modélisation                            | 55 |
| Figure 19: Concentration et dépôt moyens en PM10                                      | 56 |
| Figure 20: Localisation des stations d'ATMO PACA                                      | 58 |

## ANNEXES

|   |     |
|---|-----|
| - Annexe 1 - Présentation du logiciel de modélisation ADMS4   | 80  |
| - Annexe 2 - Argumentaire santé   | 85  |
| - Annexe 3 - Hypothèses et détails des calculs des doses d'exposition   | 146 |
| - Annexe 4 - Résumé des paramètres du modèle  | 153 |
| - Annexe 5 - Résultats de la modélisation aux récepteurs (concentrations et dépôts)                               | 157 |
| - Annexe 6 - Tableaux et résultats des calculs de risque pour l'inhalation aux récepteurs – rejets atmosphériques | 162 |
| - Annexe 7 - Tableaux et résultats des calculs de risque pour l'ingestion aux récepteurs – rejets atmosphériques  | 170 |
| - Annexe 8 - Principales cartes de résultats  | 183 |
| - Annexe 9 - Signification des principales abréviations   | 191 |
| - Annexe 10 - Prise en compte des facteurs d'émission issus de l'AP42   | 195 |

## RESUME NON TECHNIQUE

La société RIO TINTO ALCAN exploite sur la commune de Gardanne (13) un site de production d'alumines. Afin de connaître l'impact de ses rejets atmosphériques (canalisés et diffus) sur la santé des populations résidant à proximité, la société RIO TINTO ALCAN souhaite réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires. A la demande de la DREAL, cette étude portera à la fois sur les PM10 et les PM2.5 ainsi que sur l'ensemble des polluants émis.

Le cadre méthodologique choisi pour mener cette étude a été construit à partir des documents de référence actuellement en vigueur en France le guide méthodologique INERIS<sup>1</sup> de Juillet 2003 sur l'évaluation des risques sanitaires qui définit les principes généraux de l'évaluation des risques sanitaires ainsi que le « Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – février 2000 » de l'InVS<sup>2</sup>.

L'objectif de cette étude est ainsi d'évaluer les risques chroniques liés à l'exposition des populations riveraines aux polluants atmosphériques émis par le site de RIO TINTO ALCAN, lors d'un fonctionnement normal et selon les valeurs d'émission fournies.

L'objectif de la première étape (inventaire des émissions du site) est de disposer d'un bilan complet consolidé des émissions atmosphériques émises par le site de RIO TINTO ALCAN. Les principales sources étudiées pour l'activité de stockage du site sont les suivantes :

- La chaudière 2 (fonctionnant principalement au gaz naturel),
- La chaudière 3 (fonctionnant principalement au fuel TBTS),
- Les 3 fours de calcination,
- Les 3 nouvelles chaudières BP1, BP2 et BP3 (fonctionnant au gaz naturel),
- Les émissions diffuses d'alumines ou de bauxite issues des zones de stockage.

Pour les substances émises par les sources canalisées (chaudières 2, 3 BP1, BP2, BP3 et fours de calcination), nous avons considéré les flux fournis par RIO TINTO ALCAN (données issues de DDAE, mesures à l'émission en continu, ...).

Pour les substances émises par les sources diffuses (zones de stockage), nous avons réalisé une campagne de mesures dans l'environnement et déterminé, par calcul (rétro-modélisation), les émissions de polluants issus de ces sources.

Pour l'ensemble des substances identifiées, les informations sur les effets toxiques ont été collectées et notamment les effets cancérigènes sans seuil, et les autres effets toxiques à seuil. L'identification des relations, entre les niveaux d'exposition et la survenue des dangers propres à ces polluants, nous a conduits au choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR).

<sup>1</sup> INERIS : Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels

<sup>2</sup> InVS : Institut National de Veille Sanitaire

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |          |
| RBO – CLD – OL                        |          |
| 05/05/2011                            | Page : 9 |

Les substances retenues pour l'évaluation des expositions et la caractérisation des risques sont au nombre de 27 :

| <i><b>Polluants particulaires</b></i> |                   | <i><b>Polluants gazeux</b></i> |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| <i>HAP (Benzo(a)pyrène)</i>           | <i>Manganèse</i>  | <i>Benzène</i>                 |
| <i>Cadmium</i>                        | <i>Nickel</i>     | <i>Ethylbenzène</i>            |
| <i>Mercurure</i>                      | <i>Vanadium</i>   | <i>Formaldéhyde</i>            |
| <i>Arsenic</i>                        | <i>Zinc</i>       |                                |
| <i>Plomb</i>                          | <i>Aluminium</i>  |                                |
| <i>Antimoine</i>                      | <i>Naphtalène</i> |                                |
| <i>Chrome (III et VI)</i>             | <i>Acénaphène</i> |                                |
| <i>Cobalt</i>                         |                   |                                |

Lorsqu'un composé considéré présente un potentiel toxique avéré mais pour lequel on ne dispose pas de VTR, ce dernier est toutefois conservé pour la modélisation de façon à estimer les niveaux de concentrations de cette substance attendue dans l'environnement. Ainsi, le SO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, le plomb et les poussières (PM10 et PM2.5) ont également été retenus pour la phase de modélisation.

La dispersion des rejets atmosphériques a été réalisée à l'aide du modèle ADMS4.2.

Nous avons étudié deux voies d'exposition que sont l'inhalation et l'ingestion de sol et de végétaux. Les niveaux d'exposition ont été évalués à partir des données issues de la modélisation. Leur comparaison avec les seuils de risque recommandés a permis de caractériser le risque.

**Dans les conditions d'études retenues, l'ensemble des résultats obtenus permet d'écarter avec une certaine marge de sécurité la survenue d'effets sanitaires (à seuil ou sans seuil) liés à l'exploitation du site de RIO TINTO ALCAN.**

En ce qui concerne les concentrations environnementales observées pour les NO<sub>x</sub>, le SO<sub>2</sub> et le plomb au niveau des récepteurs sont inférieures aux valeurs guides de l'OMS. Il est toutefois à noter que les niveaux de concentrations modélisés tiennent compte uniquement des rejets du site RIO TINTO ALCAN et ne représentent pas l'exposition réelle globale de la population.

En revanche, pour les poussières (PM2.5) au niveau du point 3 (à proximité immédiate du stockage de bauxite), les concentrations moyennes annuelles modélisées sont proches ou supérieures aux valeurs guides proposées. Ces conclusions ne sont valables qu'au niveau du point 3, soit sur une zone restreinte à proximité de la zone de stockage de bauxite (voir carte en annexe 8).

Nous rappelons cependant ici que les émissions de poussières de cette source diffuse ont été calculées à partir de dépôts de poussières totales qui, dans une optique majorante, ont été assimilées en totalité à des PM10. Les concentrations en poussières (PM10 et PM2.5) sont ainsi majorées.

Enfin, en ce qui concerne le ratio PM2.5/PM10 déterminé, il est de l'ordre de **0.73**, soit une valeur très proche de celle déterminée par ATMO PACA lors de la campagne de mesures menée entre 2009 et 2010 (voir paragraphe 5.3.8.3)

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 10 |

# 1 Contexte général de l'étude

## 1.1 Contexte et objectifs

La société RIO TINTO ALCAN exploite sur la commune de Gardanne (13) un site de production d'alumines.

Afin de connaître l'impact de ses rejets atmosphériques (canalisés et diffus) sur la santé des populations résidant à proximité, la société RIO TINTO ALCAN souhaite réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires. A la demande de la DREAL, cette étude portera à la fois sur les PM10 et les PM2.5 ainsi que sur l'ensemble des polluants émis.

Il s'agit alors d'étudier les risques **chroniques** (long terme) liés à l'exposition des populations riveraines aux polluants atmosphériques émis par **le site de RIO TINTO ALCAN, lors d'un fonctionnement normal** (sans dysfonctionnement des installations sur une longue période) **et selon les valeurs d'émission fournies**. Ces populations sont positionnées hors périmètre du site et dans le domaine d'étude appelé aussi zone d'influence du site.

Ainsi, le cadre méthodologique choisi comme structure de référence est celui du guide méthodologique INERIS de Juillet 2003 sur l'évaluation des risques sanitaires qui définit les principes généraux de l'évaluation des risques sanitaires ainsi que celui du « Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – février 2000 » de l'InVS.

La présente étude se divise en 4 parties :

1. La description de l'environnement du site,
2. L'inventaire des sources d'émissions du site,
3. L'évaluation des risques sanitaires comprenant :
  - La conceptualisation de l'exposition,
  - L'identification des dangers et les relations dose – réponse,
  - L'estimation des niveaux d'exposition,
  - La caractérisation des risques sanitaires,
4. L'analyse des incertitudes.

Nous évaluerons les risques sanitaires liés à :

- Une exposition par inhalation via l'utilisation d'un logiciel de modélisation de dispersion atmosphérique,
- une exposition par ingestion via l'utilisation d'un logiciel de modélisation de dispersion atmosphérique et d'une modélisation de transfert multi-média.

Il est à noter que seules les émissions **chimiques** sont prises en comptes dans la présente étude.

Cette méthode de calcul nécessite une étape préliminaire de quantification des émissions diffuses qui sera réalisée à partir des résultats de la campagne de mesures et d'une rétro-modélisation de la dispersion des poussières.

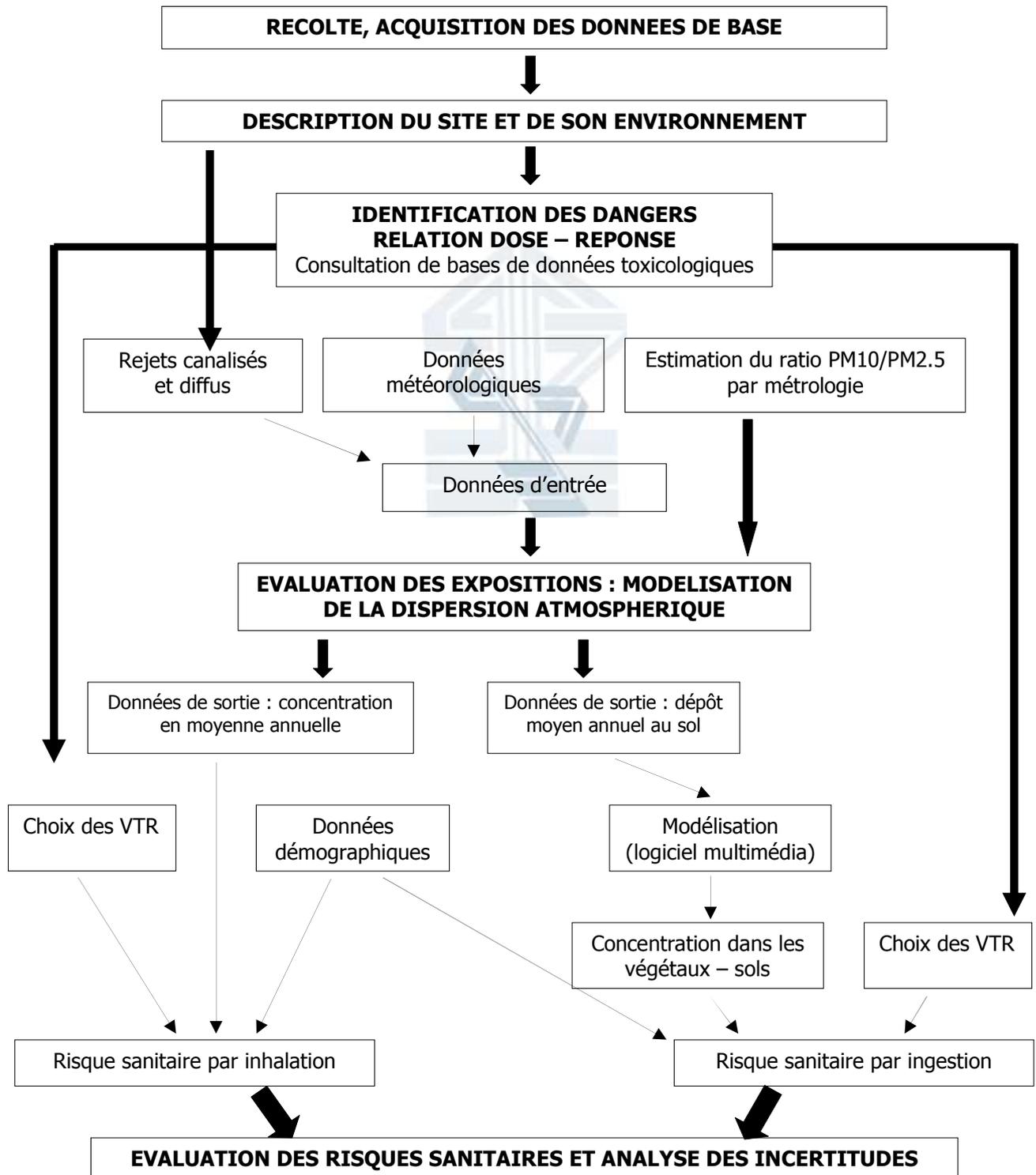
L'avantage de cette méthode est de disposer, en tout point du domaine d'étude des concentrations auxquelles sont exposés les riverains et qui sont liées à la fois aux rejets canalisés du site et aux émissions diffuses.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 11 |

## 1.2 Méthodologie

L'articulation des différentes phases et le déroulement de notre méthodologie sont présentés schématiquement sur la figure ci-après.

**Figure 1 : Méthodologie générale de l'étude**



## 2 Description de l'environnement du site

### 2.1 Localisation géographique du site

L'emplacement du site RIO TINTO ALCAN est localisé sur la commune de Gardanne, dans le département des Bouches du Rhône (13). Sa localisation géographique est présentée sur la figure ci-après.

**Figure 2 : Localisation géographique du site RIO TINTO ALCAN**



Source : Google Earth

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 13 |

## 2.2 Description de la population

### 2.2.1 Population générale

A partir des données INSEE (recensement de la population en 2007), nous décrivons les populations en termes d'effectif total, de répartition par tranche d'âge et par sexe. Cette description concerne les communes de Bouc Bel Air, Gardanne, Meyreuil, et Simiane-Collongue. Ces communes correspondent à celles susceptibles d'être les plus impactées par les émissions atmosphériques du site.

**Figure 3 : Communes présentes autour du site**



|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 14 |

L'effectif total de la population sur les 4 communes prises en compte est d'environ 45 500 habitants et se répartit de la façon suivante.

**Tableau 1 : Effectif total de la population**

| Commune      | Population totale | Superficie (km <sup>2</sup> ) | Densité de population (hab/km <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------------|-------------------------------|--|
| Bouc Bel Air | 13603             | 21.61                         | 629  |
| Gardanne     | 20905             | 27.31                         | 765  |
| Meyreuil     | 5010              | 20.55                         | 244  |
| Simiane      | 5949              | 30.3                          | 196  |
| <b>TOTAL</b> | <b>45467</b>      | <b>99.77</b>                  | <b>456</b>                                   |

L'analyse du tableau précédent montre que l'environnement proche du site, de type semi-urbain, est assez peuplé avec une densité moyenne d'environ 450 habitants au kilomètre carré.

La population résidant dans la zone d'étude a été caractérisée à l'échelle communale. Le recensement à l'échelle communale majore les effectifs du domaine d'étude étant donné que les 4 communes concernées ne sont incluses pour certaines qu'en partie dans le domaine d'étude.

Le tableau suivant présente la répartition en pourcentage de la population totale par tranche d'âge.

**Tableau 2 : Répartition en pourcentage de la population totale par tranche d'âge**

| Commune      | 0-4 ans     | 5-19 ans     | 20-39 ans    | 40-59 ans    | 60-74 ans    | > 75 ans    |
|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Bouc Bel Air | 4.8%        | 20.0%        | 18.9%        | 33.5%        | 16.1%        | 6.8%        |
| Gardanne     | 5.9%        | 19.8%        | 25.9%        | 29.0%        | 11.9%        | 7.6%        |
| Meyreuil     | 5.6%        | 20.5%        | 24.0%        | 32.3%        | 11.4%        | 6.3%        |
| Simiane      | 5.9%        | 20.7%        | 23.0%        | 31.2%        | 12.6%        | 6.5%        |
| <b>TOTAL</b> | <b>5.5%</b> | <b>20.1%</b> | <b>23.2%</b> | <b>31.0%</b> | <b>13.2%</b> | <b>7.0%</b> |

La répartition de la population par tranche d'âge est relativement homogène au sein des communes étudiées, à l'exception de Bouc Bel Air qui présente une population légèrement moins jeune. La répartition moyenne est comparable à celle de la moyenne nationale.

Le tableau suivant présente la répartition en pourcentage de la population totale par sexe.

**Tableau 3 : Répartition en pourcentage de la population totale par sexe**

| Commune                  | Homme        | Femme        |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Bouc Bel Air             | 49.3%        | 50.7%        |
| Gardanne                 | 48.7%        | 51.3%        |
| Meyreuil                 | 49.4%        | 50.6%        |
| Simiane                  | 49.1%        | 50.9%        |
| <b>TOTAL</b>             | <b>49.0%</b> | <b>51.0%</b> |
| <i>Moyenne nationale</i> | <i>48%</i>   | <i>52%</i>   |

Ce tableau montre un sexe ratio relativement homogène au sein des communes étudiées et conforme à la moyenne nationale.

Le tableau suivant présente la répartition en pourcentage des populations des résidences principales et secondaires.

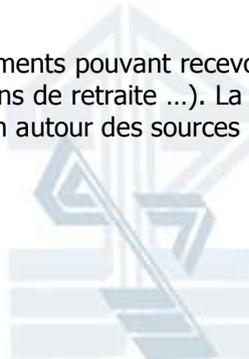
**Tableau 4 : Répartition en pourcentage des populations des résidences principales et secondaires**

| Commune      | Population des résidences principales | Population des résidences secondaires | Population des résidences occasionnelles | Population des résidences vacantes |
|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------------|
| Bouc Bel Air | 95.8%                                 | 0.0%                                  | 0.7%                                     | 3.5%                               |
| Gardanne     | 94.3%                                 | 0.2%                                  | 0.6%                                     | 5.0%                               |
| Meyreuil     | 94.8%                                 | 0.2%                                  | 1.9%                                     | 3.3%                               |
| Simiane      | 95.0%                                 | 0.0%                                  | 2.5%                                     | 2.6%                               |
| <b>TOTAL</b> | <b>94.9%</b>                          | <b>0.1%</b>                           | <b>1.0%</b>                              | <b>4.1%</b>                        |

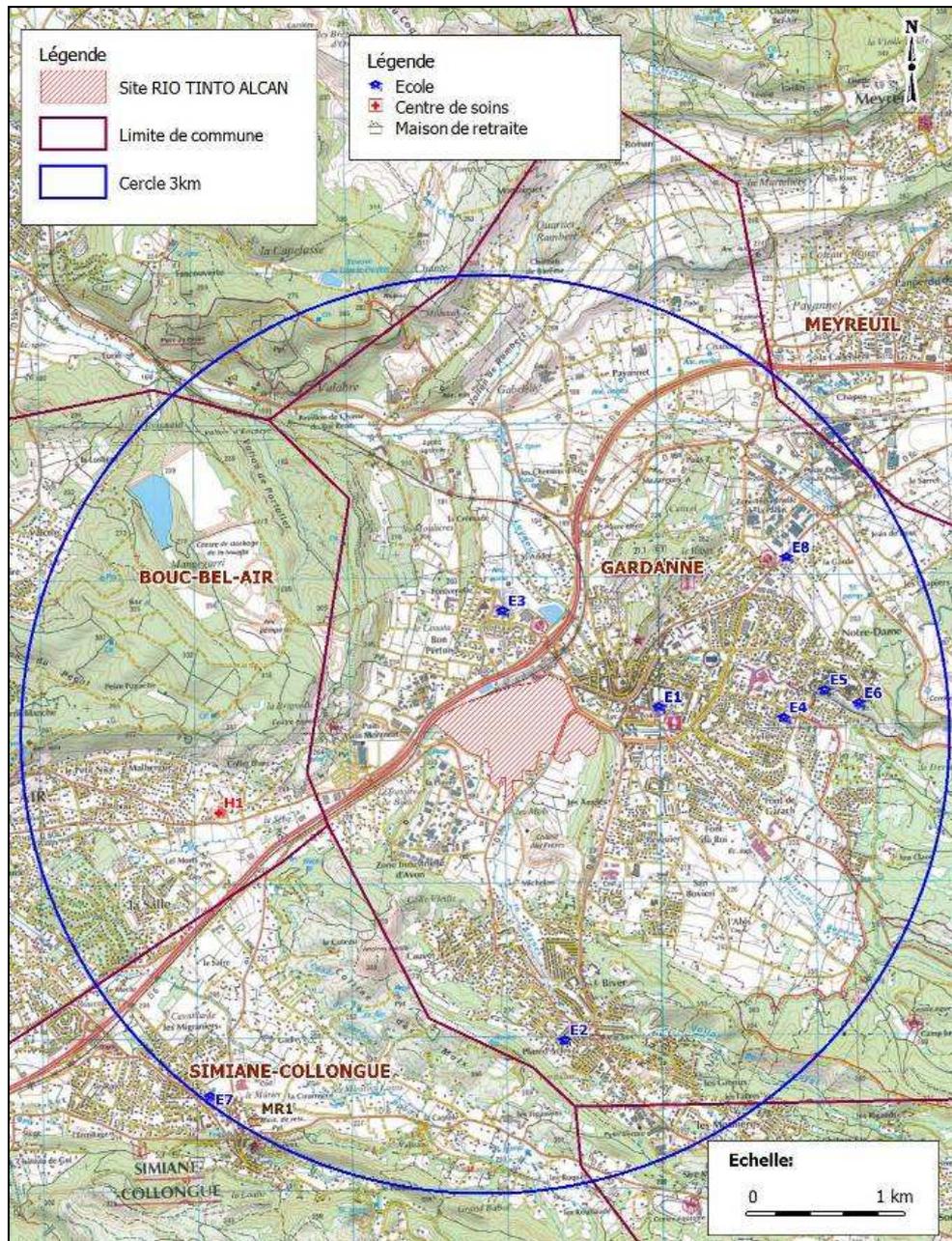
Le nombre de résidences principales est prépondérant (94,9%), le nombre de résidences secondaires est faible (0,1%), et environ 4% de logements sont vacants. Une grande majorité de la population réside toute l'année sur le domaine d'étude.

### 2.2.2 Populations sensibles

On note par ailleurs la présence d'établissements pouvant recevoir, compte tenu de leur âge, des populations dites « sensibles » (écoles, hôpitaux, maisons de retraite ...). La figure suivante localise les établissements les plus proches du site, dans un rayon de 3 km autour des sources d'émission prises en compte dans l'étude.



**Figure 4 : Localisation des établissements pouvant recevoir des populations sensibles**



Ainsi, il apparaît que les établissements recevant du public les plus proches du site sont les écoles de Gardanne ainsi qu'un centre de soins situé sur la commune de Bouc Bel Air.

Nous pouvons également noter que la population présente sur les communes prises en compte dans l'étude peut comporter des retraités ayant travaillé dans les anciennes mines de charbon, et pouvant présenter ainsi des sensibilités plus importantes au niveau du système respiratoire.

### 3 Campagne de mesures dans l'environnement

#### 3.1 Description des campagnes de mesures

##### 3.1.1 Campagne de mesures BURGEAP

###### 3.1.1.1 Estimation du ratio PM2.5/PM10

Le ratio PM2.5/PM10 a été estimé à partir d'une campagne de mesures environnementales réalisée au moyen d'un PARTISOL SPECIATION et de MICROVOL, conformément à la norme conforme EN 12341. Cette campagne de mesures a permis de quantifier les concentrations environnementales de poussières en suspension dans l'air qu'il s'agisse des PM10 et des PM2.5. Ces mesures ont été réalisées en 3 points.

| <b>Caserne de pompiers</b><br><b>Matériel :</b><br><b>MICROVOL</b>                 | <b>Maison du droit</b><br><b>Matériel :</b><br><b>MICROVOL</b>                      | <b>Garage</b><br><b>Matériel :</b><br><b>PARTISOL SPECIATION</b>                     |
|--|---|--|
|  |  |  |

###### 3.1.1.2 Concentrations en éléments traces métalliques

Une analyse de 10 éléments traces métalliques (Al, Hg, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb) a également été réalisée sur les filtres exposés, afin de déterminer leur concentration dans l'air ambiant.

##### 3.1.2 Campagne de mesures APAVE

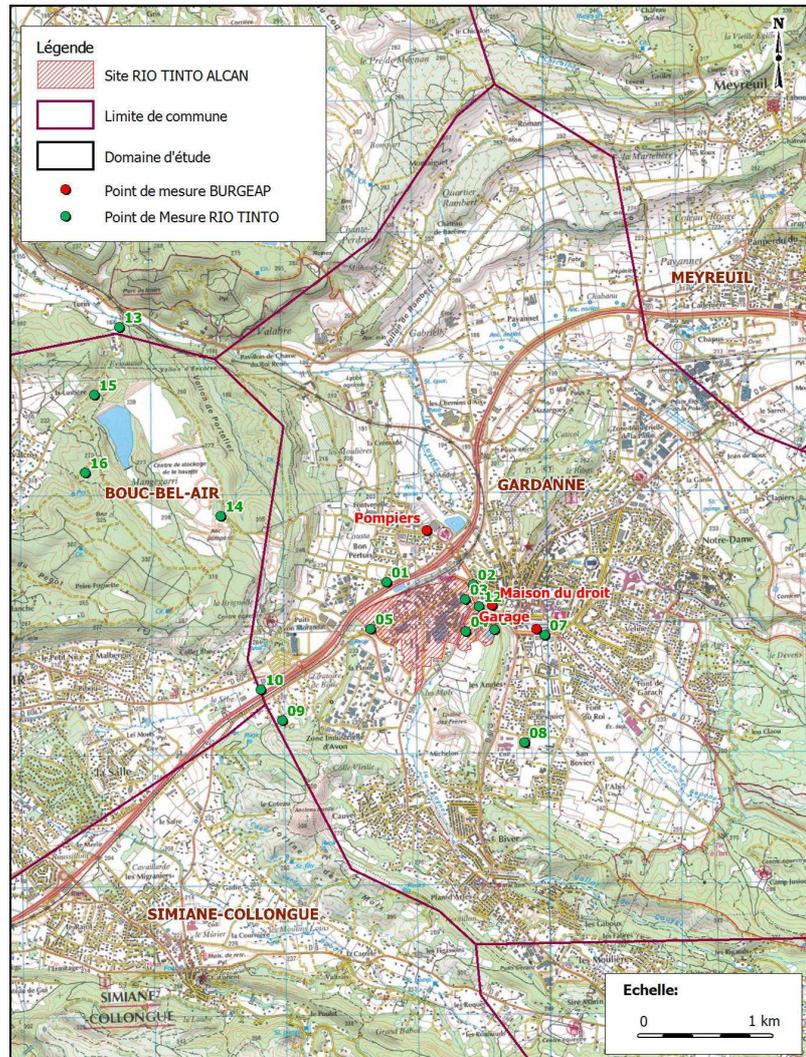
RIO TINTO ALCAN a, de plus, un suivi en continu des retombées de poussières issues de son site par la mise en place de plaquettes de dépôt dans l'environnement. Cette campagne de mesure va également permettre de déterminer le flux de poussières émises par le stockage de bauxite.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 18 |

### 3.2 Localisation des points de mesures

La figure ci-dessous présente la localisation des points de mesure dans l'environnement, pour les campagnes menées par BURGEAP et l'APAVE.

**Figure 5 : Localisation des points de mesures**



*Remarque :* Notons que la localisation des points de mesure APAVE et « Maison du droit » et « Garage » (BURGEAP) ont été déterminés lors d'anciennes études réalisées pour le compte de RIO TINTO ALCAN.

### 3.3 Résultats des campagnes de mesures

#### 3.3.1 Campagne de mesures BURGEAP

Le tableau suivant présente les concentrations mesurées par BURGEAP lors de sa campagne de mesures, du 24 janvier au 21 février 2011.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 19 |

**Tableau 5 : Concentrations en poussières et éléments traces métalliques mesurées dans l'environnement**

|       | Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |                 |                     |
|-------|---|-----------------|---------------------|
|       | Garage                                      | Maison du droit | Caserne de pompiers |
| PM10  | 3.62E+01                                    | -               | -                   |
| PM2.5 | 2.65E+01                                    |                 |                     |
| Al    | 2.48E-01                                    | 4.74E-01        | 2.27E-01            |
| As    | 4.41E-04                                    | 4.17E-04        | 5.12E-04            |
| Cd    | 1.66E-04                                    | < 2.79E-04      | < 2.78E-04          |
| Cr    | 1.86E-03                                    | 3.58E-03        | 3.28E-03            |
| Cu    | 1.73E-02                                    | 1.67E-02        | 1.91E-02            |
| Fe    | 4.02E-01                                    | 4.54E-01        | 4.60E-01            |
| Hg    | < 5.03E-05                                  | < 2.79E-04      | < 2.78E-04          |
| Ni    | 2.01E-03                                    | 2.71E-03        | 4.23E-03            |
| Pb    | 6.34E-03                                    | 7.77E-03        | 7.26E-03            |
| Zn    | 2.87E-02                                    | 3.67E-02        | 3.81E-02            |

*Remarque :* Concernant les points de mesures « Pompiers » et « Maison du droit », la présence de pluie (et donc d'humidité) lors de la campagne a endommagé les filtres qui, abimés, n'ont pu permettre de déterminer précisément la masse de poussières après exposition. En effet, la masse de poussières (PM10 et PM2.5) est déterminée par le laboratoire par différence entre le poids du filtre avant et après exposition. Or, une part du filtre non exposé a été perdue (déchirement du filtre). Ainsi, ceci explique pourquoi la concentration en poussières n'est pas possible.

En ce qui concerne les éléments traces métalliques, l'analyse est quant à elle réalisable car il ne s'agit pas d'une méthode de « pesée » mais de « dosage » pour la quantification de la masse de polluant sur le filtre, sans prise en compte de la masse initiale du filtre. La partie exposée du filtre n'ayant pas été endommagée, cette mesure est ainsi valable.

Aussi, seules les mesures de poussières réalisées au niveau du « Garage » sont pertinentes pour déterminer le ratio PM2.5/PM10, qui est ainsi de **0.73**.

### 3.3.2 Campagne de mesures APAVE

Les tableaux suivants présentent les dépôts de poussières totales mesurés par l'APAVE lors des campagnes de mesures menées de mi-janvier à mi-février.

Ces mesures ont été réalisées à l'aide de plaquettes de dépôts. Ceci permet de mesurer les retombées atmosphériques sèches selon la Norme NF X 43-007. Elles sont constituées de plaques minces en aluminium (ou acier inoxydable) de 5x10 cm recouvertes d'un film de corps gras qui retient les poussières sédimentables sèches. Après exposition pendant 1 ou 2 semaines (maximum pour éviter le lessivage par les intempéries), les plaquettes sont envoyées en laboratoire pour analyse. On détermine ainsi la masse des poussières déposées.

**Tableau 6 : Dépôts de poussières totales mesurées dans l'environnement (données APAVE)**

|                                      |  |             |                              |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|--------------------------------------|--|-------------|------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Campagne du 18/01/2011 au 02/02/2011 |  |             |                              |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | <b>RAPPORT D'INTERVENTION</b><br><b>MESURE DES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES</b><br><b>SELON NF X 43 007</b> |             |                              |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Réf. Intervention :  |             | Janvier 03                   |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Client :   |             | RIOTINTO / ALCAN             |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Nombre de points (s)   |             | 16                           |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Période d'exposition   |             | Du 18/01/2011 au 02/02/2011. |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Point  | Méthode     | Masse initiale (g)           | Masse finale (g) | Nombre de jours | VALEUR (g/m <sup>2</sup> /jour) | VALEUR (g/m <sup>2</sup> /30 jours) | REMARQUES                  |
|                                      | Ch Brignolles  | NF X 43-007 | 0,5480                       | 0,5532           | 14              | 0,074                           | 3,714                               | poussière rouge            |
|                                      | Carnot   | NF X 43-007 | 0,5361                       | 0,5449           | 14              | 0,126                           | 6,286                               | poussière rouge            |
|                                      | Dispensaire  | NF X 43-007 | 0,5557                       | 0,5668           | 14              | 0,159                           | 7,929                               | poussière rouge            |
|                                      | Hydrate  | NF X 43-007 | 0,5481                       | 0,5575           | 14              | 0,134                           | 6,714                               | RAS                        |
|                                      | Cité   | NF X 43-007 | 0,5462                       | 0,5561           | 14              | 0,141                           | 7,071                               | poussière grise            |
|                                      | Restaurant   | NF X 43-007 | 0,552                        | 0,5591           | 14              | 0,101                           | 5,071                               | RAS                        |
|                                      | Médiathèque  | NF X 43-007 | 0,5493                       | 0,5534           | 14              | 0,059                           | 2,929                               | RAS                        |
|                                      | Gymnase  | NF X 43-007 | 0,5314                       | 0,5405           | 14              | 0,130                           | 6,500                               | RAS                        |
| Oratoire de Bouc                     | NF X 43-007  | 0,53        | 0,5327                       | 14               | 0,039           | 1,929                           | RAS                                 |                            |
| Renault                              | NF X 43-007  | 0,5362      | 0,5398                       | 14               | 0,051           | 2,571                           | RAS                                 |                            |
| La Salle                             | NF X 43-007  | 0,5223      | 0,5242                       | 14               | 0,027           | 1,357                           | poussière grise                     |                            |
| Cézanne                              | NF X 43-007  | 0,5249      | 0,5353                       | 14               | 0,149           | 7,429                           | poussière rouge                     |                            |
| Valabre                              | NF X 43-007  | 0,512       | 0,5172                       | 14               | 0,074           | 3,714                           | RAS                                 |                            |
| Entrée Mangegarri                    | NF X 43-007  | 0,5238      | 0,5315                       | 14               | 0,110           | 5,500                           | RAS                                 |                            |
| Drain B7                             | NF X 43-007  | 0,511       | 0,5157                       | 14               | 0,067           | 3,357                           | RAS                                 |                            |
| Clôture Ouest                        | NF X 43-007  | 0,5463      | 0,5524                       | 14               | 0,087           | 4,357                           | RAS                                 |                            |
| Campagne du 01/02/2011 au 15/02/2011 |  |             |                              |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | <b>RAPPORT D'INTERVENTION</b><br><b>MESURE DES RETOMBÉES DE POUSSIÈRES</b><br><b>SELON NF X 43 007</b> |             |                              |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Réf. Intervention :  |             | Février 01                   |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Client :   |             | RIOTINTO / ALCAN             |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Nombre de points (s)   |             | 16                           |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Période d'exposition   |             | Du 01/02/2011 au 15/02/2011. |                  |                 |                                 |                                     |                            |
|                                      | Point  | Méthode     | Masse initiale (g)           | Masse finale (g) | Nombre de jours | VALEUR (g/m <sup>2</sup> /jour) | VALEUR (g/m <sup>2</sup> /30 jours) | REMARQUES                  |
|                                      | Ch Brignolles  | NF X 43-007 | 0,5164                       | 0,5248           | 14              | 0,120                           | 6,000                               | poussière grise            |
|                                      | Carnot   | NF X 43-007 | 0,5272                       | 0,5386           | 14              | 0,163                           | 8,143                               | poussière rouge            |
|                                      | Dispensaire  | NF X 43-007 | 0,5223                       | 0,5313           | 14              | 0,129                           | 6,429                               | poussière gris / rouge     |
|                                      | Hydrate  | NF X 43-007 | 0,5248                       | 0,5386           | 14              | 0,169                           | 8,429                               | RAS                        |
|                                      | Cité   | NF X 43-007 | 0,5336                       | 0,542            | 14              | 0,120                           | 6,000                               | poussière grise            |
|                                      | Restaurant   | NF X 43-007 | 0,5532                       | 0,5648           | 14              | 0,166                           | 8,286                               | RAS                        |
|                                      | Médiathèque  | NF X 43-007 | 0,55                         | 0,5575           | 14              | 0,107                           | 5,357                               | poussière grise / insectes |
|                                      | Gymnase  | NF X 43-007 | 0,5506                       | 0,5616           | 14              | 0,157                           | 7,857                               | RAS                        |
| Oratoire de Bouc                     | NF X 43-007  | 0,549       | 0,5594                       | 14               | 0,149           | 7,429                           | RAS                                 |                            |
| Renault                              | NF X 43-007  | 0,5526      | 0,5575                       | 14               | 0,070           | 3,500                           | RAS                                 |                            |
| La Salle                             | NF X 43-007  | 0,5559      | 0,5659                       | 14               | 0,143           | 7,143                           | RAS                                 |                            |
| Cézanne                              | NF X 43-007  | 0,5582      | 0,5696                       | 14               | 0,163           | 8,143                           | poussière rouge                     |                            |
| Valabre                              | NF X 43-007  | 0,5566      | 0,5676                       | 14               | 0,157           | 7,857                           | RAS                                 |                            |
| Entrée Mangegarri                    | NF X 43-007  | 0,557       | 0,567                        | 14               | 0,143           | 7,143                           | poussière grise                     |                            |
| Drain B7                             | NF X 43-007  | 0,5495      | 0,5578                       | 14               | 0,119           | 5,929                           | RAS                                 |                            |
| Clôture Ouest                        | NF X 43-007  | 0,5553      | 0,5625                       | 14               | 0,103           | 5,143                           | RAS                                 |                            |

## 4 Inventaire et quantification des émissions du site

### 4.1 Description du site et de ses activités

#### 4.1.1 Historique du site

L'usine ALUMINIUM PECHINEY de Gardanne a été construite en 1893 par la SFAP (SOCIETE FRANCAISE DE L'ALUMINE PURE). Le choix du site est lié à la proximité des mines de charbon (lignite de Provence), combustible nécessaire à la fabrication de l'alumine. Par ailleurs, Gardanne devient un important nœud ferroviaire avec la mise en service de la ligne Aix-Marseille et la liaison avec Carnoules dans le Var où le minerai de bauxite est important.

En 1895, la société FROGES prend le contrôle de la SFAP puis fusionne en 1921 avec le groupe ALAIS ET CAMARGUE pour devenir ALAIS, FROGES ET CAMARGUE (AFC) durant plus de 50 ans. Après une interruption de la croissance pendant la première guerre mondiale puis à l'entre-deux-guerres (1930-1932), l'usine connaît un essor important entre 1945 et 1975. En 1949, le Centre de l'Alumine est créé et travaille sur l'amélioration des rendements des différentes étapes du procédé « BAYER » : l'attaque continue est mise au point.

En 1950, le groupe décide de substituer à la raison sociale ALAIS, FROGES ET CAMARGUE, l'appellation PECHINEY. Le seuil des 1 000 tonnes/jour d'alumine produite est franchi en 1961 grâce au déploiement de l'attaque continue et l'usine de Gardanne devient dès 1960 un centre mondial de formation au procédé « BAYER » dans le cadre de la mise en route de nouvelles usines.

Depuis 1903, les résidus du site constitués de boues rouges sont évacués dans des vallons aménagés à cet effet sur la commune de Bouc-Bel-Air. En 1966, une conduite à la mer est mise en service et permet le rejet des résidus en mer.

En 1999, le combustible utilisé pour le procédé Bayer devient le fioul et le gaz au dépend du charbon et après 1973, la bauxite commence à être importée en partie puis totalement dès 1990 avec la fermeture des mines françaises en 1989.

La période 1988-1994 est marquée par la place importante occupée par les alumines techniques dans la production, par opposition aux alumines métallurgiques destinées à la fabrication de l'aluminium.

Fin 2003, le groupe d'aluminium canadien ALCAN lance une OPA sur PECHINEY et l'usine devient membre du groupe d'affaires Bauxite & Alumine.

En 2007, ALCAN est lui-même racheté par le groupe minier anglo-australien RIO TINTO.

Le site de Gardanne fait partie aujourd'hui du secteur RIO TINTO ALCAN.

Aujourd'hui, l'usine de Gardanne est certifiée ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001.

#### 4.1.2 Situation actuelle

L'activité du site de Gardanne est la fabrication d'alumine à partir de la bauxite.

Aujourd'hui le site produit plus de 600 000 t/an d'alumines dites « techniques » commercialisées dans le monde entier. Le procédé utilisé est une attaque de la bauxite à la soude concentrée et à haute température (240°C) et hautes pressions (42 bar) (procédé « BAYER ») assurée par l'utilisation de vapeur à une consommation moyenne de 155 t/h.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 22 |

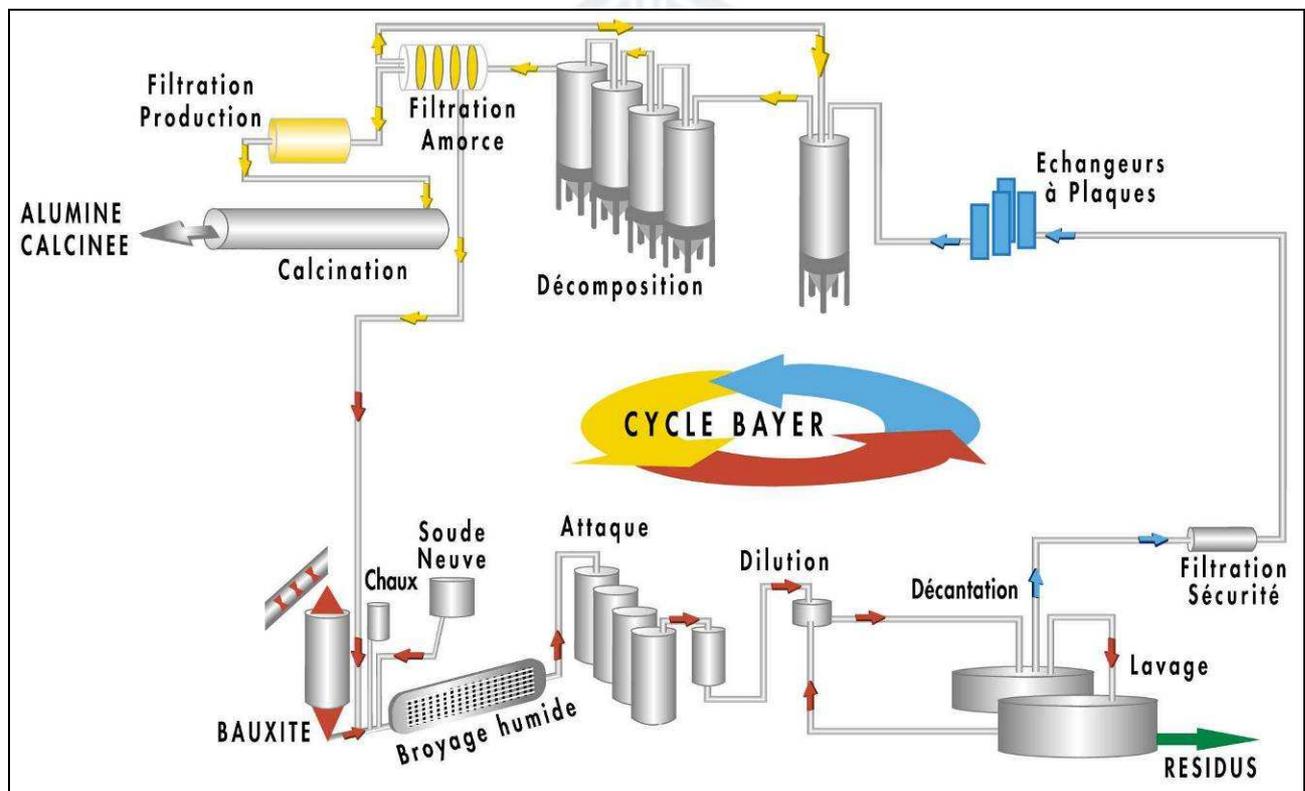
### 4.1.3 Description du procédé de fabrication d'alumine

L'usine de Gardanne produit de l'alumine à partir de la bauxite selon le procédé BAYER. Ce procédé, mis au point en 1887, nécessite trois éléments principaux : de la bauxite, de la soude et de l'énergie. Le procédé est constitué des cinq étapes reprises dans le schéma ci-après :

- le broyage de la bauxite,
- l'attaque de la bauxite,
- la décantation et le lavage des boues,
- la cristallisation de l'hydrate,
- la calcination de l'hydrate.

Le schéma général en page suivante représente, de manière simplifiée, les étapes du procédé industriel décrit ci-dessus.

**Figure 6 : Description du procédé de fabrication d'alumine**



### 4.2 Rejets atmosphériques

Les principales sources d'émission atmosphériques recensées sur le site de RIO TINTO ALCAN de Gardanne (13) sont :

- La chaudière 2 (fonctionnant principalement au gaz naturel),
- La chaudière 3 (fonctionnant principalement au fuel TBTS),
- Les 3 fours de calcination,

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 23 |

- Les 3 nouvelles chaudières BP1, BP2 et BP3 (fonctionnant au gaz naturel),
- Les émissions diffuses d'alumine ou de bauxite issues des zones de stockage.

## 4.2.1 Caractéristiques physiques des sources d'émission atmosphériques

### 4.2.1.1 Sources d'émission canalisées

Le tableau suivant présente ainsi les caractéristiques physiques des sources d'émission prises en compte dans la présente étude :

**Tableau 7 : Caractéristiques physiques des rejets atmosphériques principaux pris en compte**

|                             | <b>Chaudière 2</b> | <b>Chaudière 3</b> | <b>Chaudières BP1/2/3</b> |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| Combustible                 | Gaz naturel        | Fuel TBTS          | Gaz naturel               |
| Hauteur d'émission (m)      | 81                 | 81                 | 40                        |
| Diamètre d'émission (m)     | 2.5                | 2.5                | 1.905                     |
| Vitesse d'émission (m/s)    | 11                 | 10                 | 8                         |
| Température d'émission (°C) | 140                | 160                | 200                       |

|                             | <b>Four de calcination 3</b> | <b>Four de calcination 4</b> | <b>Four de calcination 5</b> |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Combustible                 | Gaz naturel                  | Gaz naturel                  | Gaz naturel                  |
| Hauteur d'émission (m)      | 50                           | 50                           | 50                           |
| Diamètre d'émission (m)     | 2                            | 2                            | 2                            |
| Vitesse d'émission (m/s)    | 4.8                          | 18                           | 13                           |
| Température d'émission (°C) | 195                          | 125                          | 125                          |

Ces données sont issues : :

- du document « *Dossier de demande d'autorisation d'exploiter de nouvelles chaudières – Partie 3 – Etude d'impact* »<sup>1</sup>,
- des informations fournies par RIO TINTO ALCAN.

*Remarque : une source d'émission équivalente représentative des 3 conduits BP1 BP2 et BP3 a été considérée dans l'étude. Cette approche est justifiée dans la mesure où ces sources présentent les mêmes caractéristiques physique et sont relativement proches géographiquement les une des autres.*

### 4.2.1.2 Sources d'émission diffuses

La seule source d'émission de polluant « diffuse » prise en compte dans cette étude se trouve être le stockage de bauxite au Nord du site, à proximité de la gare SNCF. Les caractéristiques physiques de ce stockage sont présentées dans le tableau ci-après.

<sup>1</sup> N° de rapport 11 ERE 10 033 d'Octobre 2010. Paragraphe 4.5 « Rejets atmosphériques ». Tableaux 22 et 23.

**Tableau 8 : Caractéristiques physiques des rejets atmosphériques diffus**

|                                  | Stockage de bauxite          | Stockages d'alumine          |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Hauteur maximale (m)             | 8                            | 1                            |
| Volume maximum (m <sup>3</sup> ) | 39550                        | -                            |
| Vitesse d'émission (m/s)         | Diffus ( $\approx 0.01$ m/s) | Diffus ( $\approx 0.01$ m/s) |
| Température d'émission (°C)      | Ambiante                     | Ambiante                     |

*Remarque :* en ce qui concerne les émissions annuelles d'alumine, celles-ci sont considérées comme négligeables. En effet, les alumines sont stockées dans des silos ou des sacs adaptés. Les envois de poussières issues de ces zones de stockage sont ainsi de nature accidentelle et difficilement quantifiables. Ils ne seront ainsi pas pris en compte dans l'étude.

#### 4.2.2 Localisation des points de rejets atmosphériques

La localisation des différentes sources d'émissions est présentée sur la figure suivante :

**Figure 7 : Localisation des sources d'émission – rejets atmosphériques**



|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 25 |

## 4.2.3 Quantification des émissions atmosphériques (g/s)

### 4.2.3.1 Flux à l'émission des sources canalisées

RIO TINTO ALCAN a fourni, par le biais de son document « *Dossier de demande d'autorisation d'exploiter de nouvelles chaudières – Partie 3 – Etude d'impact* »<sup>1</sup>, les flux maximums de polluants issus des sources d'émission prises en compte dans l'étude.

**Tableau 9 : Flux de polluant à l'émission pour les sources canalisées (kg/an)**

|                           | Chaudière 2 | Chaudière 3 | Chaudière BP1/2/3 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------------|
| SO <sub>2</sub>           | 6430.60     | 422960.00   | 18664.60          |
| NOx                       | 61848.60    | 125146.40   | 63993.00          |
| PM10                      | 2048.00     | 12440.00    | 2666.40           |
| PM2.5                     | 1503.23     | 9130.96     | 1957.14           |
| CO                        | 20479.70    | 12440.00    | 26663.70          |
| HAP totaux                | 2.10        | 1.30        | 0.50              |
| COV totaux                | 204.80      | 4055.40     | 266.60            |
| Cd                        | 1.30        | 1.00        | 1.70              |
| Hg                        | 1.90        | 1.50        | 2.50              |
| TI                        | 1.70        | 0.40        | 2.20              |
| As+Se+Te                  | 2.20        | 3.50        | 1.60              |
| Pb                        | 3.80        | 5.70        | 4.50              |
| Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn | 159.70      | 864.30      | 208.00            |

|                           | Four de calcination 3 | Four de calcination 4 | Four de calcination 5 |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| SO <sub>2</sub>           | -                     | -                     | -                     |
| NOx                       | 174721.27             | 530194.48             | 477603.30             |
| Poussières                | 4484.53               | 28542.51              | 51199.40              |
| PM10                      | 4484.53               | 28542.51              | 51199.40              |
| PM2.5                     | 3291.65               | 20950.20              | 37580.36              |
| CO                        | -                     | -                     | -                     |
| HAP totaux                | -                     | -                     | -                     |
| COV totaux                | -                     | -                     | -                     |
| Al                        | 2374.16               | 9066.44               | 16263.34              |
| Cd                        | -                     | -                     | -                     |
| Hg                        | -                     | -                     | -                     |
| TI                        | -                     | -                     | -                     |
| As+Se+Te                  | -                     | -                     | -                     |
| Pb                        | -                     | -                     | -                     |
| Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn | -                     | -                     | -                     |

Remarques :

- Les poussières émises par le site ont été considérées, dans une optique majorante, comme étant des PM10. Le ratio PM10/PM2.5 utilisé afin de déterminer le flux de PM2.5 est de **0.73**, valeur déterminée par notre mesure réalisée au GARAGE (voir paragraphe 3.3.1.) et validée par ATMO PACA (voir paragraphe 5.3.8.2).
- Nous considérerons que les poussières PM10 émises par les fours de calcination sont, dans une optique majorante, uniquement de l'alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Le flux d'aluminium (ou quantité émise) est alors calculé selon la formule suivante :

<sup>1</sup> N° de rapport 11 ERE 10 033 d'Octobre 2010. Paragraphe 4.5 « Rejets atmosphériques ». Tableaux 22 et 23.

$$m_{Al} = (m_{Al_2O_3} * 2 * M_{Al}) / M_{Al_2O_3}$$

Avec :

- $m_{Al}$  = masse d'aluminium (métal),
- $m_{Al_2O_3}$  = masse d'alumine (composé de la bauxite),
- $M_{Al}$  = masse molaire de l'aluminium (métal),
- $M_{Al_2O_3}$  = masse molaire de l'alumine (composé de la bauxite).

Nous ne disposons que de flux « sommé » par famille chimique pour les éléments traces métalliques et les COV (mesure des COV totaux). Aucune donnée n'étant disponible quant à une spéciation des éléments traces métalliques et des COV totaux, celle-ci a été déterminée à partir des données de la littérature fournies par l'AP42 dans son document « AP 42, fifth edition, volume 1 – Chapter 1 : External Combustion Sources »<sup>1</sup>. Ceci permet d'affecter, en fonction de chacun des facteurs d'émission, un pourcentage d'émission propre à chacun des polluants présents dans les différentes familles, avec l'utilisation de la formule suivante :

$$\text{Ratio}_{\text{polluant } i} (\%) = \text{facteur d'émission}_{\text{polluant } i} / \text{somme des facteurs d'émission}_{(\text{groupe contenant le polluant } i)}$$

L'utilisation de ces facteurs permet de déterminer les flux de polluants suivants :

**Tableau 10 : Flux de polluant à l'émission pour les sources canalisées (kg/an)**

|                              | <b>Chaudière 2</b> | <b>Chaudière 3</b> | <b>Chaudière BP1/2/3</b> |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| Type de combustible utilisé  | Gaz naturel        | Fuel TBTS          | Gaz naturel              |
| SO <sub>2</sub>              | 6430.60            | 422960.00          | 18664.60                 |
| NOx                          | 61848.60           | 125146.40          | 63993.00                 |
| PM10                         | 2048.00            | 12440.00           | 2666.40                  |
| PM2.5                        | 1503.23            | 9130.96            | 1957.14                  |
| CO                           | 20479.70           | 12440.00           | 26663.70                 |
| HAP totaux                   | 2.10               | 1.30               | 0.50                     |
| COV totaux dont              | 204.80             | 4055.40            | 266.60                   |
| <i>Benzène</i>               | 0.00               | 21.16              | 0.00                     |
| <i>Ethylbenzène</i>          | 0.00               | 6.29               | 0.00                     |
| <i>Formaldéhyde</i>          | 1.36               | 3263.05            | 1.77                     |
| <i>Naphtalène</i>            | 0.00               | 111.73             | 0.00                     |
| <i>1,1,1-Trichloroéthane</i> | 0.00               | 23.34              | 0.00                     |
| <i>Toluène</i>               | 0.00               | 613.06             | 0.00                     |
| <i>Xylène</i>                | 0.00               | 10.78              | 0.00                     |
| <i>Acénaphène</i>            | 0.00               | 2.09               | 0.00                     |
| <i>Butane</i>                | 38.12              | 0.00               | 49.62                    |
| <i>Ethane</i>                | 56.27              | 0.00               | 73.25                    |
| <i>Hexane</i>                | 32.67              | 0.00               | 42.53                    |
| <i>Pentane</i>               | 47.20              | 0.00               | 61.44                    |
| <i>Propane</i>               | 29.04              | 0.00               | 37.81                    |
| Cd                           | 1.30               | 1.00               | 1.70                     |
| Hg                           | 1.90               | 1.50               | 2.50                     |
| Tl                           | 1.70               | 0.40               | 2.20                     |
| As+Se+Te                     | 2.20               | 3.50               | 1.60                     |
| <i>As</i>                    | 1.96               | 2.31               | 1.43                     |
| <i>Se</i>                    | 0.24               | 1.19               | 0.17                     |
| <i>Te</i>                    | 0.00               | 0.00               | 0.00                     |
| Pb                           | 3.80               | 5.70               | 4.50                     |
| Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn    | 159.70             | 864.30             | 208.00                   |
| <i>Sb</i>                    | 0.00               | 27.92              | 0.00                     |
| <i>Cr total</i>              | 6.19               | 5.81               | 8.06                     |
| <i>Cr III</i>                | 5.57               | 5.23               | 7.25                     |

<sup>1</sup> <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/index.html>

|              | <b>Chaudière 2</b> | <b>Chaudière 3</b> | <b>Chaudière BP1/2/3</b> |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| <i>Cr VI</i> | 0.62               | 0.58               | 0.81                     |
| <i>Co</i>    | 0.37               | 32.01              | 0.48                     |
| <i>Cu</i>    | 3.76               | 9.36               | 4.90                     |
| <i>Sn</i>    | 0.00               | 0.00               | 0.00                     |
| <i>Mn</i>    | 1.68               | 15.95              | 2.19                     |
| <i>Ni</i>    | 9.29               | 449.37             | 12.10                    |
| <i>V</i>     | 10.17              | 169.11             | 13.25                    |
| <i>Zn</i>    | 128.24             | 154.75             | 167.03                   |

**Remarques :**

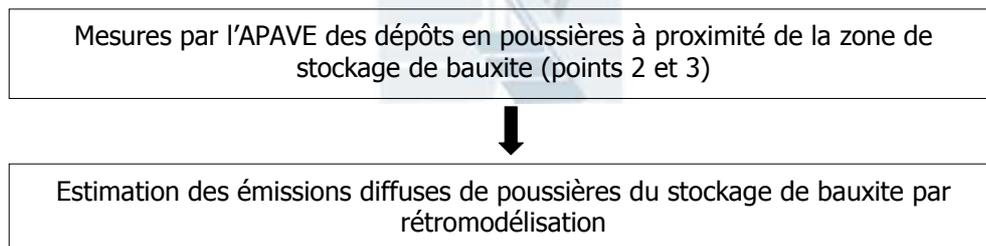
- L'absence de données (mesures) sur les COV totaux et les éléments traces métalliques sur les fours de calcination ne nous permettent pas de réaliser une telle affectation sur ces sources d'émission.
- Concernant le chrome, nous considérerons, dans une approche majorante, que 10 % du chrome total émis se trouve sous la forme du chrome VI. En effet, le chrome est un métal dont les principales formes chimiques correspondent à un état trivalent (Cr III) ou hexavalent (Cr VI) ; la forme la plus toxique étant le chrome hexavalent (chrome VI).

**4.2.3.2 Flux à l'émission des sources diffuses**

**Détermination du flux de poussières issu du stockage de bauxite**

Les émissions diffuses du site ont été calculées selon la méthodologie suivante :

**Figure 8 : Méthodologie du calcul des émissions diffuses de poussières**



L'estimation du flux de poussières issu du stockage de bauxite a été réalisée à partir des mesures réalisées par l'APAVE.

L'APAVE (voir rapports d'essai n°44261 daté du 03/02/2011 et n°44506 daté du 01/03/2011) a réalisé des campagnes de mesures de poussières dans l'environnement proche du site RIO TINTO ALCAN à l'aide de plaquettes de dépôt du 18 janvier au 2 février 2011 et du 01 au 15 février 2011.

Dans la mesure où nous cherchons à estimer les émissions diffuses du stockage de bauxite relatif aux activités du site RIO TINTO ALCAN, nous ne considérons dans la présente étude que les points de mesure 2 (Carnot) et 3 (Dispensaire), les plus proches du site et présentant, de plus, une poussière rouge caractéristique de la présence de bauxite.

**Tableau 11 : Dépôts de poussières mesurés par l'APAVE**

| 18 janvier - 2 février 2011  |             |                    |                  |                 |                                 |                                     |                        |  |
|------------------------------|-------------|--------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--|
| Point                        | Méthode     | Masse initiale (g) | Masse finale (g) | Nombre de jours | VALEUR (g/m <sup>2</sup> /jour) | VALEUR (g/m <sup>2</sup> /30 jours) | REMARQUES              |  |
| Carnot                       | NF X 43-007 | 0,5361             | 0,5449           | 14              | 0,126                           | 6,286                               | poussière rouge        |  |
| Dispensaire                  | NF X 43-007 | 0,5557             | 0,5668           | 14              | 0,159                           | 7,929                               | poussière rouge        |  |
| 01 février - 15 février 2011 |             |                    |                  |                 |                                 |                                     |                        |  |
| Point                        | Méthode     | Masse initiale (g) | Masse finale (g) | Nombre de jours | VALEUR (g/m <sup>2</sup> /jour) | VALEUR (g/m <sup>2</sup> /30 jours) | REMARQUES              |  |
| Carnot                       | NF X 43-007 | 0,5272             | 0,5386           | 14              | 0,163                           | 8,143                               | poussière rouge        |  |
| Dispensaire                  | NF X 43-007 | 0,5223             | 0,5313           | 14              | 0,129                           | 6,429                               | poussière gris / rouge |  |

Nous considérons ainsi, dans une optique majorante, que toutes les poussières mesurées sur les plaquettes de dépôt 2 et 3 sont issues du stockage de bauxite présent sur le site, et ainsi

Les flux de dépôt au sol pour les poussières diffuses déterminés par rétro-modélisation sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 12 : Flux de poussières issus du stockage de bauxite calculés par rétro-modélisation**

|                              | Flux de poussières issus du stockage de bauxite (g/m <sup>3</sup> /s) |          |
|------------------------------|---|----------|
|                              | Point 2   | Point 3  |
| 18 janvier - 2 février 2011  | 3.73E-05  | 2.19E-05 |
| 01 février - 15 février 2011 | 2.49E-05  | 3.19E-05 |
| <b>Moyenne</b>               | <b>2.90E-05</b>   |          |

Ainsi, nous obtenons un flux de poussières totales (PM10) de **2.9.10<sup>-5</sup> g/m<sup>3</sup>/s**, soit pour un volume de 39 550 m<sup>3</sup>, **1.15 g/s** de poussières émises par le stockage de bauxite.

De telles données à l'émission permettent d'obtenir les dépôts suivants aux points de mesure 2 et 3 :

**Tableau 13 : Résultats de la modélisation pour les dépôts de poussières**

|                              | Dépôt en poussières (µg/m <sup>2</sup> /s) |        |         |        |
|------------------------------|--|--------|---------|--------|
|                              | Point 2                                    |        | Point 3 |        |
|                              | Modèle                                     | Mesure | Modèle  | Mesure |
| 18 janvier - 2 février 2011  | 1.13                                       | 1.46   | 2.44    | 1.84   |
| 01 février - 15 février 2011 | 2.41                                       | 1.89   | 1.50    | 1.49   |

L'écart entre les mesures et le modèle est ainsi faible, ce qui permet de valider notre quantification des émissions, l'utilisation de notre logiciel de modélisation et réduit les incertitudes quant au calcul de risque réalisé.

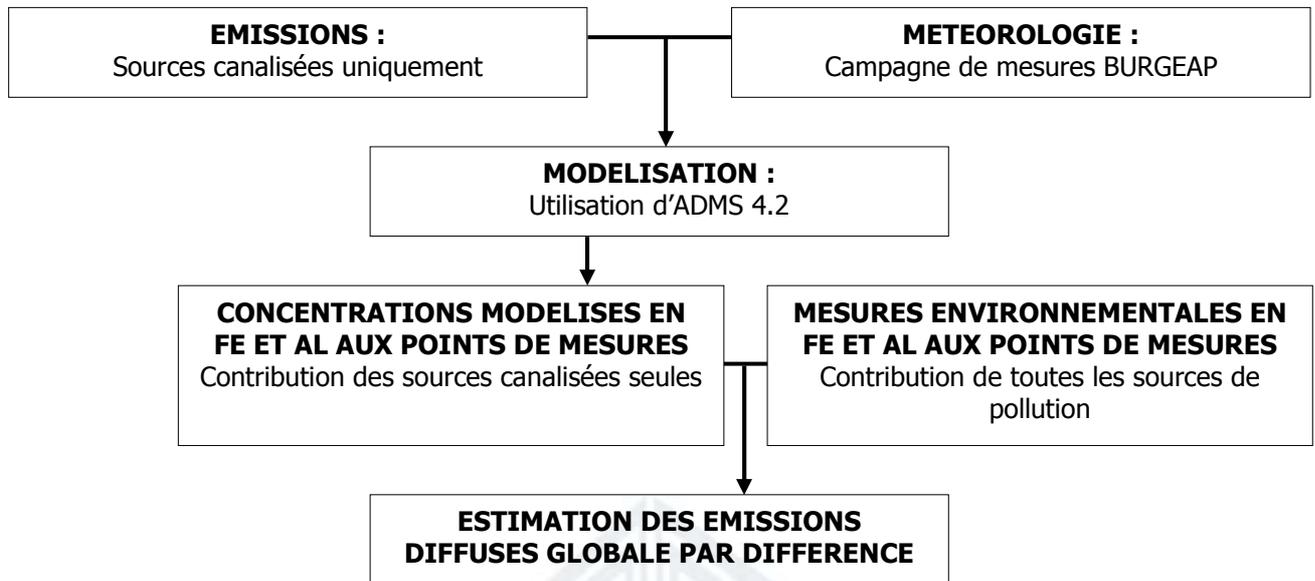
**Détermination du flux d'aluminium et de fer issu du stockage de bauxite**

**Methodologie**

La bauxite étant principalement composée d'oxydes d'aluminium et de fer, nous considérerons que seuls ces éléments traces métalliques seront émis par cette source. Les émissions diffuses d'aluminium et de fer sont alors estimées selon la méthodologie suivante :

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 29 |

**Figure 9 : Méthodologie du calcul des émissions diffuses d'aluminium et de fer**



Les flux d'aluminium et de fer déterminés par rétro-modélisation sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 14 : Flux d'Al et de Fe issus du stockage de bauxite calculés par rétro-modélisation**

|                 | Flux Al (g/m <sup>3</sup> /s) | Flux Fe (g/m <sup>3</sup> /s) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Pompier         | 7.48E-07                      | 1.88E-06                      |
| Maison du droit | 4.35E-07                      | 5.39E-07                      |
| Garage AD       | 6.91E-07                      | 1.97E-06                      |
| <b>Moyenne</b>  | <b>6.24E-07</b>               | <b>1.46E-06</b>               |

Ainsi, nous obtenons :

- Un flux d'aluminium de **6.24.10<sup>-7</sup> g/m<sup>3</sup>/s** (soit, pour un volume de 39 550 m<sup>3</sup>, environ **0.02 g/s** d'aluminium par le stockage de bauxite),
- Un flux de fer de **2.46.10<sup>-6</sup> g/m<sup>3</sup>/s** (soit, pour un volume de 39 550 m<sup>3</sup>, environ **0.10 g/s** de fer par le stockage de bauxite),

De telles données à l'émission permettent d'obtenir les dépôts suivants aux points de mesure :

**Tableau 15 : Résultats de la modélisation pour les concentrations en Al et Fe**

|                 | Concentration en polluant (µg/m <sup>3</sup> ) |        |        |        |
|-----------------|--|--------|--------|--------|
|                 | Al   |        | Fe     |        |
|                 | Modèle   | Mesure | Modèle | Mesure |
| Pompier         | 0.20   | 0.23   | 0.36   | 0.46   |
| Maison du droit | 0.63   | 0.47   | 1.23   | 0.45   |
| Garage AD       | 0.23   | 0.25   | 0.30   | 0.40   |

L'écart entre les mesures et le modèle est ainsi faible, ce qui, comme précédemment, permet de valider notre méthodologie de calcul de risque.

#### 4.2.3.3 Synthèse des émissions de polluants

Le tableau ci-dessous résume les émissions prises en compte dans l'étude pour toutes les sources considérées (canalisées et diffuse).

**Tableau 16 : Synthèse des émissions de polluants**

| Polluant                        | Chaudière 2 | Chaudière 3 | Diffus   | Four calcination 3 | Four calcination 4 | Four calcination 5 | Chaudière BP1/2/3 |
|---------------------------------|-------------|-------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| <b>Flux de polluant (kg/an)</b> |             |             |          |                    |                    |                    |                   |
| SO <sub>2</sub>                 | 6430.60     | 422960.00   |          |                    |                    |                    | 18664.60          |
| NOx                             | 61848.60    | 125146.40   |          | 174721.27          | 530194.48          | 477603.30          | 63993.00          |
| PM10                            | 2048.00     | 12440.00    | 36167.87 | 4484.53            | 28542.51           | 51199.40           | 2666.40           |
| PM2.5                           | 1503.23     | 9130.96     | 26547.22 | 3291.65            | 20950.20           | 37580.36           | 1957.14           |
| CO                              | 20479.70    | 12440.00    |          |                    |                    |                    | 26663.70          |
| HAP                             | 2.10        | 1.30        |          |                    |                    |                    | 0.50              |
| Al                              |             |             | 778.23   | 2374.16            | 15110.74           | 27105.56           | 0.00              |
| Cd                              | 1.30        | 1.00        |          |                    |                    |                    | 1.70              |
| Hg                              | 1.90        | 1.50        |          |                    |                    |                    | 2.50              |
| Tl                              | 1.70        | 0.40        |          |                    |                    |                    | 2.20              |
| As                              | 1.96        | 2.31        |          |                    |                    |                    | 1.43              |
| Se                              | 0.24        | 1.19        |          |                    |                    |                    | 0.17              |
| Te                              | 0.00        | 0.00        |          |                    |                    |                    | 0.00              |
| Pb                              | 3.80        | 5.70        |          |                    |                    |                    | 4.50              |
| Sb                              | 0.00        | 27.92       |          |                    |                    |                    | 0.00              |
| Cr                              | 6.19        | 5.81        |          |                    |                    |                    | 8.06              |
| Co                              | 0.37        | 32.01       |          |                    |                    |                    | 0.48              |
| Cu                              | 3.76        | 9.36        |          |                    |                    |                    | 4.90              |
| Sn                              | 0.00        | 0.00        |          |                    |                    |                    | 0.00              |
| Mn                              | 1.68        | 15.95       |          |                    |                    |                    | 2.19              |
| Ni                              | 9.29        | 449.37      |          |                    |                    |                    | 12.10             |
| V                               | 10.17       | 169.11      |          |                    |                    |                    | 13.25             |
| Zn                              | 128.24      | 154.75      |          |                    |                    |                    | 167.03            |
| Fe                              |             |             | 3068.03  |                    |                    |                    |                   |
| Benzène                         |             | 21.16       |          |                    |                    |                    |                   |
| Ethylbenzène                    |             | 6.29        |          |                    |                    |                    |                   |
| Formaldéhyde                    | 1.36        | 3263.05     |          |                    |                    |                    | 1.77              |
| Naphtalène                      |             | 111.73      |          |                    |                    |                    |                   |
| 1,1,1-Trichloroéthane           |             | 23.34       |          |                    |                    |                    |                   |
| Toluène                         |             | 613.06      |          |                    |                    |                    |                   |
| Xylène                          |             | 10.78       |          |                    |                    |                    |                   |
| Acénaphène                      |             | 2.09        |          |                    |                    |                    |                   |
| Butane                          | 38.12       |             |          |                    |                    |                    | 49.62             |
| Ethane                          | 56.27       |             |          |                    |                    |                    | 73.25             |
| Hexane                          | 32.67       |             |          |                    |                    |                    | 42.53             |
| Pentane                         | 47.20       |             |          |                    |                    |                    | 61.44             |
| Propane                         | 29.04       |             |          |                    |                    |                    | 37.81             |

#### 4.2.3.4 Temps de fonctionnement des différentes sources

Les temps de fonctionnement (ou d'émission) des sources prises en compte dans l'étude ont été prises en compte dans les flux de polluants fournis par RIO TINTO ALCAN. Aussi, nous considérerons que les cheminées canalisées et les émissions diffuses émettent 24h/24 – 7j/7.

## 5 Caractérisation du risque sanitaire

### 5.1 Conceptualisation de l'exposition

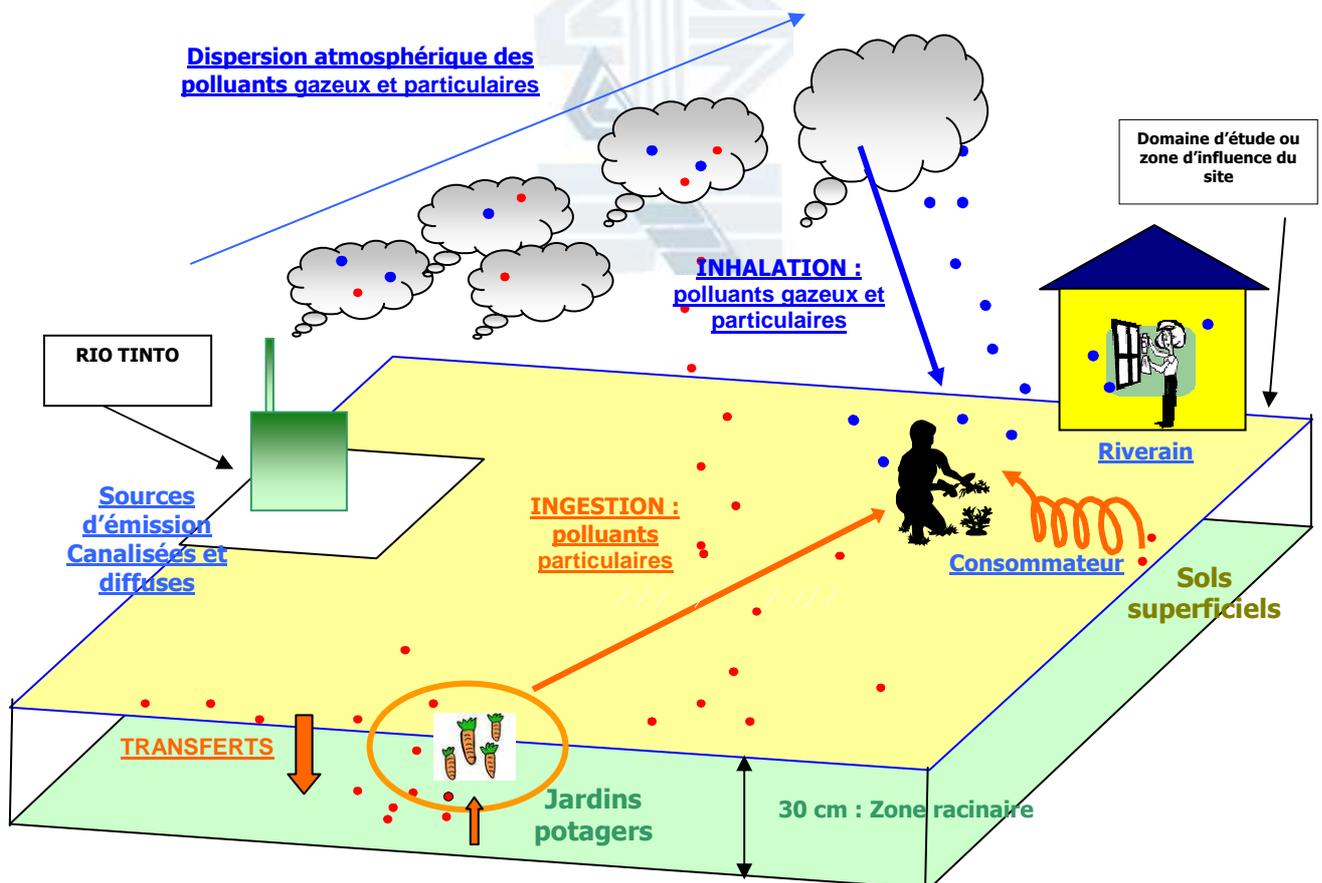
Un risque est défini par :

- une source de contamination,
- un vecteur de transfert de la contamination,
- une cible.

Si l'un de ces éléments n'existe pas, alors aucun risque n'est caractérisable.

Le schéma ci-dessous rappelle de façon synthétique, la vision conceptuelle générale d'une exposition aux rejets atmosphériques et aqueux d'un site industriel.

**Figure 10 : Schéma conceptuel général de l'exposition**



En fonction des polluants identifiés, les voies d'exposition déterminées sont :

- l'inhalation ;
- l'ingestion :
  - de sol et poussières,
  - de végétaux,

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 32 |

### 5.1.1 Voies d'exposition

#### Exposition par inhalation

Pour les polluants atmosphériques restant à l'état gazeux, les effets pertinents correspondent à des expositions par inhalation ; seule cette voie est prise en compte.

Pour les polluants atmosphériques particuliers, l'exposition par inhalation est considérée lorsque les particules sont « inhalables », c'est-à-dire que le diamètre des polluants particuliers est inférieur à 10 µm.

#### Exposition par ingestion

L'exposition par ingestion est considérée dans le cadre d'émissions atmosphériques de substances particulières (éléments traces métalliques), à travers le dépôt des particules au sol, et l'impact potentiel de la chaîne alimentaire (végétaux).

### 5.1.2 Enjeux

Dans l'étude d'impact, l'accent est mis sur l'évaluation du risque chronique lié à une exposition à long terme et à faible dose. Les **effets chroniques** correspondent à des troubles en rapport avec une exposition prolongée à de faibles doses. Ils peuvent survenir en général avec un temps de latence qui peut atteindre plusieurs mois, voire même des décennies et sont habituellement irréversibles en l'absence de traitement. Dans ce cas là, on se réfère le plus souvent à des moyennes annuelles.

Compte tenu de l'environnement du site, nous prenons comme cible la population la plus proche du site résidant dans sa zone d'influence. Les différents scénarios d'exposition pris en compte dans cette étude sont les suivants :

#### Scénario « Riverain »

Les cibles à considérer sont :

- des enfants résidant dans les logements. L'âge des enfants résidant au droit du site est supposé être compris entre 0 et 6 ans, ces enfants sont considérés comme présent 24h/jour à leur domicile, 365 jours par an, dans une approche majorante.
- des adultes résidant dans les logements. Nous considérerons dans la présente étude que ces adultes sont présents 24 h/jour à leur domicile 365 jours par an, dans une approche majorante.

Par ailleurs, nous distinguons les expositions suivantes :

- Une exposition par inhalation de l'air impacté par les émissions de polluants atmosphériques,
- Une exposition par ingestion de sol impacté par les retombées atmosphériques des émissions du site,
- Une exposition par ingestion de végétaux, impactés par transfert de la pollution du sol,

Dans une approche majorante, et en premier niveau d'approche nous considérerons que les résidents des centres de soin (adultes et enfants) et maisons de retraites (adultes) sont également exposés 100% du temps par inhalation. On considèrera qu'ils sont également exposés par ingestion de sols superficiels.

#### Scénario « Ecole »

Les cibles à considérer sont les enfants allant à l'école. On retiendra une fréquentation de 8 heures par jour, 180 jours par an, pendant 6 ans, de 0 à 6 ans (3 années de crèche et 3 années de maternelle). On considèrera que les enfants sont exposés par inhalation aux polluants gazeux. Ils peuvent également être exposés aux polluants particuliers par ingestion de sol superficiel (1 cm) en raison de la présence potentielle d'espaces verts.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 33 |

Nous distinguons ainsi les expositions suivantes :

**Tableau 17 : Scénarios d'exposition retenus**

|   | Exposition chronique                     |                              |
|---|--|------------------------------|
|   | Scénario « riverain »<br>Adulte / Enfant | Scénario « école »<br>Enfant |
| Inhalation de l'air impacté par les émissions de polluants atmosphériques                   | X  | X                            |
| Ingestion de sol superficiel impacté par les retombées atmosphériques des émissions du site | X  | X                            |
| Ingestion de végétaux, impacté par transfert de la pollution du sol.                        | X  | -                            |

### 5.1.3 Temps d'exposition

La durée d'exposition (T) sera prise égale à 30 ans correspondant au 90<sup>ème</sup> percentile de la distribution des durées de résidence, en France, d'après les abonnements à EDF. Cette durée est préconisée par l'INERIS et l'observatoire des pratiques de l'évaluation des risques.

Pour les enfants, le temps d'exposition sera pris égal à 6 ans.

**Tableau 18 : Récapitulatif des temps d'exposition retenus**

|             | Inhalation     |  | Ingestion      |  |
|-------------|----------------|--|----------------|--|
|             | Effets à seuil | Effets sans seuil                      | Effets à seuil | Effets sans seuil                      |
| Enfant      | 6 ans          | 6ans                                   | 6 ans          | 6ans                                   |
| Adulte      | 30 ans         | 30 ans                                 | 30 ans         | 30 ans                                 |
| Vie entière | -              | 24 ans vie adulte*<br>6 ans vie enfant | -              | 24 ans vie adulte*<br>6 ans vie enfant |

\* conformément au guide méthodologique INERIS de Juillet 2003 sur l'évaluation des risques sanitaires qui définit les principes généraux de l'évaluation des risques sanitaires

Les périodes de temps sur lesquelles l'exposition est moyennée (T<sub>m</sub>) sont prises égales à :

- T (correspondant à la durée d'exposition) pour les effets toxiques à seuil quelque soit la cible considérée.
- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets sans seuil quelque soit la cible considérée.

Comme nous ne disposons pas d'information pertinente sur le transfert des polluants de l'air extérieur vers l'air intérieur où des populations citadines passent l'essentiel de leur temps, nous considérons que les concentrations dans l'air intérieur et dans l'air extérieur sont équivalentes. Par conséquent, nous ne distinguerons pas le temps passé à l'intérieur des habitations du temps passé à l'extérieur.

## 5.2 Identification des dangers et relation dose-réponse

### 5.2.1 Identification des dangers

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés.

Pour l'ensemble des substances identifiées lors de la phase précédente, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique), les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En ce qui concerne le potentiel cancérogène, différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) distinguent différentes catégories ou classes. Celles-ci sont présentées dans le tableau suivant. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

#### Classification en termes de cancérogénicité

| UE  | US-EPA   | IARC  |
|---|--|---|
| <b>Carc.1</b> : Substance que l'on sait être <b>cancérogène</b> pour l'homme.<br>(R45 : Peut provoquer le cancer ou R49 : Peut provoquer le cancer par inhalation)                      | <b>A</b> : Preuves suffisantes chez l'homme  | <b>1</b> : Agent ou mélange cancérogène pour l'homme  |
| <b>Carc.2</b> : Substance devant être <b>assimilée à des substances cancérogènes</b> pour l'homme.<br>(R45 : Peut provoquer le cancer ou R49 : Peut provoquer le cancer par inhalation) | <b>B1</b> : Preuves limitées chez l'homme<br><b>B2</b> : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal               | <b>2A</b> : Agent ou mélange probablement cancérogène pour l'homme  |
| <b>Carc.3</b> : <b>Substance préoccupante</b> pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles<br>(R40 : Effet cancérogène suspecté: preuves insuffisantes)                       | <b>C</b> : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal  | <b>2B</b> : Agent ou mélange peut-être cancérogène pour l'homme   |
|   | <b>D</b> : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal<br><b>E</b> : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal | <b>3</b> : Agent ou mélange inclassables quant-à sa cancérogénicité pour l'homme<br><b>4</b> : Agent ou mélange probablement non cancérogène chez l'homme - |

### Classification en termes de mutagénicité

| <b>UE</b>   |
|---|
| <b>Muta.1</b>   |
| <p>Substances que l'on sait être <b>mutagènes</b> pour l'homme.</p> <p>L'introduction de la substance dans la catégorie 1, repose sur des études épidémiologiques qui établissent l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et les défauts génétiques héréditaires.</p> <p style="text-align: center;">(R46 : peut causer des altérations génétiques héréditaires)</p>   |
| <b>Muta.2</b>   |
| <p>Substances devant être <b>assimilées à des substances mutagènes</b> pour l'homme.</p> <p>On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut entraîner des défauts génétiques héréditaires. Cette présomption est en général fondée sur : les études appropriées sur l'animal ; d'autres informations appropriées.</p> <p style="text-align: center;">(R46 : peut causer des altérations génétiques héréditaires)</p> |
| <b>Muta. 3</b>  |
| <p>Substances <b>préoccupantes pour l'homme en raison d'effets mutagènes</b> possibles.</p> <p>Des études appropriées de mutagenèse ont fourni des éléments, mais ils sont insuffisants pour classer ces substances dans la deuxième catégorie.</p> <p style="text-align: center;">(R68 : possibilité d'effets irréversibles)</p>   |

### Classification en termes d'effets reprotoxiques

La toxicité pour la reproduction comprend l'altération des fonctions ou de la capacité de reproduction chez l'homme ou la femme et l'induction d'effets néfastes non héréditaires sur la descendance.

Les effets sur la fertilité masculine ou féminine recouvrent les effets néfastes sur :

- sur la libido,
- le comportement sexuel,
- les différents aspects de la spermatogenèse ou de l'ovogénèse,
- l'activité hormonale ou la réponse physiologique qui perturberaient la fécondation
- la fécondation elle-même ou le développement de l'ovule fécondé.

La toxicité pour le développement est considérée dans son sens le plus large, perturbant le développement normal aussi bien avant qu'après la naissance.

Les produits chimiques les plus préoccupants sont ceux qui sont toxiques pour la reproduction à des niveaux d'exposition qui ne donnent pas d'autres signes de toxicité.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 36 |

| <b>UE</b>  |
|--|
| <b>Repro.1</b>   |
| <p>Substances <b>altérant la fertilité</b> ou causant des <b>effets toxiques sur le développement</b> dans l'espèce humaine.</p> <p>La classification de substance dans la première catégorie repose sur des données épidémiologiques. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à la substance et une altération de la fertilité, ou des effets toxiques ultérieurs sur le développement.</p> <p style="text-align: center;">(R60 : peut altérer la fertilité et R61 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant)</p>  |
| <b>Repro.2</b>   |
| <p>Substances <b>devant être assimilées</b> à des substances altérant la fertilité ou causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine.</p> <p>On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption : la nette mise en évidence dans des études sur l'animal, d'une altération de la fertilité ou d'effets sur le développement soit en absence d'effets toxiques, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui n'est pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques, d'autres informations pertinentes.</p> <p style="text-align: center;">(R60 : peut altérer la fertilité et R61 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant)</p> |
| <b>Repro.3</b>   |
| <p>Substances <b>préoccupantes</b> pour la fertilité dans l'espèce humaine ou préoccupantes en raison d'effets toxiques possibles sur le développement.</p> <p>La classification de substance dans la troisième catégorie s'effectue au vu : de résultats d'études appropriées sur l'animal fournissant suffisamment d'éléments pour entraîner une forte suspicion, les preuves étant toutefois insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie, d'autres informations pertinentes.</p> <p style="text-align: center;">(R62 : risque possible d'altération de la fertilité et R63 : risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant)</p>   |

Tous les modes d'exposition ont été traités en **effets chroniques**, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

## 5.2.2 Relations dose-effet/dose-réponse

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j). Dans le cas de l'exposition par inhalation, la concentration s'exprime généralement en µg/m<sup>3</sup>.

L'évaluation quantitative de la relation entre la dose (ou la concentration) et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Des VTR sont établies par diverses instances internationales ou nationales<sup>1</sup> à partir de l'analyse des données toxicologiques expérimentales chez l'animal et/ou des données épidémiologiques. Ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types

<sup>1</sup> ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)

OMS. Guidelines for drinking-water quality

INCHEM-IPCS (International Program on Chemical Safety, OMS)

En France, le conseil supérieur d'Hygiène et de santé publique (CSHSP), l'AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) et l'AFSSET (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail), peuvent également produire des VTR

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 37 |

d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu, deux grands types d'effets toxiques peuvent être distingués :

- **les effets à seuil** pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester. Il s'agit des effets toxiques non cancérogènes et des effets cancérogènes non génotoxique ).
- **les effets sans seuil** (essentiellement les effets cancérogènes génotoxiques) pour lesquels il est difficile scientifiquement de définir de façon fiable un niveau d'exposition sans risque. La probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose.

Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les **effets à seuil de dose**, on dispose en pratique et selon les cas :

- d'un niveau d'exposition sans effet observé (NOEL : no observed effect level),
- d'un niveau d'exposition sans effet néfaste observé (NOAEL : no observed adverse effect level),
- du niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : lowest observed effect level),
- du niveau d'exposition le plus faible auquel un effet néfaste apparaît (LOAEL : lowest observed adverse effect level).

Ces seuils sont issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie clinique. A partir de ces seuils, des DJT (dose journalière tolérable) ou des CA (concentration atmosphériques admissible) extrapolées à l'homme sont définies en divisant les seuils précédents par des facteurs d'incertitude liés aux types d'expérimentations ayant permis d'obtenir ces données. Les DJT et CA sont habituellement qualifiées de « Valeurs toxicologiques de références » (VTR).

Les VTR pour les effets à seuil sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes, les principales dénominations sont reprises ci-dessous :

- DJT (dose journalière tolérable - France)
- RfD (Reference Dose – US-EPA)
- RfC (Reference Concentration – US-EPA)
- ADI (Acceptable Daily Intake – US-EPA)
- MRL (Minimum Risk Level - ATSDR)
- REL (Reference Exposure Level – OEHHA)
- TDI (Tolerable Daily Intake –RIVM)
- CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS)

Les **effets sans seuil de dose** sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Les ERU sont définis à partir d'études épidémiologiques ou animales. Les niveaux d'exposition appliqués à l'animal sont convertis en niveaux d'exposition équivalents pour l'homme.

Cet ERU représente la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste pour une exposition vie entière à une unité de dose donnée par rapport à une population non exposée. Les dénominations proposées les plus classiques sont les suivantes :

- l'excès de risque unitaire par inhalation :  $\text{ERU}_i$  en  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ,
- l'excès de risque unitaire par ingestion :  $\text{ERU}_o$  en  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ ,

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 38 |

### 5.2.2.1 Organismes consultés pour la recherche des VTR

Les bases de données consultées pour la recherche des VTR sont les suivantes :

- **US EPA** (United States Environmental Protection Agency – Etat Unis) dont dépend la base de données **IRIS** – Integrated Risk Information System).
- **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Etat Unis).
- **OMS** (Organisation Mondiale de la Santé – Bureau régional de l'Europe).

Ces organismes établissent leurs propres VTR à partir d'études expérimentales ou épidémiologiques. Les valeurs issues de ces bases de données sont internationalement reconnues. C'est la raison pour laquelle elles seront très souvent préférentiellement choisies.

Viennent ensuite les organismes qui établissent également leurs propres valeurs. Malgré le caractère national de ces valeurs, elles seront prises en compte selon les critères de choix préalablement cités.

- **Santé canada** (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),
- **RIVM** (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),
- **OEHHA** (Office of Environmental Health Hazard Assessment of Californie – Etat Unis) qui établit également ces propres VTR. L'OEHHA se base souvent sur les mêmes études que l'US-EPA mais les VTR sont souvent plus conservatoires.

En France, l'**AFSSET**<sup>1</sup> a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire dans le domaine de l'environnement et du travail et d'évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter. Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque. Dans le cadre du PNSE<sup>2</sup>, l'AFSSET s'est auto-saisie en 2003 pour proposer une méthode de construction de valeurs toxicologiques de référence fondées sur des effets reprotoxiques. Dans le cadre du Plan Cancer 2004, ces travaux ont été élargis à la construction de VTR fondées sur des effets cancérigènes. Le 25 juillet 2007, l'AFSSET s'est vu confiée la mission de construction de VTR par ses ministères de tutelle.

Les recueils de données sont consultés par ailleurs car ils regroupent les VTR des différents organismes cités ci avant. Ce sont :

- **TERA** (toxicology excellence for risk assessment), base de données **d'ITER** (International Toxicity Estimates for Risk Database), établit une synthèse des données toxicologiques issues des autres bases de données.
- **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques - France), établit des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques qui synthétisent notamment l'ensemble des données toxicologiques issues des autres bases de données - à l'heure actuelle ce programme contient une cinquantaine de fiches mais l'INERIS ne préconise aucun choix en terme de VTR.
- **IPCS INCHEM** (International Programme on Chemical Safety) : Portail d'accès à de nombreux sites dont le **CIRC** (Centre International de Recherche sur de Cancer), le **JEFCA** (Joint Expert Committee on Food Additives) et autres instances internationales.

Le recueil de donnée RAIS (Risk Assessment Information System – Etat Unis) reprenant les valeurs des autres organismes américains, en particulier du NTP (National Toxicology Program) et de IRIS de l'US-EPA, n'est pas considéré compte tenu de l'absence de toute transparence dans les valeurs affichées. Cette base de données pourra être utilisée pour les paramètres physico-chimiques des substances ou les paramètres de transfert, dans la mesure où les sources d'information sont fournies, permettant de vérifier les données mentionnées.

<sup>1</sup> AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

<sup>2</sup> PNSE : Plan National Santé environnement

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 39 |

### 5.2.2.2 Critères de choix des VTR

Pour chaque substance sélectionnée dans le cadre de cette étude, une description des différentes VTR actuellement disponibles sera donnée.

Pour chacune des substances, il sera systématiquement pris en compte les effets cancérigènes et les effets non cancérigènes, lorsqu'ils existent.

Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent pour une même substance, le choix de l'une d'entre elles sera fait selon les critères proposés par la Circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006 relative aux « modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact », à savoir :

1. Aucune valeur toxicologique de référence n'est recensée pour une substance chimique dans l'une des 6 bases de données étrangères nationales ou internationales : US-EPA, ATSDR, l'OMS, IPCS, Health Canada, RIVM et OEHHA. Dans ce cas, une quantification des risques n'est pas envisageable même si les données d'exposition sont exploitables. Notamment, une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP), construite pour une situation professionnelle, ne s'adapte pas à une situation de population non professionnelle car nombre de paramètres intervenant dans sa construction sont distincts, à commencer par la structure de la population (présence d'enfants et de populations fragiles).
2. Une seule valeur toxicologique de référence existe dans l'une des 6 bases de données US-EPA ATSDR, OMS/IPCS, RIVM, Health Canada, OEHHA. Si cette valeur est retrouvée sur une base de données sous forme d'avant-projet (draft) ou de document provisoire, on ne doit pas s'en servir. Par ailleurs, la transposition de la VTR de la voie orale en une VTR par voie respiratoire (ou vice versa) n'est possible que dans le cas où les substances engendrent un effet similaire quelle que soit la voie d'exposition.
3. Plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent dans les bases de données (US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Health Canada, RIVM ou OEHHA) pour un même effet critique, une même voie et une même durée d'exposition. Ces VTR retrouvées pour des substances à effet à seuil, d'une part, et pour des substances à effet sans seuil, d'autre part, ont généralement le même ordre de grandeur. Par mesure de simplification, plutôt qu'un choix portant sur des éléments toxicologiques pointus, il est recommandé de sélectionner la VTR dans la première base dans laquelle elle est retrouvée en respectant la hiérarchisation suivante :
  - 1) pour les substances à effets à seuil successivement US EPA puis ATSDR puis OMS/IPCS puis Health Canada puis RIVM et en dernier lieu OEHHA ;
  - 2) pour les substances à effets sans seuil successivement US EPA puis OMS/IPCS puis RIVM puis OEHHA.

### 5.2.2.3 Tableau de synthèse des VTR

Les tableaux ci-dessous présentent pour chaque composé, les VTR associées retenues pour l'étude avec leur type, leur origine et leur date d'élaboration.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 40 |

**Tableau 19 : Synthèse des VTR retenues pour la voie inhalation (polluants gazeux et particulaires)**

| Substance          | Cas number | Type d'effet   | Organe critique                      | Espèce | Valeur  | Source           |
|--------------------|------------|--|--------------------------------------|--------|---|------------------|
| NO <sub>x</sub>    | 10102-44-0 | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| SO <sub>2</sub>    | 7446-09-05 | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| CO                 | 10102-43-9 | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| PM2.5              | -          | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| PM10               | -          | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| Aluminium (Al)     |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| Arsenic (As)*      |            | Non cancérigène  | Système respiratoire                 | Homme  | TCA =<br>1 µg/m <sup>3</sup>  | RIVM<br>(2001)   |
|                    |            | Cancérigène  | Cancer pulmonaire                    | Homme  | ERUi =<br>4,3.10 <sup>-3</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>       | US EPA<br>(1998) |
| Cadmium (Cd)       |            | Non cancérigène  | Système rénal                        | Homme  | REL =<br>0,02 µg/m <sup>3</sup>   | OEHHA<br>(2002)  |
|                    |            | Cancérigène  | Cancer pulmonaire                    | Homme  | ERUi =<br>1,8.10 <sup>-3</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>       | US EPA<br>(1992) |
| Chrome III (CrIII) |            | Non cancérigène  | Système hépatique                    | Homme  | TCA =<br>60 µg/m <sup>3</sup>   | RIVM<br>(2001)   |
| Chrome VI (CrVI)   |            | Non cancérigène  | Système respiratoire                 | Rat    | RfC =<br>0,1 µg/m <sup>3</sup>  | US EPA<br>(1998) |
|                    |            | Cancérigène  | Cancer pulmonaire                    | Homme  | ERUi =<br>1,2.10 <sup>-2</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>       | US EPA<br>(1998) |
| Mercure (Hg)       |            | Non cancérigène  | Système nerveux                      | Homme  | RfC =<br>0,3 µg/m <sup>3</sup>  | US EPA<br>(1995) |
| Cobalt (Co)        |            | Non cancérigène  | Système respiratoire                 | Homme  | MRL =<br>0,1 µg/m <sup>3</sup>  | ATSDR<br>(2004)  |
| Sélénium (Se)      |            | Non cancérigène  | Système nerveux et cardio-vasculaire | Homme  | REL =<br>20 µg/m <sup>3</sup>   | OEHHA<br>(2001)  |
| Plomb (Pb)         |            | Cancérigène  | Tumeurs rénales                      | Rat    | ERUi =<br>1,2.10 <sup>-5</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>       | OEHHA<br>(2002)  |
| Nickel (Ni)        |            | Non cancérigène  | Système respiratoire                 | Homme  | MRL =<br>0,09 µg/m <sup>3</sup>   | ATSDR<br>(2005)  |
|                    |            | Cancérigène  | Cancer pulmonaire                    | Homme  | ERUi =<br>3,8.10 <sup>-4</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>       | OMS<br>(2000)    |
| Manganèse (Mn)     |            | Non cancérigène  | Système neurologique                 | Homme  | RfC =<br>0,05 µg/m <sup>3</sup>   | US EPA<br>(1993) |
| Cuivre (Cu)        |            | Non cancérigène  | Système respiratoire et immunitaire  | Homme  | TCA =<br>1 µg/m <sup>3</sup>  | RIVM<br>(2001)   |
| Thallium (Tl)      |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| Vanadium (V)       |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| Etain (Sn)         |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| Tellure (Te)       |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| Antimoine (Sb)**   |            | Non cancérigène  | Système respiratoire                 | Rat    | RfC =<br>0,2 µg/m <sup>3</sup>  | US EPA<br>(1995) |
| Benzo(a)Pyrène***  |            | Cancérigène  | Tractus respiratoire                 | Homme  | ERUi =<br>8,7.10 <sup>-2</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>       | OMS<br>(2000)    |
| Zinc (Zn)          |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                                      |        |   |                  |
| Benzène            | 71-43-2    | Non cancérigène  | Système sanguin                      | Homme  | RfC =<br>30 µg/m <sup>3</sup>   | US EPA<br>(2003) |
|                    |            | Cancérigène  | Leucémies                            | Homme  | ERUi =<br>2,2 à 7,8.10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> | US EPA<br>(2003) |
| Ethylbenzène       | 100-41-4   | Non cancérigène  | Effets sur le développement          | Rat    | RfC =<br>1000 µg/m <sup>3</sup>   | US EPA<br>(1991) |
|                    |            | Cancérigène  | Cancer du rein                       | Rat    | ERUi =<br>2,5.10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>       | US EPA<br>(2000) |
| Formaldéhyde       | 50-00-0    | Non cancérigène  | Système respiratoire                 | Homme  | MRL =<br>10 µg/m <sup>3</sup>   | ATSDR<br>(1999)  |

| Substance             | Cas number | Type d'effet   | Organe critique      | Espèce | Valeur   | Source        |
|-----------------------|------------|--|----------------------|--------|--|---------------|
|                       |            | Cancérogène  | Cancer nasal         | Rat    | ERUi = $1,3 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ | US EPA (1991) |
| Naphtalène            | 91-20-3    | Non cancérogène  | Système respiratoire | Souris | RfC = $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$                         | US EPA (1998) |
|                       |            | Cancérogène  | -                    | -      | ERUi = $3,4 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ | OEHHA (2000)  |
| Acénaphthène****      | 83-32-9    | Cancérogène  | Tractus respiratoire | Homme  | ERUi = $8,7 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ | -             |
| 1,1,1-Trichloroéthane | 71-55-6    | Non cancérogène  | Système hépatique    | Rat    | RfC = $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$                      | US EPA (2007) |
| Toluène               | 108-88-3   | Non cancérogène  | Système nerveux      | Homme  | RfC = $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$                      | US EPA (2005) |
| Xylènes               | 1330-20-7  | Non cancérogène  | Système neurologique | Rat    | RfC = $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$                       | US EPA (2003) |
| Butane                |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                      |        |  |               |
| Ethane                |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                      |        |  |               |
| Hexane                | 110-54-3   | Non cancérogène  | Système neurologique | Rat    | RfC = $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$                       | US EPA (2005) |
| Pentane               |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                      |        |  |               |
| Propane               |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par inhalation |                      |        |  |               |

\* : le pentoxyde et le trioxyde d'arsenic seront assimilés à de l'arsenic particulaire.

\*\* : le trioxyde d'antimoine sera assimilé à de l'antimoine particulaire.

\*\*\* : le benzo(a)pyrène sera utilisé comme traceur des HAP dans une optique majorante

\*\*\*\* : la valeur toxicologique de référence pour les effets cancérogènes de l'acénaphthène a été déterminée à partir de celle proposée pour le benzo(a)pyrène ( $8,7 \cdot 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ) et du facteur équivalent toxique (0.001).

**Tableau 20 : Synthèse des VTR retenues pour la voie ingestion (polluants particuliers)**

| Substance          | Cas number | Type d'effet    | Organe critique             | Espèce | Valeur  | Source        |
|--------------------|------------|-----------------|-----------------------------|--------|---|---------------|
| Arsenic (As)       |            | Non cancérogène | Système cutané              | Homme  | RfD = $0,0003 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$        | US EPA (1993) |
|                    |            | Cancérogène     | Cancer peau                 | Homme  | ERUo = $1,5 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$    | US EPA (1998) |
| Aluminium (Al)     |            | Non cancérogène | Système nerveux             | Souris | MRL = $1 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$             | ATSDR (2008)  |
| Cadmium (Cd)       |            | Non cancérogène | Système rénal               | Homme  | RfD = $0,001 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$         | US EPA (1994) |
| Cobalt (Co)        |            | Non cancérogène | Système cardio-vasculaire   | Homme  | TDI = $0,0014 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$        | RIVM (2000)   |
| Chrome III (CrIII) |            | Non cancérogène | Système hépatique           | Rat    | RfD = $1,5 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$           | US EPA (1998) |
| Chrome VI (CrVI)   |            | Non cancérogène | Système hépatique           | Rat    | RfD = $0,003 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$         | US EPA (1998) |
| Cuivre (Cu)        |            | Non cancérogène | Système digestif            | Chien  | DJT = $0,5 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$           | OMS (1996)    |
| Manganèse (Mn)     |            | Non cancérogène | Système nerveux             | Homme  | RfD sols = $0,046 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$    | US EPA (1996) |
|                    |            | Non cancérogène | Système nerveux             | Homme  | RfD végétaux = $0,14 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$ | US EPA (1996) |
| Mercuré (Hg)       |            | Non cancérogène | Effets sur le développement | Homme  | MRL = $0,0003 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$        | ATSDR (1999)  |
| Nickel (Ni)        |            | Non cancérogène | Diminution poids organes    | Rat    | RfD = $0,02 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$          | US EPA (1996) |
| Plomb (Pb)         |            | Non cancérogène | Système nerveux             | Homme  | DJT = $0,0035 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$        | OMS (1993)    |

| Substance      | Cas number | Type d'effet  | Organe critique             | Espèce      | Valeur  | Source           |
|----------------|------------|---|-----------------------------|-------------|---|------------------|
|                |            | Cancérogène   | Tumeurs rénales             | Rat         | ERUo =<br>$8,5 \cdot 10^{-3}$ (mg/kg/j) <sup>-1</sup> | OEHHA<br>(2002)  |
| Etain (Sn)     |            | Non cancérogène   | Système digestif            | Homme       | DJT =<br>2 mg/kg/j                                    | JECFA<br>(2000)  |
| Sélénium (Se)  |            | Non cancérogène   | Sélénose                    | Homme       | RfD =<br>0.005 mg/kg/j                                | US EPA<br>(1991) |
| Thallium (Tl)  |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par ingestion |                             |             |   |                  |
| Tellure (Te)   |            | Pas de VTR disponible pour une exposition chronique par ingestion |                             |             |   |                  |
| Antimoine (Sb) |            | Non cancérogène   | Baisse de longévité         | Homme       | RfD =<br>0,0004 mg/kg/j                               | US EPA<br>(1991) |
| Benzo(a)Pyrène | 50-32-8    | Cancérogène   | Cancer multi-site           | Rats/souris | ERUo =<br>$7,3$ (mg/kg/j) <sup>-1</sup>               | US EPA<br>(1994) |
| Vanadium (V)*  | 7440-62-2  | Non cancérogène   | Effets sur le développement | Rat         | RfD =<br>0,009 mg/kg/j                                | US EPA<br>(1988) |
| Zinc           | 7440-66-6  | Non cancérogène   | Système sanguin             | Homme       | RfD =<br>0,3 mg/kg/j                                  | US EPA<br>(2005) |
| Naphtalène     | 91-20-3    | Non cancérogène   | Système sanguin             | Rat         | RfD =<br>0,02 mg/kg/j                                 | US EPA<br>(1998) |
|                |            | Cancérogène   | Cancer multi-site           | Rats/souris | ERUo =<br>$7,3 \cdot 10^{-3}$ (mg/kg/j) <sup>-1</sup> | -                |
| Acénaphthène   | 83-32-9    | Non cancérogène   | Système hépatique           | Souris      | RfD =<br>0,06 mg/kg/j                                 | US EPA<br>(1994) |
|                |            | Cancérogène   | Cancer multi-site           | Rats/souris | ERUo =<br>$7,3 \cdot 10^{-3}$ (mg/kg/j) <sup>-1</sup> | -                |

\* : le pentoxyde vanadium sera assimilé à du vanadium particulaire.

Remarques :

- en ce qui concerne le manganèse, l'US-EPA propose une RfD orale (0,14 mg/kg/j) basée sur une dose sans effets (NOAEL) de 10 mg/j. Cette dose correspond pour une population moyenne à une dose sans effets irréversibles sur la santé de l'individu, ce qui ne veut pas dire que des doses supérieures impliquent des effets toxiques (US-EPA). Cette valeur est applicable sans facteur de sécurité pour l'ingestion d'aliments. Cependant, dans le calcul d'une exposition par l'eau de boisson ou le sol, IRIS recommande d'utiliser un facteur de sécurité de 3, abaissant ainsi la RfD à  $4,67 \cdot 10^{-2}$ , qui a été arrondi à  $4,6 \cdot 10^{-2}$ , afin de ne pas minimiser le risque.

La RfD =  $4,6 \cdot 10^{-2}$  mg/kg/j de l'US-EPA est retenue pour les sols.

La RfD =  $1,4 \cdot 10^{-1}$  mg/kg/j de l'US-EPA est retenue pour l'ingestion de végétaux.

- les valeurs toxicologiques de référence pour les effets cancérigènes de l'acénaphthène et du naphtalène ont été déterminées à partir de celle proposée pour le benzo(a)pyrène ( $7,3$  (mg/kg/j)<sup>-1</sup>) et de leur facteur équivalent toxique de (0.001).

### 5.2.3 Autres valeurs de comparaison utilisées

L'utilisation d'autres valeurs que les Valeurs Toxicologiques de Référence peut être considérée préalablement à la quantification des risques sanitaires si celle-ci est possible. Ces autres valeurs permettent en effet de discuter de l'exposition des individus et d'estimer l'état des milieux, à savoir si un impact est mesuré (ou mesurable) ou non. Ces valeurs de comparaison regroupent des valeurs réglementaires (France et Europe), des valeurs-guide (OMS, INDEX, CHSPF) qui sont généralement des valeurs qui servent de point de départ à l'élaboration de valeurs réglementaires, mais également dans le cas de cette étude à des valeurs présente dans un projet de décret (approuvé mais en cours d'adoption). **Ces valeurs ne sont en aucun cas (conformément à la circulaire DGS de mai 2006) utilisées pour évaluer les Indices de risques (IR) et excès de risques individuels (ERI) faisant référence à une évaluation des risques sanitaires.**

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 43 |

**Tableau 21 : Synthèse des autres valeurs disponibles pour la voie inhalation**

| Substance          | Cas Number | Organe critique           | Valeur                                  | Source     |
|--------------------|------------|---------------------------|---|------------|
| NO <sub>2</sub>    | 10102-44-0 | Système respiratoire      | Valeur Guide =<br>40 µg/m <sup>3</sup>  | OMS (2005) |
| SO <sub>2</sub>    | 7446-09-05 | Système respiratoire      | Valeur Guide =<br>50 µg/m <sup>3</sup>  | OMS (2000) |
| Poussières (PM2.5) | -          | système cardio-vasculaire | Valeur Guide =<br>10 µg/m <sup>3</sup>  | OMS (2005) |
| Poussières (PM10)  | -          | système cardio-vasculaire | Valeur Guide =<br>25 µg/m <sup>3</sup>  | OMS (2005) |
| Plomb (Pb)         | 7439-92-1  | Système sanguin           | Valeur Guide =<br>0.5 µg/m <sup>3</sup> | OMS (2000) |

#### 5.2.4 Choix des traceurs

Lors de l'émission d'un mélange de composés chimiques à l'atmosphère, il est possible d'effectuer une sélection d'un nombre limité de substances et de réaliser l'évaluation quantitative du risque sanitaire sur ces substances choisies. La philosophie de la démarche implique donc un choix de « traceurs du risque sanitaire » parmi la liste, la plus complète possible, des substances émises. La prise en compte de ces traceurs et non de la liste complète de substance permet toutefois de conclure quant à l'acceptabilité ou non des risques. On entend par polluants « traceurs de risque » les substances qui font l'objet d'une évaluation quantitative de l'exposition et du risque (INERIS, Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire, 2003).

Les critères les plus importants sont :

- les quantités émises à l'atmosphère,
- la toxicité des composés et notamment le caractère cancérogène.

Les autres critères à prendre en compte sont :

- l'existence de valeur VTR<sup>1</sup>,
- l'existence de voies de contamination pertinentes,
- la spécificité du produit par rapport à l'activité du site.

L'identification des dangers nous a permis dans un premier temps d'écarter les substances considérées comme non toxique dans les bases de données consultées, pour lesquelles il n'existe pas de phrase de risque pour la voie d'exposition considérée et pour lesquelles il n'y a pas de valeur toxicologique disponible.

Ensuite, nous avons effectué le choix de « traceur du risque » en comparant les substances entre elles. Pour cela, nous avons tenu compte à la fois des quantités émises (en flux annuel) et de la toxicité des composés. Nous avons alors estimé, par voie d'exposition, un « ratio brut » pour les effets « à seuil » de la façon suivante :

$$Ratio\ brut = \frac{Flux\ de\ polluant\ (kg / an)}{VTR}$$

<sup>1</sup> VTR : Valeur Toxicologique de Référence

On retiendra, par voie d'exposition, toutes les substances dont le ratio est  $\geq 1\%$  du ratio max. La valeur de **1%** est retenue conformément aux indications du guide INERIS (Évaluation des Risques Sanitaires dans l'Étude d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement – 2003) et aux pratiques en vigueur à l'heure actuelle en France (note du Pole ERS N°05-6 de la direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales des Bouches du Rhône et Circulaire interministérielle DGS/SD 7 B no 2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières).

Dans le cadre de l'exposition par ingestion, l'ingestion de sol superficiel est très souvent le « déterminant du risque ». La contamination des sols superficiels ne faisant pas intervenir de critère de transfert propre à chaque substance, la méthode des ratios peut également s'appliquer à cette voie d'exposition.

Il est à noter que le calcul des ratios bruts n'est effectué que pour les effets à seuil, puisque pour les substances sans seuil d'effet, elles sont systématiquement prises en compte en raison du caractère particulièrement sévère des effets provoqués (notamment cancérigènes). Ainsi, toutes les substances classées cancérigènes qui n'ont pas été retenues par la méthode des ratios sont ajoutées à la liste des traceurs de risque. La liste de polluants traceurs de risque, ainsi retenus, est présentée ci-après.

**Tableau 22 : Polluants particuliers retenus comme « traceurs de risque » (ingestion)**

| Polluant             | Flux (kg/an) | VTR (mg/kg/j) | Flux/VTR | Ratio (%) | VTR-1 (mg/kg/j) <sup>1</sup> | Prise en compte ? |
|----------------------|--------------|---------------|----------|-----------|------------------------------|-------------------|
| Benzo(a)Pyrène (HAP) | 3.90         | -             | 0.0      | 0.00%     | 7.30E+00                     | OUI               |
| Al                   | 45368.70     | 1             | 45368.7  | 65.00%    | -                            | OUI               |
| Cd                   | 4.00         | 0.001         | 4000.0   | 5.73%     | -                            | OUI               |
| Hg                   | 5.90         | 0.0003        | 19666.7  | 28.18%    | -                            | OUI               |
| Tl                   | 4.30         | -             | 0.0      | 0.00%     | -                            | NON               |
| As                   | 5.70         | 0.0003        | 18998.0  | 27.22%    | 1.50E+00                     | OUI               |
| Se                   | 1.60         | 0.005         | 320.1    | 0.46%     | -                            | NON               |
| Te                   | 0.00         | -             | 0.0      | 0.00%     | -                            | NON               |
| Pb                   | 14.00        | 0.0035        | 4000.0   | 5.73%     | 8.50E-03                     | OUI               |
| Sb                   | 27.92        | 0.0004        | 69799.0  | 100.00%   | -                            | OUI               |
| Cr                   | 20.07        | 0.003         | 6689.0   | 9.58%     | -                            | OUI               |
| Co                   | 32.87        | 0.0014        | 23478.4  | 33.64%    | -                            | OUI               |
| Cu                   | 18.01        | 0.5           | 36.0     | 0.05%     | -                            | NON               |
| Sn                   | 0.00         | 2             | 0.0      | 0.00%     | -                            | NON               |
| Mn                   | 19.82        | 0.046         | 430.9    | 0.62%     | -                            | OUI               |
| Ni                   | 470.75       | 0.02          | 23537.7  | 33.72%    | -                            | OUI               |
| V                    | 192.53       | 0.009         | 21392.3  | 30.65%    | -                            | OUI               |
| Zn                   | 450.02       | 0.3           | 1500.1   | 2.15%     | -                            | OUI               |
| Fe                   | 1820.87      | -             | 0.0      | 0.00%     | -                            | NON               |
| Naphtalène           | 111.73       | 0.02          | 0.0      | 0.00%     | 7.30E-03                     | OUI               |
| Acénaphène           | 2.09         | 0.06          | 0.0      | 0.00%     | 7.30E-03                     | OUI               |

*Remarque : pour le manganèse, ce polluant étant pris en compte pour une exposition par inhalation (voir tableau ci-après), il sera conservé pour la caractérisation du risque par ingestion malgré son ratio flux/VTR inférieur à 1% du ratio maximal*

**Tableau 23 : Polluants gazeux et particulaires retenus comme « traceurs de risque » (inhalation)**

| <b>Polluant</b>       | <b>Flux (kg/an)</b> | <b>VTR (µg/m3)</b> | <b>Flux/VTR</b> | <b>Ratio (%)</b> | <b>VTR-1 (µg/m3)<sup>1</sup></b> | <b>Prise en compte ?</b> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|-----------------|------------------|----------------------------------|--------------------------|
| SO2                   | 448055.20           | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| NOx                   | 1433507.05          | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| PM10                  | 137548.71           | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| PM2.5                 | 100960.75           | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| CO                    | 59583.40            | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Benzo(a)Pyrène (HAP)  | 3.90                | -                  | 0.0             | 0.00%            | 8.70E-02                         | OUI                      |
| Al                    | 45368.70            | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Cd                    | 4.00                | 0.02               | 200.0           | 3.82%            | 1.80E-03                         | OUI                      |
| Hg                    | 5.90                | 0.3                | 19.7            | 0.38%            | -                                | OUI                      |
| Tl                    | 4.30                | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| As                    | 5.70                | 1                  | 5.7             | 0.11%            | 4.30E-03                         | OUI                      |
| Se                    | 1.60                | 20                 | 0.1             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Te                    | 0.00                | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Pb                    | 14.00               | -                  | 0.0             | 0.00%            | 1.20E-05                         | OUI                      |
| Sb                    | 27.92               | 0.2                | 139.6           | 2.67%            | -                                | OUI                      |
| Cr                    | 20.07               | 0.1                | 200.7           | 3.84%            | 1.20E-02                         | OUI                      |
| Co                    | 32.87               | 0.1                | 328.7           | 6.28%            | -                                | OUI                      |
| Cu                    | 18.01               | 1                  | 18.0            | 0.34%            | -                                | NON                      |
| Sn                    | 0.00                | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Mn                    | 19.82               | 0.05               | 396.5           | 7.58%            | -                                | OUI                      |
| Ni                    | 470.75              | 0.09               | 5230.6          | 100.00%          | 3.80E-04                         | OUI                      |
| V                     | 192.53              | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Zn                    | 450.02              | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Fe                    | 1820.87             | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Benzène               | 21.16               | 30                 | 0.7             | 0.01%            | 7.80E-06                         | OUI                      |
| Ethylbenzène          | 6.29                | 1000               | 0.0             | 0.00%            | 2.50E-06                         | OUI                      |
| Formaldéhyde          | 3266.19             | 10                 | 326.6           | 6.24%            | 1.30E-05                         | OUI                      |
| Naphtalène            | 111.73              | 3                  | 37.2            | 0.71%            | 3.40E-05                         | OUI                      |
| 1,1,1-Trichloroéthane | 23.34               | 5000               | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Toluène               | 613.06              | 5000               | 0.1             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Xylène                | 10.78               | 100                | 0.1             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Acénaphène            | 2.09                | -                  | 0.0             | 0.00%            | 8.70E-05                         | OUI                      |
| Butane                | 87.74               | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Ethane                | 129.52              | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Hexane                | 75.21               | 700                | 0.1             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Pentane               | 108.63              | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |
| Propane               | 66.85               | -                  | 0.0             | 0.00%            | -                                | NON                      |

*Remarque : pour le mercure, ce polluant étant pris en compte pour une exposition par ingestion (voir tableau ci-dessus), il sera conservé pour la caractérisation du risque par ingestion malgré son ratio flux/VTR inférieur à 1% du ratio maximal*

Ainsi, en définitive, les polluants retenus pour l'étude sont :

**Tableau 24 : Polluants retenus dans l'évaluation des risques sanitaires**

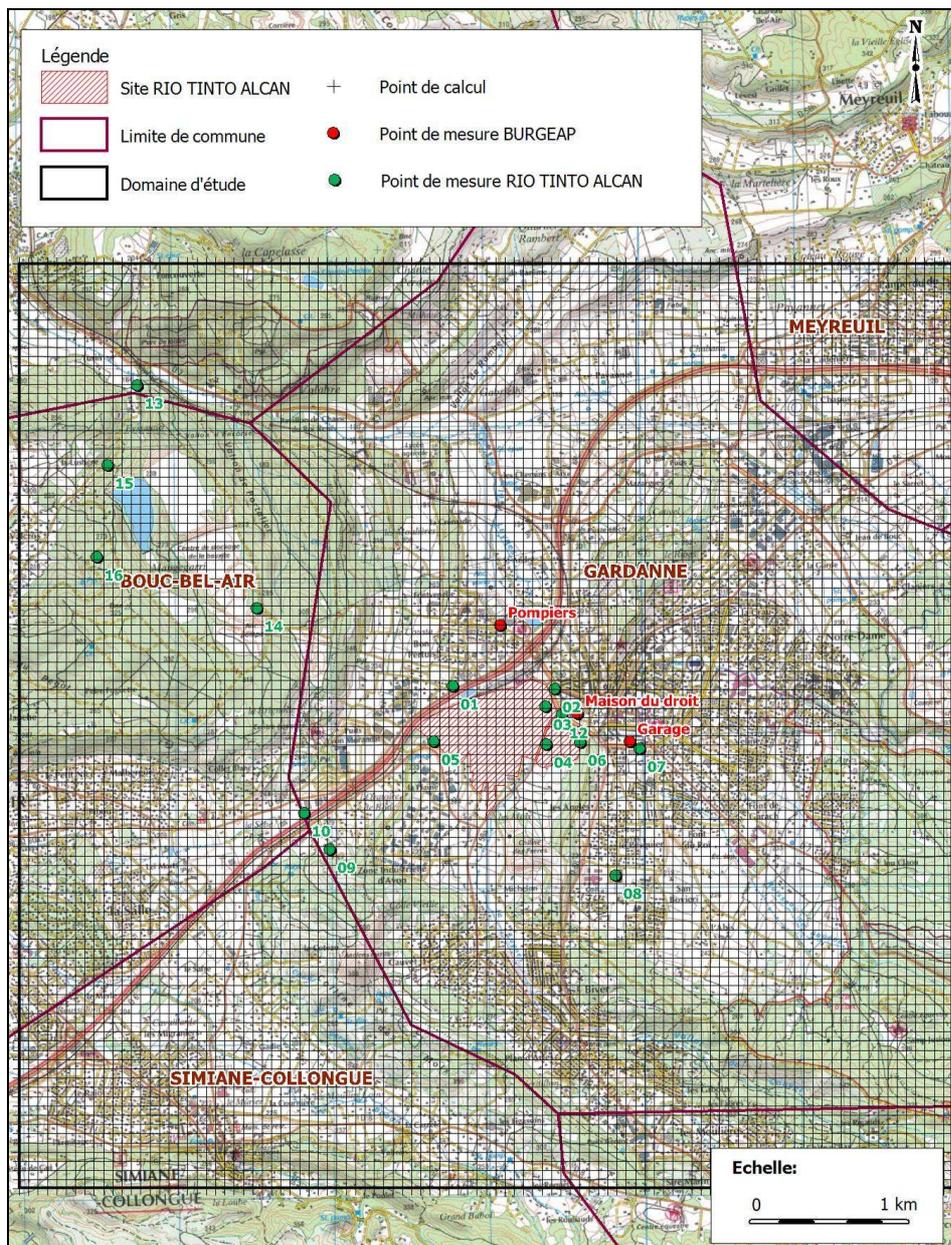
| <b>Polluants particulaires</b> |            | <b>Polluants gazeux</b> |
|--------------------------------|------------|-------------------------|
| HAP (Benzo(a)pyrène)           | Manganèse  | Benzène                 |
| Cadmium                        | Nickel     | Ethylbenzène            |
| Mercur                         | Vanadium   | Formaldéhyde            |
| Arsenic                        | Zinc       |                         |
| Plomb                          | Aluminium  |                         |
| Antimoine                      | Naphtalène |                         |
| Chrome (III et VI)             | Acénaphène |                         |
| Cobalt                         |            |                         |

### 5.3 Estimation des niveaux d'exposition liés aux rejets atmosphériques

#### 5.3.1 Domaine d'étude ou zone d'influence du site

Le domaine d'étude choisi est de 36 km<sup>2</sup>, soit un carré de 6 km de côté, centré sur l'installation. Le choix de ce domaine a été réalisé afin de disposer de résultats exploitables pour l'évaluation des risques sanitaires. Pour effectuer les calculs de dispersion atmosphérique, le domaine est divisé en mailles de 60 m × 60 m soit 10 201 nœuds au total (101\*101).

**Figure 11 : Localisation du domaine d'étude**



|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 47 |

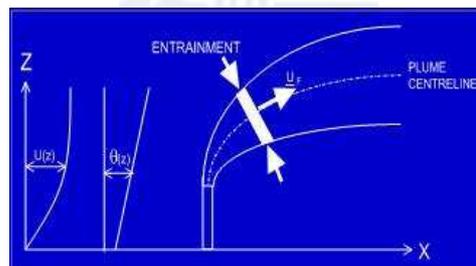
### 5.3.2 Principe et validation du code de dispersion utilisé

Le modèle mathématique de dispersion utilisé pour cette étude, ADMS 4, est un modèle de **trajectoire à dispersion gaussienne**, spécialement développé pour évaluer l'impact des rejets atmosphériques d'une grande variété de sources industrielles.

Le modèle permet principalement de déterminer la trajectoire des panaches industriels et de quantifier avec précision la redistribution des effluents autour des sites industriels. Les sources d'émission prises en compte peuvent être ponctuelles (des cheminées par exemple), mais aussi surfaciques et volumiques (sources diffuses, ateliers émetteurs, stockage), linéiques (trafic routier) et/ou provenant de « jets ». Ces émissions peuvent bien sûr être variables dans le temps. ADMS fait partie de la nouvelle génération des modèles gaussiens. Ses principales caractéristiques techniques sont présentées en annexe 1.

#### 5.3.2.1 Calcul de sur-hauteur

Afin de tenir compte des effets de vitesse et de température en sortie de cheminée sur l'élévation des panaches, ADMS utilise un modèle lagrangien qui calcule précisément la trajectoire des panaches en sortie de cheminée, en fonction des paramètres d'émission (vitesse et température) et des conditions atmosphériques (profils de vent et de température). Il prend également en compte les effets de sillage des cheminées (turbulence), lorsque celles-ci ont un diamètre important.



#### 5.3.2.2 Calcul des écart-types

Le calcul de la dispersion atmosphérique d'un panache fait intervenir deux paramètres de dispersion qui varient principalement selon les conditions de stabilité de la couche limite. Ces paramètres sont définis comme suit :

- Soit,  $\sigma_z^2$ , **la diffusivité verticale** :

$$\sigma_z^2 = \sigma_{zt}^2 + \sigma_{pr}^2 + (d_s \cos\theta)^2/4$$

Avec :

$\sigma_{zt}^2$  : la dispersion due à la turbulence

$\sigma_{pr}^2$  : la dispersion due à l'élévation du panache

$(d_s \cos\theta)^2/4$  : l'influence de la source sur la dispersion ( $d_s$ =diamètre de la source)

Le terme  $\sigma_{zt}^2$  du à la turbulence varie selon les classes de stabilité de la couche limite :

- Si les conditions atmosphériques sont stables ou neutres, le calcul se base sur la relation établie par Weil et Hunt en 1985,
- Si les conditions atmosphériques sont instables, le calcul de la diffusion rajoute dans la formule un terme entraînant des profils non-gaussiens,
- Si l'on observe une inversion thermique et qu'une partie du panache passe au dessus de la couche limite, le calcul est très proche de la relation de Weil et Hunt.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 48 |

- Soit,  $\sigma_y^2$ , **la diffusivité transversale** :

$$\sigma_y^2 = \sigma_{yt}^2 + \sigma_{yw}^2 + \sigma_{pr}^2 + d_s^2/4$$

Avec :

$\sigma_{yt}^2$  : la dispersion due à la turbulence

$\sigma_{yw}^2$  : la dispersion due à la direction du vent

$\sigma_{pr}^2$  : la dispersion due à l'élévation du panache

$d_s^2/4$  : l'influence de la source sur la dispersion ( $d_s$ =diamètre de la source)

Le terme  $\sigma_{yt}^2$ , du à la turbulence varie selon les classes de stabilité de la couche limite :

- Si les conditions atmosphériques sont stables ou neutres, le calcul se base sur la formule de Briggs (1985),
- Si les conditions atmosphériques sont instables, le calcul de la diffusion dérive la formule de Briggs afin d'obtenir deux termes : un terme convectif et un terme de turbulence « mécanique »,
- Si l'on observe une inversion thermique et qu'une partie du panache passe au dessus de la couche limite, le calcul est très proche de la formule de Briggs.

Une description détaillée de ce logiciel se trouve en annexe 1.

### 5.3.3 Description des conditions météorologiques

Les données météorologiques nécessaires pour la réalisation de cette étude sont extraites des stations météorologiques METEO France situées à Aix Les Milles et Marignane et concernent les paramètres suivants :

| Aix les Milles (données tri-horaires) | Aéroport de Marignane (données tri-horaires) |
|---------------------------------------|--|
| Direction du vent à 10m               | Nébulosité totale                            |
| Vitesse du vent à 10m                 |  |
| Température extérieure sous abri      |  |
| Pluviométrie                          |  |

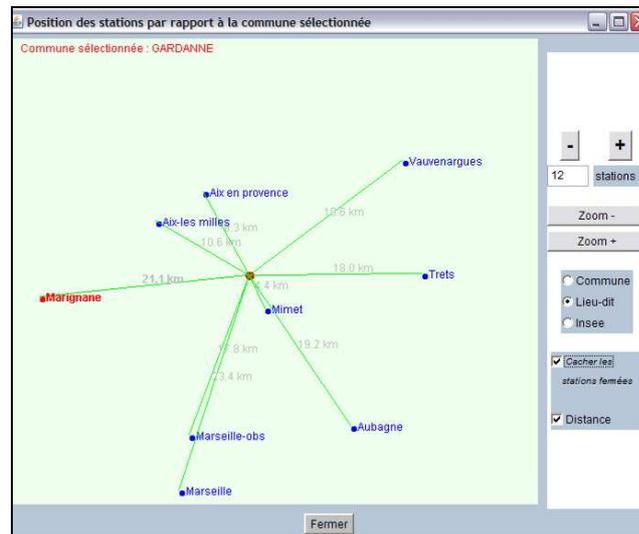
Le choix de ces stations a été fait de façon à disposer de données météorologiques fiables les plus représentatives de celles rencontrées sur le site ; ces stations fixes n'étant distantes que d'environ 10 et 21 km du site.

#### Remarques :

- *Les données fournies par la station de Mimet ne sont pas parfaitement représentatives des conditions météorologiques rencontrées sur Gardanne. Aussi, cette station n'a pas été retenue dans le cadre de la présente étude. Le choix de la station d'Aix les Milles (choix réalisé pour cette étude) est ainsi d'autant plus pertinent qu'il permet de conserver la station météorologique prise en compte lors des précédentes études réalisées pour RIO TINTO ALCAN,*
- *La nébulosité est mesurée principalement sur les stations météorologiques de type 0 et 1 (aéroports et aérodromes). Or, elle n'est plus mesurée sur la station Aix les Milles depuis le 24/08/2001. Aussi, les données issues de l'aéroport de Marseille-Marignane ont été prises en compte pour ce paramètre. Il est de plus admis que ce paramètre présente peu de variation à l'échelle locale.*

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 49 |

Figure 12 : Localisation des stations de mesures METEO FRANCE

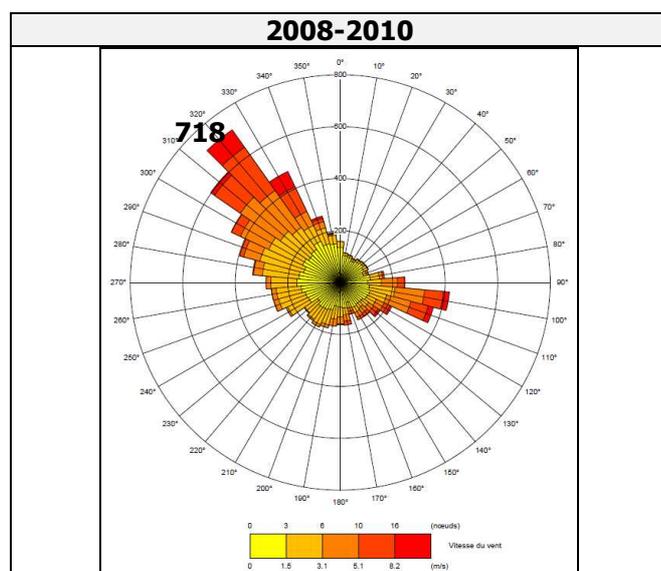


Les paramètres météorologiques précités sont variables dans le temps et l’espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l’occupation des sols et de la topographie). C’est la raison pour laquelle les chroniques météorologiques doivent être suffisamment longues, complètes et représentatives de la climatologie du site.

**Les données acquises correspondent à des paramètres en données tri-horaires (une donnée toutes les trois heures). Toutes ces informations ont été recueillies sur une période de trois ans (du 01/01/2008 au 31/12/2010). Cette période est suffisamment longue pour mettre en évidence les comportements climatiques du site.**

La rose des vents (2008-2010) est présentée sur la figure ci-après. Les intersections de la courbe avec les cercles de fréquence fournissent les fréquences d’apparition des vents en fonction de la direction d’où vient le vent. Par exemple, sur les 8769 conditions de vent mesurées entre le 01/01/2008 et le 31/12/2010, 718 présentent une direction de vent de 320° (soit environ 8% des vents totaux).

Figure 13 : Rose des vents générales reconstituées par le modèle



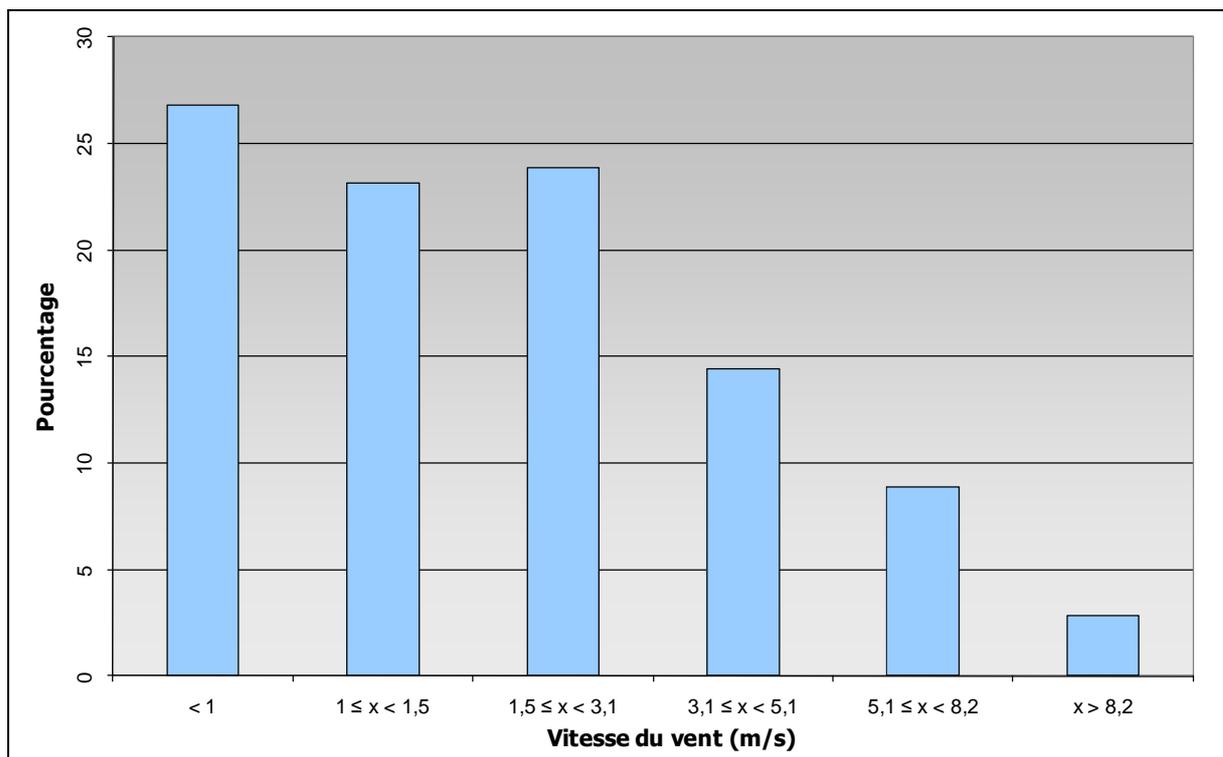
La rose des vents, issue des données réelles sur une période de trois ans indique que les vents les plus fréquents sont les vents dont la vitesse est comprise entre 0 et 1.5 m/s.

Cette rose des vents montre une direction de vents forts provenant d'un secteur Nord-Ouest majoritaire, mais également une part notable de vents provenant de l'Est.

**Notons de plus que les données des années 2008-2010 sont représentatives des conditions généralement rencontrées sur Gardanne. Les roses des vents sont comparables à la fois en termes de direction mais aussi de vitesse de vents.**

Les principaux résultats de l'analyse de ces données météorologiques, en ce qui concerne la répartition des classes de vent, sont présentés sur la figure suivante.

**Figure 14 : Répartition des vitesses de vent (station Aix les Milles)**



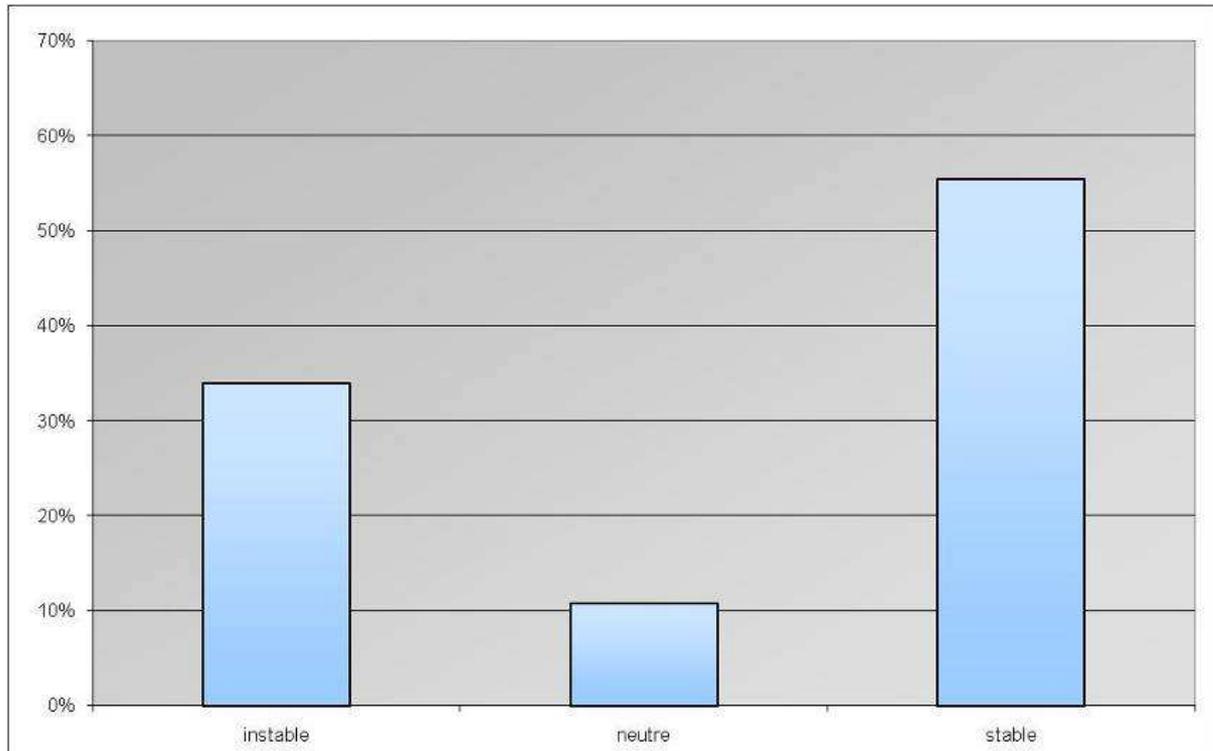
Nous remarquons sur la période de trois ans, que les vents faibles d'une vitesse comprise entre 0 et 1.5 m/s (généralement responsables des concentrations les plus fortes à proximité du site) représentent environ 50 % des vents totaux de la région.

Il est à noter ici que les vents dont la vitesse était inférieure à 0,80 m/s, n'étant pas pris en compte par le modèle représentaient 27 % de la totalité des vents sur cette période. Ils ont été réaffectés à une vitesse de 0,80 m/s selon toutes les directions de vent. De plus, il est à préciser qu'une part infime (0.5%) de la totalité des vents sur cette période n'a pu être mesurée du fait de dysfonctionnements techniques de la station.

Enfin, le graphe ci-dessous donne une indication de la stabilité atmosphérique au cours des 3 années prises en compte ; cette information a été déduite du calcul de la hauteur de la couche limite atmosphérique (h) et de la longueur de Monin-Obukhov ( $L_{MO}$ ) selon les critères suivants :

- Stable :  $h/L_{MO} \geq 1$  ;
- Neutre :  $-0,3 \leq h/L_{MO} < 1$  ;
- Instable :  $h/L_{MO} < -0,3$ .

**Figure 15 : Répartition des classes de stabilité de l'atmosphère**



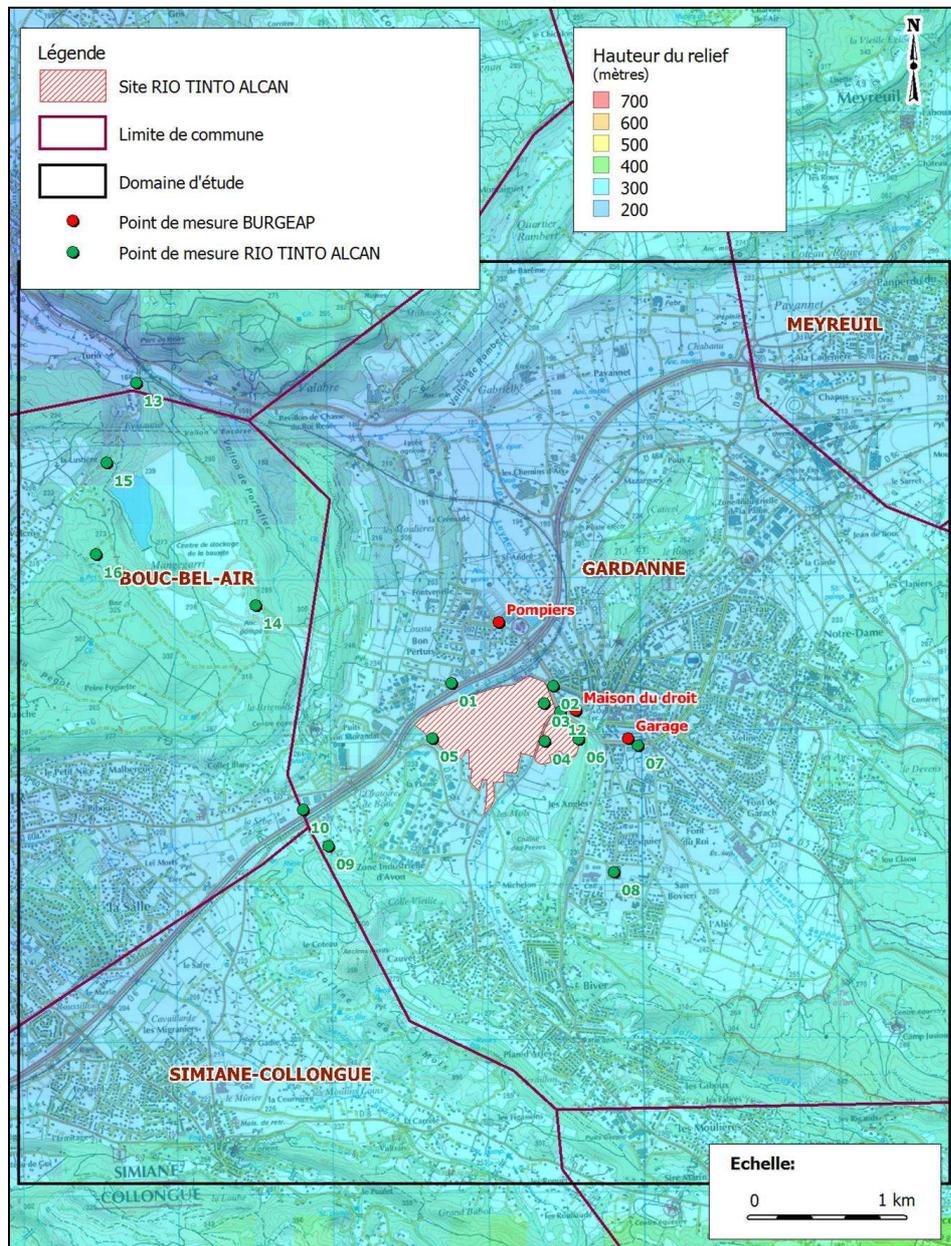
L'examen de la figure précédente montre que :

- les conditions de dispersion les plus fréquentes correspondent à une classe de stabilité stable environ 55 % du temps ; ce qui représente des conditions peu dispersives et généralement responsables des zones et des distances d'impact les plus importantes.
- les conditions neutres sont les moins représentées avec seulement 11 % de présence dans cette zone.
- les conditions de dispersion correspondant à une instabilité de l'atmosphère sont moins nombreuses et sont présentes environ 34 % du temps. Ces conditions sont alors très dispersives et correspondent généralement à des zones d'impact plus restreintes. Toutefois, elles peuvent occasionner des concentrations environnementales importantes sur des zones très limitées, souvent situées à proximité immédiate de la source d'émission (généralement à l'intérieur des limites de propriété du site).

### 5.3.4 Prise en compte du relief

Comme le montre la figure suivante, la variation d'altitude à proximité du site ne nécessite pas de prendre en compte ce paramètre dans la modélisation.

**Figure 16 : Représentation du relief à proximité du site**

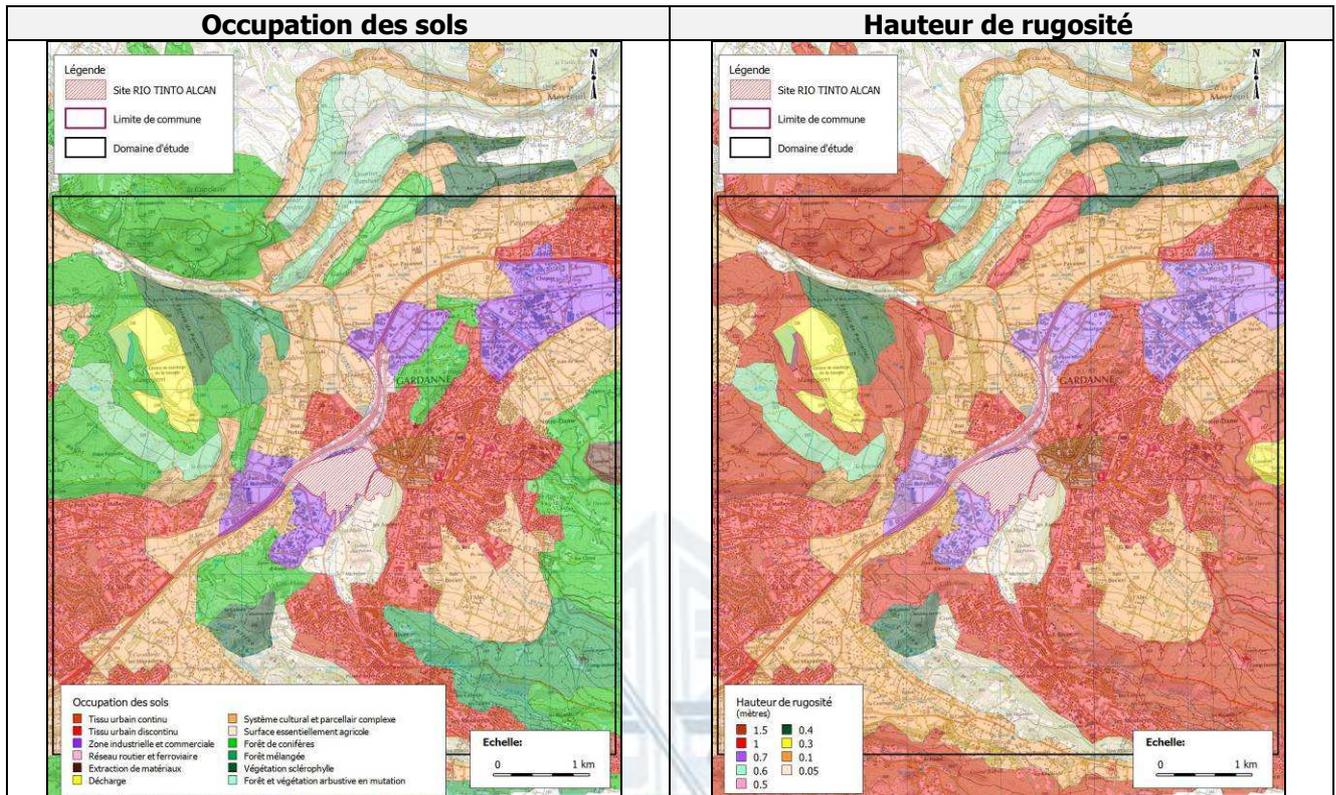


### 5.3.5 Prise en compte de l'occupation des sols

A partir des données d'occupation des sols fournies par l'IFEN (CORINE Land Cover 2006, réalisée à partir d'images satellitaires de l'année 2006), il peut être théoriquement affecté une rugosité propre à chaque point de la maille prise en compte. Les cartes suivantes proposent une représentation de l'occupation des sols autour du site étudié et les valeurs de hauteur de rugosité associées.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 53 |

**Figure 17 : Occupation des sols et hauteur de rugosité sur le domaine d'étude**



**Tableau 25 : Correspondance occupation des sols / hauteur de rugosité**

| Code | Définition                                | Hauteur de rugosité associée (m) |
|------|---|----------------------------------|
| 111  | Tissu urbain continu                      | 1.5                              |
| 112  | Tissu urbain discontinu                   | 1                                |
| 121  | Zone industrielle et commerciale          | 0.7                              |
| 122  | Réseau routier et ferroviaire             | 0.5                              |
| 131  | Extraction de matériaux                   | 0.3                              |
| 132  | Décharge                                  | 0.3                              |
| 242  | Système cultural et parcellaire complexe  | 0.1                              |
| 243  | Surface essentiellement agricole          | 0.05                             |
| 312  | Forêt de conifères                        | 1                                |
| 313  | Forêt mélangée                            | 1                                |
| 323  | Végétation sclérophylle                   | 0.4                              |
| 324  | Forêt et végétation arbustive en mutation | 0.6                              |

Il apparaît, au vu de cette carte, que l'occupation des sols sur le domaine d'étude est très variable. Ceci justifie la prise en compte d'une hauteur de rugosité (paramètre utilisé dans la modélisation issu de l'occupation des sols) variable sur le domaine d'étude, les valeurs associées pouvant aller de 1.5 (tissu urbain continu) à 0.05 (surface agricole).

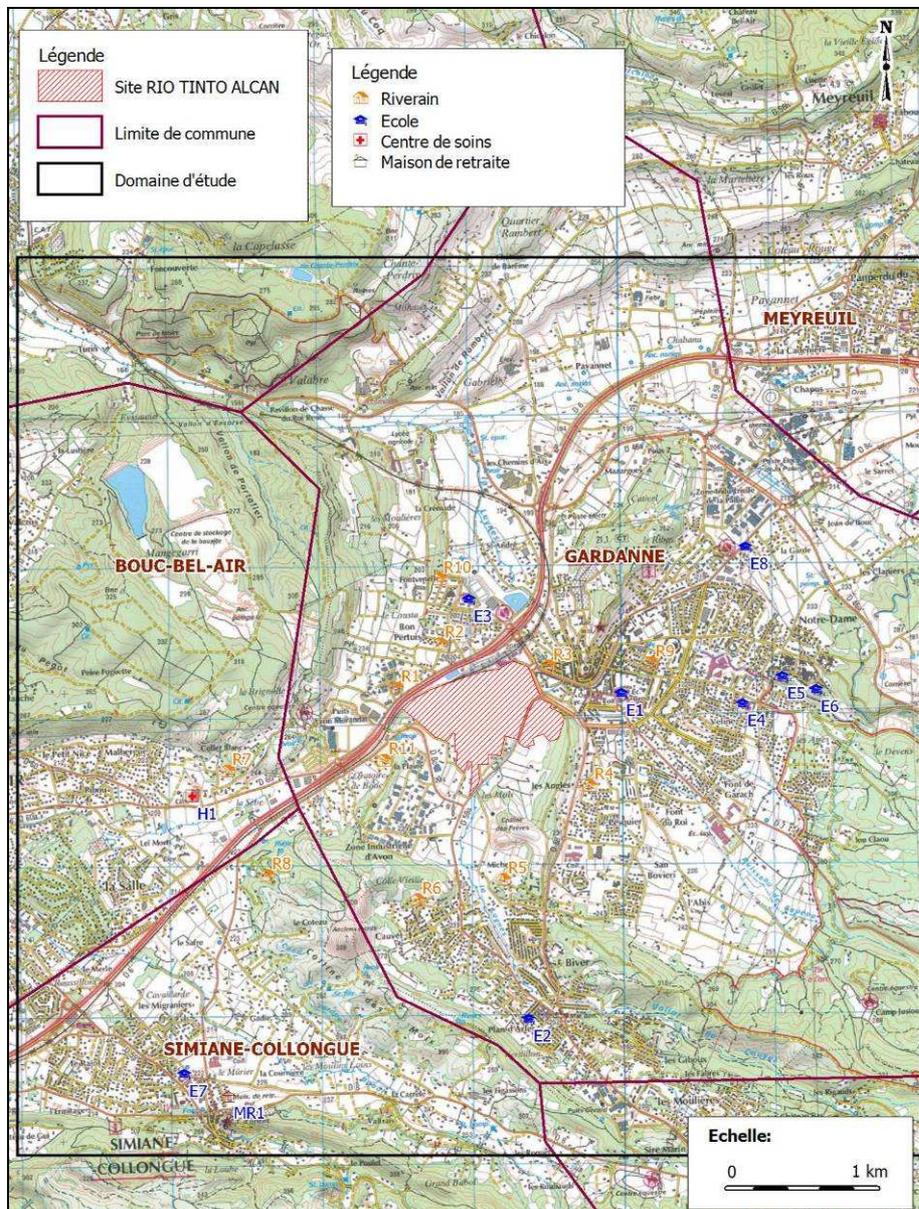
### 5.3.6 Prise en compte des bâtiments

Au vu de la hauteur et de la forme des rejets des sources canalisées présentes sur le site, les bâtiments ne seront pas pris en compte dans la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants du site RIO TINTO ALCAN.

### 5.3.7 Récepteurs choisis

Nous avons intégré dans le modèle de dispersion des points spécifiques appelés « récepteurs » à l'emplacement des populations riveraines considérées comme les plus impactées. Ces points spécifiques correspondent à des zones où se trouvent les populations résidentielles ou les populations sensibles et où les concentrations en polluant estimées par la modélisation sont attendues être les plus élevées.

**Figure 18 : Récepteurs pris en compte dans la modélisation**



|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 55 |

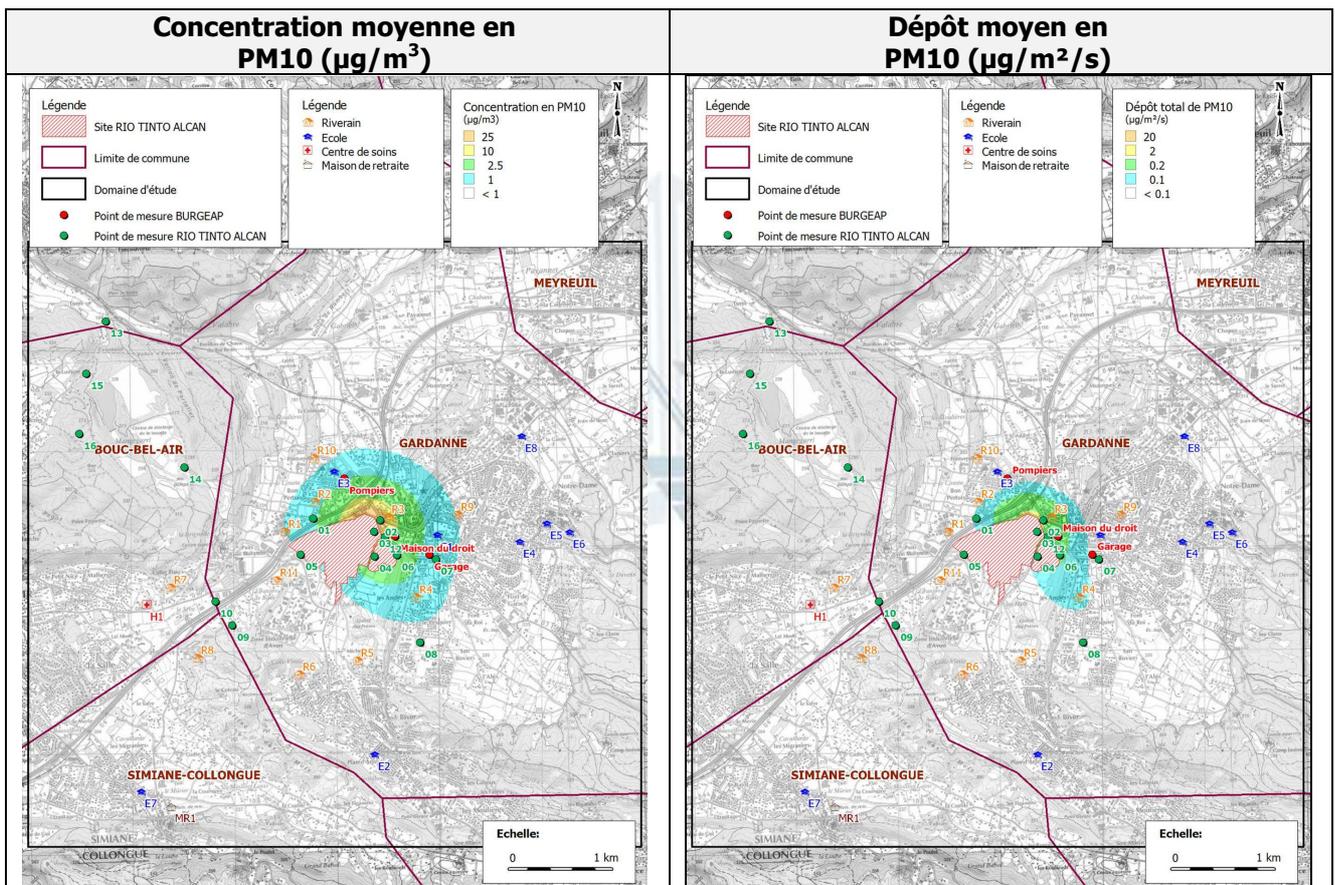
### 5.3.8 Résultats de la modélisation

#### 5.3.8.1 Concentrations et dépôts moyens modélisés

Il a été réalisé, à l'aide du logiciel ADMS 4.2, la modélisation de la dispersion atmosphérique des substances potentiellement émises par le site.

Les cartes ci-dessous présentent les concentrations et les dépôts en PM10.

**Figure 19: Concentration et dépôt moyen en PM10**



*Pour une meilleure visibilité, ces cartes sont reprises en annexe 8.*

*Les résultats des concentrations moyennes ainsi que des dépôts moyens modélisés au niveau des récepteurs sont présentés en annexe 5.*

#### 5.3.8.2 Comparaison aux valeurs guides

Conformément à la circulaire « DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risques sanitaires dans le cadre des études d'impact », nous ne pouvons effectuer un calcul d'indice de risque pour les substances possédant des valeurs guides. Ces valeurs, bien que reposant sur des critères sanitaires sont considérées comme des valeurs de gestion, et ne constituent pas, stricto sensu, des valeurs toxicologiques de référence. Par conséquent pour ces substances, seule une comparaison entre les concentrations environnementales et la valeur guide est possible.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 56 |

**Tableau 26: Comparaison aux valeurs guides**

| Polluants       | Concentration modélisée au récepteur le plus impacté | Valeur Guide ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Récepteur le plus impacté |
|-----------------|--|---|---------------------------|
| NO <sub>x</sub> | 8.84   | 40  | R4                        |
| SO <sub>2</sub> | 0.96   | 50  | R4                        |
| PM2.5           | 19.62  | 10  | R3                        |
| PM10            | 21.34  | 25  | R3                        |
| Plomb           | 4.16E-05   | 0.5                                       | R4                        |

Les concentrations environnementales observées pour les NO<sub>x</sub>, le SO<sub>2</sub> et le plomb au niveau des récepteurs sont inférieures aux valeurs guides de l'OMS.

Il est toutefois à noter que les niveaux de concentrations modélisés tiennent compte uniquement des rejets du site RIO TINTO ALCAN et ne représentent pas l'exposition réelle globale de la population.

En revanche, en ce qui concerne les PM2.5 au niveau du point 3 (à proximité immédiate du stockage de bauxite), les concentrations moyennes annuelles modélisées sont supérieures aux valeurs guides proposées. **Nous rappelons cependant ici que les émissions de poussières de cette source diffuse ont été calculées à partir de dépôts de poussières totales qui, dans une optique majorante, ont été assimilées en totalité à des PM10.**

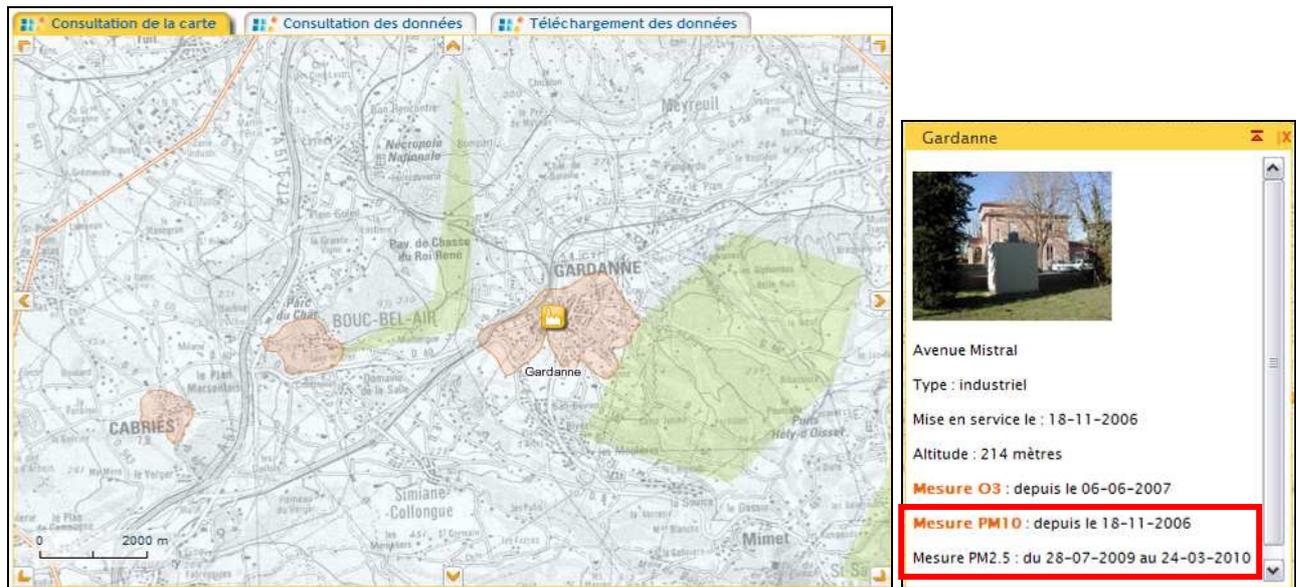
**Les concentrations en poussières (PM10 et PM2.5) sont ainsi majorées.**

### 5.3.8.3 Le réseau de la qualité de l'air

Les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) tel qu'ATMO PACA sont des associations à but non lucratif (loi 1901) constituées de 4 Collèges : des représentants de l'Etat, des collectivités locales, des industriels et des représentants d'associations de consommateurs et de défense de l'environnement et des professionnels de santé. Les missions d'ATMO PACA sont d'assurer le suivi de la pollution, d'informer, de prévoir les épisodes de pollution et participer à l'effort de recherche, notamment en vue de caractériser les relations pollution-santé.

ATMO PACA est chargé de surveiller la qualité de l'air de l'ensemble de la région Provence Alpes Côte d'Azur. Il dispose ainsi de moyens techniques adaptés à la taille du réseau de surveillance.

**Figure 20: Localisation des stations d'ATMO PACA**



Source : [http://www.atmopaca.org/mesures\\_carte.php](http://www.atmopaca.org/mesures_carte.php)

Une station de mesure à proximité de l'usine RIO TINTO ALCAN est ainsi présente. Elle mesure les PM10 en continu et propose des résultats sur les PM2.5 lors d'une campagne ponctuelle de mesures. Les tableaux suivants présentent les résultats des concentrations en poussières obtenues en ce point de mesure :

**Tableau 27 : Résultats des mesures ATMO-PACA**

| Concentration dans l'air en PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |              |              |                   |                             | Concentration dans l'air en PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|---|--------------|--------------|-------------------|-----------------------------|--|
| Moyenne 2008  | Moyenne 2009 | Moyenne 2010 | Moyenne 2008-2010 | Moyenne 28/07/09 – 24/03/10 | Moyenne 28/07/09 – 24/03/10                                    |
| 37.11   | 36.22        | 35.08        | 36.14             | 32.30                       | 23.71  |

Il apparaît tout d'abord que le ratio PM10/PM2.5, déterminé par ATMO PACA, est de **0.734**. Cette valeur confirme les mesures réalisées par BURGEAP lors de sa campagne de mesures (voir paragraphe 3.3.1.).

### 5.3.9 Quantification des expositions

#### 5.3.9.1 Quantification des expositions par inhalation

Les doses d'exposition ou quantités administrées représentent les quantités de polluant mises en contact des surfaces d'échange que sont les parois alvéolaires des poumons pour les polluants gazeux et à travers lesquels les polluants peuvent éventuellement pénétrer.

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par la formule suivante :

$$CI = \left( \sum (C_i \times t_i) \right) F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- CI : concentration moyenne d'exposition
- $C_i$  : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps  $t_i$  (en  $\text{mg}/\text{m}^3$ )
- $t_i$  : fraction du temps d'exposition à la concentration  $C_i$  pendant une journée
- T : durée d'exposition (en années)
- F : fréquence ou taux d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours – sans dimension)
- $T_m$  : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en années)

Les tableaux suivants indiquent les concentrations moyennes d'exposition au niveau du récepteur le plus impacté.

**Tableau 28: Concentrations moyennes d'exposition en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les effets toxiques à seuil au récepteur le plus impacté**

| Polluants      | CI inhalation ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Récepteur le plus impacté |
|----------------|--|---------------------------|
|                | Adulte / Enfant                            |                           |
| As             | 1.57E-05                                   | R4                        |
| Cd             | 1.32E-05                                   | R4                        |
| Co             | 6.70E-05                                   | R1                        |
| Cr III         | 5.81E-05                                   | R4                        |
| Cr VI          | 6.46E-06                                   | R4                        |
| Hg             | 1.94E-05                                   | R4                        |
| Mn             | 4.62E-05                                   | R4                        |
| Ni             | 9.75E-04                                   | R4                        |
| Pb             | 4.16E-05                                   | R4                        |
| Sb             | 5.57E-05                                   | R4                        |
| Benzo(a)pyrène | 9.32E-06                                   | R4                        |
| Acénaphthène   | 4.16E-06                                   | R4                        |
| Naphtalène     | 2.23E-04                                   | R4                        |
| Benzène        | 4.27E-05                                   | R4                        |
| Ethylbenzène   | 1.27E-05                                   | R4                        |
| Formaldéhyde   | 6.60E-03                                   | R4                        |

**Tableau 29: Concentrations moyennes d'exposition en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les effets toxiques sans seuil au récepteur le plus impacté**

| Polluants      | CI inhalation ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |          | Récepteur le plus impacté |
|----------------|--|----------|---------------------------|
|                | Adulte                                     | Enfant   |                           |
| As             | 6.74E-06                                   | 1.35E-06 | R4                        |
| Cd             | 5.64E-06                                   | 1.13E-06 | R4                        |
| Cr VI          | 2.77E-06                                   | 5.53E-07 | R4                        |
| Ni             | 4.18E-04                                   | 8.36E-05 | R4                        |
| Pb             | 1.78E-05                                   | 3.57E-06 | R4                        |
| Benzo(a)pyrène | 3.99E-06                                   | 7.98E-07 | R4                        |
| Acénaphthène   | 1.78E-06                                   | 3.57E-07 | R4                        |
| Naphtalène     | 9.55E-05                                   | 1.91E-05 | R4                        |
| Benzène        | 1.83E-05                                   | 3.66E-06 | R4                        |
| Ethylbenzène   | 5.44E-06                                   | 1.09E-06 | R4                        |
| Formaldéhyde   | 2.83E-03                                   | 5.65E-04 | R4                        |

### 5.3.9.2 Quantification des expositions par ingestion

Pour tenir compte des contaminations induites par les transferts de pollution des milieux atmosphérique vers les autres media, un couplage du modèle de dispersion atmosphérique avec un modèle de transfert multi-compartiments (air – sol – végétaux) a été effectué. Il permet de quantifier les concentrations en polluant dans les différents milieux d'exposition.

Ainsi, pour les polluants particuliers, l'apport par ingestion a été évalué à partir des estimations de dépôts surfaciques et en tenant compte de la consommation de légumes (après utilisation de facteurs de bioconcentration), de matrices animales et de l'ingestion de terre, voie d'exposition importante chez l'enfant.

En ce qui concerne le risque par ingestion, le comportement des enfants étant différent de celui des adultes et étant donné leur plus faible poids corporel, ils sont généralement soumis à une dose journalière d'exposition plus importante que celle d'un adulte, pour un même niveau de concentration environnementale. Ainsi, une dose d'exposition a été calculée respectivement pour les adultes et pour les enfants, à partir de la formule générique suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i * Q_j * T * F}{P * T_m}$$

Avec :

- $DJE_{ij}$  : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j (en mg/kg/j)
- $C_i$  : concentration d'exposition relative au milieu i
- $Q_j$  : taux d'ingestion par la voie j (l/j)
- T : durée d'exposition (années)
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an)
- P : poids corporel de la cible (kg)
- $T_m$  : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée ( $T_m = T$  pour les effets à seuil et  $T_m = 70$  ans pour les effets sans seuil)

Les paramètres pris en compte dans ces calculs sont en annexe 4.

**Tableau 30: Doses moyennes d'exposition en mg/kg/j pour les effets toxiques à seuil pour le récepteur le plus impacté**

| Polluants      | DJE ingestion (mg/kg/j) |          | Récepteur le plus impacté |
|----------------|-------------------------|----------|---------------------------|
|                | Adulte                  | Enfant   |                           |
| Benzo(a)Pyrene | 2.75E-09                | 3.08E-08 | R4                        |
| Acenaphtène    | 2.16E-09                | 1.71E-08 | R4                        |
| Naphtalène     | 1.68E-07                | 1.09E-06 | R4                        |
| Al             | 1.04E-04                | 1.25E-03 | R4                        |
| As             | 4.70E-09                | 5.53E-08 | R1                        |
| Cd             | 6.29E-09                | 5.88E-08 | R1                        |
| Co             | 1.87E-08                | 2.23E-07 | R1                        |
| Cr III         | 1.95E-08                | 2.30E-07 | R1                        |
| Cr VI          | 2.16E-09                | 2.55E-08 | R1                        |
| Hg             | 6.96E-09                | 7.89E-08 | R1                        |
| Mn sol         | 1.25E-08                | 1.50E-07 | R4                        |
| Mn vx          | 3.40E-08                | 1.08E-07 | R4                        |
| Ni             | 2.81E-07                | 3.28E-06 | R4                        |
| Pb             | 1.35E-08                | 1.57E-07 | R1                        |
| Sb             | 1.75E-08                | 1.92E-07 | R4                        |
| V              | 5.80E-07                | 2.87E-06 | R4                        |
| Zn             | 9.92E-07                | 6.86E-06 | R1                        |

**Tableau 31: Doses moyennes d'exposition en mg/kg/j pour les effets toxiques sans seuil pour le récepteur le plus impacté**

| Polluants      | DJE ingestion (mg/kg/j) |          |             | Récepteur le plus impacté |
|----------------|-------------------------|----------|-------------|---------------------------|
|                | Adulte                  | Enfant   | Vie entière |                           |
| Benzo(a)Pyrene | 1.18E-09                | 2.64E-09 | 3.58E-09    | R4                        |
| Acenaphtène    | 9.27E-10                | 1.46E-09 | 2.21E-09    | R4                        |
| Naphtalène     | 7.21E-08                | 9.37E-08 | 1.51E-07    | R4                        |
| As             | 2.01E-09                | 4.74E-09 | 6.36E-09    | R1                        |
| Pb             | 5.80E-09                | 1.34E-08 | 1.81E-08    | R1                        |

## 5.4 Caractérisation des risques

### 5.4.1 Méthodologie de calcul des risques

#### Estimation du risque pour les substances à effet de seuil

On définit un quotient de danger (QD) ou un indice de risque (IR) de la manière suivante :

$$QDi = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

$$QD_{i,ING} = \frac{DJE_{i,ING}}{VTRing}$$

Un QD inférieur à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine, alors qu'un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement. Lorsque le QD est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît donc peu probable.

Conformément à la méthodologie préconisée dans le guide INERIS et par l'OPERSEI<sup>1</sup>, les quotients de danger seront sommés par organes cibles.

Nous utiliserons la grille de lecture suivante :

|                          |                  |              |
|--------------------------|------------------|--------------|
| Quantification du risque | QD < 1           | QD ≥ 1       |
|                          | NON SIGNIFICATIF | SIGNIFICATIF |

#### Estimation du risque pour les substances sans effet de seuil

Pour les effets sans seuil et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

$$ERi = CI \times ERU_i$$

$$ERi_o = DJE (ing^o) \times ERU_o$$

**Les ERI s'expriment sous la forme mathématique suivante 10<sup>-n</sup>. Par exemple, un excès de risque individuel de 10<sup>-5</sup> représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées sur la vie entière.**

**Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable.** Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de 10<sup>-5</sup> (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les Valeurs Guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) [OMS, 1993]. La Circulaire du 8 février 2007 relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, du Ministère chargé de l'environnement, recommande le niveau de risque acceptable, « usuellement [retenu] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10<sup>-5</sup>.

Cependant, selon les recommandations de l'ARS PACA, nous utiliserons la grille de lecture suivante :

|                                     |                        |   |   |                        |
|-------------------------------------|------------------------|---|---|------------------------|
| Quantification du risque individuel | ERI < 10 <sup>-6</sup> | 10 <sup>-6</sup> ≤ ERI < 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-5</sup> ≤ ERI < 10 <sup>-4</sup> | ERI ≥ 10 <sup>-4</sup> |
|                                     | NEGLIGEABLE            | FAIBLE MAIS NON NEGLIGEABLE               | IMPORTANT                                 | TRES IMPORTANT         |

<sup>1</sup> OPERSEI : Observatoire de pratiques des évaluations de risque sanitaire des études d'impact

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, l'US-EPA recommande de faire la somme des excès de tous les excès de risque individuels (ERI) quels que soient le type de cancer et l'organe touché, de manière à apprécier le risque cancérigène global qui pèse sur la population exposée.

#### 5.4.2 Caractérisation des risques pour les effets à seuil – inhalation

Les organes cibles critiques pour les effets toxiques à seuil sont récapitulés dans le tableau suivant.

**Tableau 32: Synthèse des organes cibles critiques – inhalation**

| Organes cibles       | Substances                                      |
|----------------------|---|
| Système respiratoire | As, Co, Cr VI, Ni, Sb, Naphtalène, Formaldéhyde |
| Effets reprotoxiques | Ethylbenzène                                    |
| Système nerveux      | Hg, Mn  |
| Système hépatique    | Cr III  |
| Système rénal        | Cd  |
| Système immunitaire  | Benzène   |

Le tableau suivant présente les résultats liés à la caractérisation des risques par inhalation, pour les effets à seuil, et le récepteur le plus impacté. Les résultats pour l'ensemble des récepteurs sont reportés en annexe 6.

**Tableau 33: Quotients de danger pour les effets non cancérigènes au récepteur le plus impacté – Exposition par inhalation**

| Polluants               | VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | QDi             | Récepteur le plus impacté |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------|
|                         |                                  | Adulte / Enfant |                           |
| As                      | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| Cd                      | 0.02                             | < 0.01          | R4                        |
| Co                      | 0.1                              | < 0.01          | R1                        |
| Cr III                  | 60                               | < 0.01          | R4                        |
| Cr VI                   | 0.1                              | < 0.01          | R4                        |
| Hg                      | 0.3                              | < 0.01          | R4                        |
| Mn                      | 0.05                             | < 0.01          | R4                        |
| Ni                      | 0.09                             | 0.01            | R4                        |
| Sb                      | 0.2                              | < 0.01          | R4                        |
| Naphtalène              | 3                                | < 0.01          | R4                        |
| Benzène                 | 30                               | < 0.01          | R4                        |
| Ethylbenzène            | 1000                             | < 0.01          | R4                        |
| Formaldéhyde            | 10                               | < 0.01          | R4                        |
|                         | <b>Valeur Repère</b>             |                 |                           |
| QD sommé                | 1                                | 0.01            | R4                        |
|                         | <b>Valeur Repère</b>             |                 |                           |
| QD Système respiratoire | 1                                | 0.01            | R4                        |
| QD Effets reprotoxiques | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| QD Système nerveux      | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| QD Système hépatique    | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| QD Système rénal        | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| QD Système immunitaire  | 1                                | < 0.01          | R4                        |

L'examen de ces tableaux montre que le quotient de danger pour les différents polluants pris séparément est inférieur à la valeur repère de 1 (0.01 pour le nickel), au niveau de chaque récepteur, ainsi qu'au niveau du quotient de danger par organe cible.

Hors périmètre du site, le quotient de danger maximum pour le système respiratoire est également inférieur à la valeur repère de 1 (0.02).

Dans les conditions d'études retenues, l'ensemble de ces résultats permet d'écartier avec une certaine marge de sécurité la survenue d'effets toxiques à seuil par inhalation liés aux rejets atmosphériques induits par le site de RIO TINTO ALCAN.

**Par conséquent, le risque sanitaire chronique lié à l'inhalation de polluants potentiellement émis par le site est non significatif pour les effets à seuil pour une exposition par inhalation.**

La carte représentant le quotient de danger relatif au système respiratoire est représentée en annexe 8.

### 5.4.3 Caractérisation des risques pour les effets sans seuil – inhalation

**Tableau 34 : Excès de risque individuel par inhalation pour le récepteur le plus impacté**

| Polluants      | VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup> | ERI inhalation |                | Récepteur le plus impacté |
|----------------|--|----------------|----------------|---------------------------|
|                |  | Adulte         | Enfant         |                           |
| As             | 4.30E-03                                       | 2.90E-08       | 5.80E-09       | R4                        |
| Cd             | 1.80E-03                                       | 1.01E-08       | 2.03E-09       | R4                        |
| Cr VI          | 1.20E-02                                       | 3.32E-08       | 6.64E-09       | R4                        |
| Ni             | 3.80E-04                                       | 1.59E-07       | 3.18E-08       | R4                        |
| Pb             | 1.20E-05                                       | 2.14E-10       | 4.28E-11       | R4                        |
| Benzo(a)pyrène | 8.70E-02                                       | 3.47E-07       | 6.95E-08       | R4                        |
| Acénaphène     | 8.70E-05                                       | 1.55E-10       | 3.10E-11       | R4                        |
| Naphtalène     | 3.40E-05                                       | 3.25E-09       | 6.49E-10       | R4                        |
| Benzène        | 7.80E-06                                       | 1.43E-10       | 2.85E-11       | R4                        |
| Ethylbenzène   | 2.50E-06                                       | 1.36E-11       | 2.72E-12       | R4                        |
| Formaldéhyde   | 1.30E-05                                       | 3.68E-08       | 7.35E-09       | R4                        |
|                | <b>Valeur Repère</b>                           |                |                |                           |
| ERiI sommé     | <b>10<sup>-4</sup> - 10<sup>-6</sup></b>       | <b>6.2E-07</b> | <b>1.2E-07</b> | R4                        |

L'examen de ce tableau montre que l'excès de risque individuel sommé pour le récepteur le plus impacté (R4) est inférieur à la valeur repère de 10<sup>-5</sup>.

Dans le domaine d'étude et hors périmètre du site, l'excès de risque individuel au point d'impact maximum est de l'ordre de 1.10<sup>-6</sup>, soit 10 fois inférieur à la valeur repère de 10<sup>-5</sup>.

**Par conséquent, le risque sanitaire chronique lié à l'inhalation de polluants potentiellement émis par le site est non significatif pour les effets sans seuil pour une exposition par inhalation.**

La carte représentant l'excès de risque individuel sommé pour une exposition par inhalation est présentée en annexe 8.

### 5.4.4 Caractérisation des risques pour les effets à seuil – ingestion de sol, de végétaux

Le risque sanitaire chronique par ingestion dépend, comme vu précédemment, de 2 voies d'exposition :

- Une exposition par ingestion de sol impacté par les retombées atmosphériques des émissions du site,
- Une exposition par ingestion de végétaux, impactés par transfert de la pollution du sol,

Les organes cibles critiques pour les effets toxiques à seuil sont récapitulés dans le tableau suivant.

**Tableau 35: Synthèse des organes cibles critiques – ingestion**

| Organes cibles              | Substances             |
|-----------------------------|------------------------|
| Système cutané              | As                     |
| Système rénal               | Cd, Hg, Ni             |
| Système respiratoire        | Cr VI, Sb              |
| Système nerveux             | Al, Mn sol, Mn vx      |
| Système sanguin             | Naphtalène, Pb, Zn     |
| Effets sur le développement | Pb, V                  |
| Système hépatique           | Acénaphène, Cr III, Sb |
| système cardio-vasculaire   | Co                     |

Le tableau suivant présente les résultats liés à la caractérisation des risques par ingestion, pour les effets à seuil, et le récepteur le plus impacté. Les résultats pour l'ensemble des récepteurs sont reportés en annexe 7.

**Tableau 36: Quotients de danger– Exposition globale par ingestion au récepteur le plus impacté**

| Polluants                      | VTR (mg/kg)          | QDo    |        | Récepteur le plus impacté |
|--------------------------------|----------------------|--------|--------|---------------------------|
|                                |                      | Adulte | Enfant |                           |
| Acénaphène                     | 0.06                 | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Naphtalène                     | 0.02                 | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Al                             | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| As                             | 0.0003               | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Cd                             | 0.001                | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Co                             | 0.0014               | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Cr III                         | 1.5                  | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Cr VI                          | 0.003                | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Hg                             | 0.0003               | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Mn sol                         | 0.046                | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Mn vx                          | 0.14                 | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Ni                             | 0.02                 | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Pb                             | 0.0035               | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Sb                             | 0.0004               | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| V                              | 0.009                | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Zn                             | 0.3                  | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
|                                | <b>Valeur Repère</b> |        |        |                           |
| QD sommé                       | 1                    | < 0.01 | < 0.01 |                           |
|                                | <b>Valeur Repère</b> |        |        |                           |
| QD Système cutané              | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| QD Système rénal               | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| QD Système respiratoire        | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD Système nerveux             | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD Système sanguin             | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD Effets sur le développement | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD Système hépatique           | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD système cardio-vasculaire   | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |

Le risque chronique pour les effets à seuil par ingestion (sol et végétaux) lié aux émissions atmosphériques du site est non significatif ; les valeurs étant inférieures à la valeur repère de 1 (0,001 pour le système nerveux chez l'enfant). Dans les conditions d'études retenues, l'ensemble de ces résultats permet d'écarter avec une certaine marge de sécurité la survenue d'effets toxiques à seuil par ingestion liés aux rejets atmosphériques induits par le site de RIO TINTO ALCAN.

**Par conséquent, le risque sanitaire chronique lié à l'ingestion de polluants particuliers potentiellement émis par le site est non significatif pour les effets à seuil pour une exposition par ingestion.**

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 65 |

#### 5.4.5 Caractérisation des risques pour les effets sans seuil – ingestion de sols et de végétaux

**Tableau 37 : Excès de risque individuel par ingestion pour le récepteur le plus impacté**

| Polluants      | VTR (mg/kg/j) <sup>-1</sup>              | ERI ingestion  |                |                | Récepteur le plus impacté |
|----------------|--|----------------|----------------|----------------|---------------------------|
|                |  | Adulte         | Enfant         | Vie entière    |                           |
| Benzo(a)Pyrene | 7.30E+00                                 | 8.60E-09       | 1.93E-08       | 2.61E-08       | R4                        |
| Acenaphtène    | 7.30E-03                                 | 6.77E-12       | 1.07E-11       | 1.61E-11       | R4                        |
| Naphtalène     | 7.30E-03                                 | 5.26E-10       | 6.84E-10       | 1.11E-09       | R4                        |
| As             | 1.50E+00                                 | 3.02E-09       | 7.11E-09       | 9.53E-09       | R1                        |
| Pb             | 8.50E-03                                 | 4.93E-11       | 1.14E-10       | 1.54E-10       | R1                        |
|                | <b>Valeur Repère</b>                     |                |                |                |                           |
| ERIi sommé     | <b>10<sup>-4</sup> - 10<sup>-6</sup></b> | <b>1,2E-08</b> | <b>2,7E-08</b> | <b>3,6E-08</b> | R4                        |

L'examen de ce tableau montre que l'excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté (R4) est inférieur à la valeur repère de 10<sup>-5</sup>.

**Par conséquent, le risque sanitaire chronique lié à l'ingestion de polluants potentiellement émis par le site est non significatif pour les effets sans seuil pour une exposition par ingestion.**

#### 5.4.6 Caractérisation des risques pour les effets sans seuil – toutes voies d'exposition

Le tableau ci-dessous présente les résultats des calculs d'excès de risque individuel sommé pour toutes les voies d'exposition et présente ainsi un excès de risque individuel global lié aux émissions atmosphériques du site.

**Tableau 38 : Excès de risque individuel global au récepteur le plus impacté – toutes voies d'exposition (R4)**

| Polluants                                 | Valeur Repère                            | ERI            |                |                 |
|---|--|----------------|----------------|-----------------|
|   |  | Adulte         | Enfant         | Vie entière     |
| ERI sommé inhalation                      | 10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-6</sup>      | 6.19E-07       | 1.24E-07       | 6.19E-07        |
| ERI sommé ingestion de sol et de végétaux | 10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-6</sup>      | 1.19E-08       | 2.65E-08       | 3.59E-08        |
|   | <b>Valeur Repère</b>                     |                |                |                 |
| ERI global sommé                          | <b>10<sup>-4</sup> - 10<sup>-6</sup></b> | <b>6.3E-07</b> | <b>1.5E-07</b> | <b>6.65E-07</b> |

Par conséquent, le risque sanitaire chronique lié à l'inhalation et l'ingestion de polluants potentiellement émis par le site est non significatif pour les effets sans seuil, ces valeurs étant inférieures à la valeur repère de 10<sup>-5</sup>.

## 5.5 Analyse des incertitudes

Les incertitudes sont principalement au nombre de 7 :

- L'estimation des flux,
- Le choix des polluants représentatifs d'une famille,
- Les valeurs toxicologiques de référence,
- Le temps d'exposition,
- La représentativité de la station Météo France,
- La modélisation atmosphérique,
- La non prise en compte du bruit de fond.

### 5.5.1 L'estimation des flux

Les flux de polluant pris en compte dans cette étude sont issus de plusieurs méthodes de calcul :

- En ce qui concerne les émissions de poussières issues du stockage de bauxite, elles ont été déterminées par rétro-modélisation à partir de mesures de dépôts totaux sur des plaquettes de dépôt. Les émissions de poussières (PM10 et PM2.5) issues de cette source sont ainsi majorées, ayant considéré que toutes les poussières présentes sur les plaquettes de dépôt étant issues du stockage de bauxite.
- En ce qui concerne les émissions de fer et d'aluminium issues du stockage de bauxite (principaux composants de cette roche), elles ont été déterminées par rétro-modélisation à partir des mesures réalisées par BURGEAP dans l'environnement du site. Les émissions de fer et d'aluminium issues de cette source peuvent ainsi être considérées comme majorées, d'autres sources d'émission pouvant être présentes à proximité des appareils de mesures.
- Et ce qui concerne les émissions canalisées, les flux de polluants sont issus de campagnes de mesures ponctuelles, du suivi en continu, d'anciennes études (DDAE) et de la littérature (afin de permettre une affectation par métal et par COV). Ces données sont ainsi considérées comme représentatives des émissions du site. Au vu des niveaux de risque calculés, ces hypothèses ne sont pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude.

Les caractéristiques physiques des sources canalisées (températures de rejet, vitesses, ...) ont été fournies par RIO TINTO ALCAN, et sont représentatives des conditions normales d'émission. En revanche, pour la prise en compte du stockage de bauxite, un volume maximal de stockage a été considéré, pouvant ainsi majorer les concentrations à proximité immédiate (dont le point 3, ce qui se rajoute à la majoration des émissions – voir paragraphe 4.3.8.2).

### 5.5.2 Le choix de polluants représentatifs d'une famille

Le benzo(a)pyrène a été choisi, dans une optique majorante, comme polluant représentatif des émissions de HAP totaux. Or, il apparaît, d'après les mesures fournies, que le benzo(a)pyrène représente, comme le montre le tableau suivant une part faible des HAP totaux :

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 67 |

Tableau 39 : Mesures de HAP réalisées par SOCOTEC

| Résultats                                     | masse de chaque HAP<br>recueillie ( $\mu\text{g}$ ) | concentration de chaque HAP ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ) |                               | flux horaire de HAP<br>( $\text{mg}/\text{h}$ ) |
|---|---|---|-------------------------------|---|
|   |   | sur sec   | sur sec à O <sub>2</sub> réf. |   |
| benzo(a)anthracène                            | < 0,014   | < 0,0   | < 0,0                         | 0,8   |
| benzo(k)fluoranthène                          | < 0,012   | < 0,0   | < 0,0                         | 0,7   |
| benzo(b)fluoranthène                          | < 0,013   | < 0,0   | < 0,0                         | 0,8   |
| benzo(a)pyrène                                | < 0,014   | < 0,0   | < 0,0                         | 0,8   |
| dibenzo(a,h)anthracène                        | < 0,01  | < 0,0   | < 0,0                         | 0,6   |
| benzo(g,h,i)pérylène                          | < 0,011   | < 0,0   | < 0,0                         | 0,6   |
| indéno(1,2,3-c,d)pyrène                       | < 0,011   | < 0,0   | < 0,0                         | 0,6   |
| fluoranthène                                  | 0,837   | 0,7   | 0,8                           | 48,6  |
| 2-méthylfluoranthène                          |   | 0,0   |                               | 0,0   |
| pyrène  |   | 0,0   |                               | 0,0   |
| chrysène                                      |   | 0,0   |                               | 0,0   |
| <b>incertitude sur les masses recueillies</b> | <b>total HAP lourds</b>                             | <b>total HAP légers</b>                                   | <b>HAP - Norme X43-329</b>    | <b>HAP totaux</b>                               |
| incertitude élargie en %                      | 15,0  | 15,0  | 15,0                          | 15,0  |
| incertitude élargie en $\mu\text{g}$          | 1,4E-01   | 0,0E+00   | 1,4E-01                       | 1,4E-01   |

Référence : N° d'intervention : 08/65232 – N° de dossier : S254555 – N° chrono : G13X1/08/618

Ainsi, il apparaît que le principal HAP issu des chaudières RIO TINTO ALCAN soit le fluoranthène (plus de 90% des émissions), le benzo(a)pyrène représentant au maximum **1%** des émissions de HAP. Ceci montre que le risque calculé associé au benzo(a)pyrène est fortement majoré.

### 5.5.3 Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs toxicologiques de référence comportent structurellement des sources d'incertitudes prises en compte dans l'élaboration même des valeurs. **Il est habituellement admis que les valeurs proposées par les organismes compétents sont, dans l'état actuel des connaissances, précautionneuses.**

La circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risques sanitaires dans le cadre des études d'impact a été prise en compte pour la sélection des VTR. Un choix essentiellement basé sur des critères toxicologiques aurait pu conduire à des choix différents.

#### 5.5.3.1 Exposition par inhalation

##### **Benzène**

La VTR recommandée par BURGEAP pour la caractérisation du risque chronique non cancérigène par inhalation est de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , il s'agit de la valeur la plus précautionneuse établie par l'ATSDR (2007), fondée sur des données sur l'homme récentes (2004). Elle concerne par ailleurs l'organe critique reconnu par l'ensemble des organismes (système sanguin). On notera enfin que l'AFSSET s'est basé sur cette VTR pour établir sa valeur guide VGAI pour les effets chroniques hors cancer.

##### **Mercure**

La VTR chronique conseillée pour les effets toxiques non cancérigènes du mercure par inhalation (élémentaire sous forme de vapeurs et inorganique sous forme de poussières) est celle établie par l'ATSDR à  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur est jugée suffisante pour protéger le sous groupe le plus sensible (fœtus et enfants), elle est légèrement plus faible que celle établie par l'US-EPA avec un degré de confiance moyen ; quant à la valeur plus élevée préconisée par l'OMS, elle ne semble pas couvrir l'ensemble des effets toxiques du mercure.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 68 |

**Arsenic**

La VTR conseillée par BURGEAP pour les effets cancérigènes par inhalation des formes inorganiques de l'arsenic est celle proposée par l'OMS, soit un ERUi de  $1,5 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ , ce choix est réalisé compte tenu du nombre plus important d'études intégrées à l'élaboration de cette VTR.

**Chrome VI**

La VTR chronique conseillée par BURGEAP pour les effets toxiques cancérigènes du chrome VI par inhalation est celle de l'OMS datant de 2000 qui est de  $4 \cdot 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ . Cette valeur a été établie à partir de plusieurs études épidémiologiques (Hayes *et al.*, 1979 ; Langard, 1980 ; Langard *et al.*, 1990), dont certaines assez récentes complètent celle retenue par l'US EPA. Dans ces études l'effet retenu est la survenue de cancer pulmonaire, l'OMS a retenu la moyenne géométrique des ERUi de ces études.

**HAP (benzo(a)pyrène – acénaphène – naphthalène)**

Le choix des valeurs toxicologiques de référence a été réalisé conformément à la position de l'INERIS<sup>1</sup> qui est reprise ci-après.

Pour une exposition par inhalation à un mélange de HAPs, l'INERIS conseille de prendre en compte le seul Excès de Risque Unitaire (ERUi) spécifique du benzo[a]pyrène, soit l'ERUi de  $1,1 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  proposé par l'OEHHA et de lui appliquer les FET. On notera cependant que cet ERUi a été établi à partir d'étude sur les animaux et est relatif au seul cancer du poumon (à la différence de l'ERUi de l'OMS établi à partir de données humaines pour plusieurs types de cancer). Par ailleurs, la valeur de l'OMS, non retenue, correspond à la valeur guide pour l'air en Europe (Air quality guidelines for Europe, OMS, 2000).

Dans le cas où le mélange de HAPs est similaire au profil à celui de l'étude critique retenue par l'OMS, il est plus approprié de retenir, sans application des FET, la valeur de  $8,7 \cdot 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  proposée par l'OMS (Le benzo[a]pyrène est alors considéré comme un indicateur d'un mélange de HAPs issu de cokeries). Cependant, ce cas est rarement rencontré en raison de la forte variabilité de la composition des mélanges en HAPs, même issus d'émissions de cokeries.

Pour certains mélanges particuliers tels les gaz d'échappement d'essence et de Diesel, les goudrons des toitures, les fumées de charbon et les fumées de bois, des potentiels cancérigènes exprimés en fonction du potentiel établi pour les émissions de fours à coke (OMS, 2000) sont à prendre en compte. Ces potentiels sont présentés dans le rapport INERIS.

**TEF choisis et VTR associées**

L'INERIS propose d'utiliser les TEF établis par Nisbet et LaGoy en 1992 en attribuant au dibenzo[a,h]anthracène un facteur de 1 au lieu de 5. Ces TEF sont considérés comme valables aussi bien pour la voie orale que la voie inhalation.

Les valeurs toxicologiques ainsi retenues sont présentées dans le tableau suivant. Les HAP pour lesquels les valeurs sont grisées sont discutés ci-après.

| Polluant       | TEF retenus | ERUi<br>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup> |
|----------------|-------------|--|
| Naphtalène     | 0.001       | 1.10E-06   |
| Acénaphène     | 0.001       | 1.10E-06   |
| Benzo(a)pyrène | 1           | 1.10E-03   |

Pour un certain nombre de HAP (acénaphène, acénaphylène, fluorène, fluoranthène, phénanthrène, anthracène, pyrène et benzo(g,h,i)pérylène), malgré l'absence de preuve sur leurs effets éventuellement cancérigènes (et les classements sur leur cancérogénicité associés), la position de l'INERIS suivie par BURGEAP de prendre en compte des TEF et des valeurs toxicologiques par voie orale, inhalation ou cutanée est fortement discutable et présente des incertitudes qu'il conviendra de souligner si nécessaire dans l'évaluation du risque sanitaire.

<sup>1</sup> INERIS. « Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) Evaluation de la relation dose réponse pour des effets cancérigènes : Approche substance par substance : FET) et approche par mélange. » Rapport final, 18 décembre 2003.

Pour le cas particulier du naphthalène, l'application des recommandations de l'INERIS n'est pas conforme à ce que l'on sait de la cancérogénicité du naphthalène (différente de celle des autres HAP) et de son caractère non génotoxique. Cependant, en l'absence de valeur de référence validée pour cette substance, afin de ne pas sous-estimer le risque cancérigène, les ERUi présentés dans le tableau ci-dessus sont retenus. Cette approche fortement discutable devra être discutée dans les incertitudes de l'évaluation du risque sanitaire compte tenu en particulier du caractère volatil du naphthalène par rapport aux autres HAP considérés.

On notera en particulier pour le naphthalène, que l'ERUi calculé à partir du TEF retenu par l'INERIS, de  $1,1 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  est moins pénalisant (d'un facteur 30) que la valeur proposée par l'OEHA sur laquelle aucune information n'est disponible.

### **Conclusions**

Les tableaux suivants présentent les résultats des calculs de risque au niveau des récepteurs les plus impactés si l'on prend en compte les valeurs toxicologiques conseillées par BURGEAP.

**Tableau 40: Quotients de danger pour les effets non cancérigènes au récepteur le plus impacté – Exposition par inhalation (choix BGP)**

| Polluants               | VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | QDi             | Récepteur le plus impacté |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------|
|                         |                                  | Adulte / Enfant |                           |
| As                      | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| Cd                      | 0.02                             | < 0.01          | R4                        |
| Co                      | 0.1                              | < 0.01          | R1                        |
| Cr III                  | 60                               | < 0.01          | R4                        |
| Cr VI                   | 0.1                              | < 0.01          | R4                        |
| Hg                      | 0.2                              | < 0.01          | R4                        |
| Mn                      | 0.05                             | < 0.01          | R4                        |
| Ni                      | 0.09                             | 0.01            | R4                        |
| Sb                      | 0.2                              | < 0.01          | R4                        |
| Naphtalène              | 3                                | < 0.01          | R4                        |
| Benzène                 | 10                               | < 0.01          | R4                        |
| Ethylbenzène            | 1000                             | < 0.01          | R4                        |
| Formaldéhyde            | 10                               | < 0.01          | R4                        |
|                         | <b>Valeur Repère</b>             |                 |                           |
| QD sommé                | 1                                | 0.01            | R4                        |
|                         | <b>Valeur Repère</b>             |                 |                           |
| QD Système respiratoire | 1                                | 0.01            | R4                        |
| QD Effets reprotoxiques | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| QD Système nerveux      | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| QD Système hépatique    | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| QD Système rénal        | 1                                | < 0.01          | R4                        |
| QD Système immunitaire  | 1                                | < 0.01          | R4                        |

**Tableau 41 : Excès de risque individuel par inhalation pour le récepteur le plus impacté (choix BGP)**

| Polluants      | VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup> | ERI inhalation |          | Récepteur le plus impacté |
|----------------|--|----------------|----------|---------------------------|
|                |  | Adulte         | Enfant   |                           |
| As             | 1.50E-03                                       | 1.01E-08       | 2.02E-09 | R4                        |
| Cd             | 1.80E-03                                       | 1.01E-08       | 2.03E-09 | R4                        |
| Cr VI          | 4.00E-02                                       | 1.11E-07       | 2.21E-08 | R4                        |
| Ni             | 3.80E-04                                       | 1.59E-07       | 3.18E-08 | R4                        |
| Pb             | 1.20E-05                                       | 2.14E-10       | 4.28E-11 | R4                        |
| Benzo(a)pyrène | 1.10E-03                                       | 4.39E-09       | 8.78E-10 | R4                        |
| Acénaphène     | 1.10E-06                                       | 1.96E-12       | 3.92E-13 | R4                        |
| Naphtalène     | 1.10E-06                                       | 1.05E-10       | 2.10E-11 | R4                        |
| Benzène        | 7.80E-06                                       | 1.43E-10       | 2.85E-11 | R4                        |
| Ethylbenzène   | 2.50E-06                                       | 1.36E-11       | 2.72E-12 | R4                        |
| Formaldéhyde   | 1.30E-05                                       | 3.68E-08       | 7.35E-09 | R4                        |
|                | <b>Valeur Repère</b>                           |                |          |                           |
| ERi sommé      | <b>10<sup>-4</sup> - 10<sup>-6</sup></b>       | 3.31E-07       | 6.63E-08 | R4                        |

**Le choix des VTR selon d'autres critères que le choix de la circulaire de la DGS n'est donc pas de nature à modifier les conclusions de l'étude pour une exposition par inhalation.**

Par ailleurs, les effets de synergies inter polluants qu'ils soient positifs ou négatifs ne peuvent être évalués faute de données suffisantes dans les bases de données toxicologiques consultées.

### 5.5.3.2 Exposition par ingestion

#### Antimoine

La VTR conseillée par BURGEAP pour les effets non cancérigènes par ingestion des formes indistinctes de l'antimoine est celle proposée par l'OMS, soit une DJT de  $6.10^{-3}$  mg/kg/j.

#### Zinc

La VTR chronique retenue pour les effets toxiques non cancérigènes du zinc par ingestion est celle du RIVM. En effet, les valeurs proposées par l'ATSDR et l'US-EPA correspondent à la dose minimale journalière recommandée pour les enfants, le RIVM ayant tenu compte de cet apport nécessaire pour établir la valeur de 0,5 mg/kg/j.

#### HAP (benzo(a)pyrène – acénaphène – naphtalène)

Le choix des valeurs toxicologiques de référence a été réalisé conformément à la position de l'INERIS<sup>1</sup> qui est reprise ci-après.

Pour une exposition par voie orale à un mélange de HAPs, l'INERIS propose d'utiliser l'approche substance par substance (TEF), car malgré les inconvénients que présente cette approche, elle est standardisée et permet d'évaluer le risque induit par tous les types de mélanges. De plus, l'approche par mélanges (approche par comparaison des potentiels toxiques des mélanges analogues et utilisation du benzo[a]pyrène comme indicateur d'un mélange) a été essentiellement élaborée dans le cas d'une exposition par inhalation.

L'INERIS appuie l'avis de l'AFSSA (2003) et propose de retenir l'ERUo établi par le RIVM de  $0,2$  (mg/kg/j)<sup>-1</sup>. L'étude critique choisie par le RIVM est de bonne qualité et le modèle mathématique utilisé est bien adapté. La valeur plus prudente de l'US-EPA ( $7.2$  (mg/kg/j)<sup>-1</sup>) n'est donc pas retenue.

<sup>1</sup> INERIS. « Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) Evaluation de la relation dose réponse pour des effets cancérigènes : Approche substance par substance : FET) et approche par mélange. » Rapport final, 18 décembre 2003.

TEF choisis et VTR associées

L'INERIS propose d'utiliser les TEF établis par Nisbet et LaGoy en 1992. Ces TEF sont considérés comme valables aussi bien pour la voie orale que la voie inhalation.

Les valeurs toxicologiques ainsi retenues sont présentées dans le tableau suivant.

| Polluant       | TEF retenus | ERUo<br>(mg/kg/j) <sup>-1</sup> |
|----------------|-------------|---------------------------------|
| Naphtalène     | 0.001       | 0.0002                          |
| Acénaphène     | 0.001       | 0.0002                          |
| Benzo(a)pyrène | 1           | 0.2                             |

Pour un certain nombre de HAP (dont l'acénaphène), malgré l'absence de preuve sur leurs effets éventuellement cancérogènes (et les classements sur leur cancérogénicité associés), la position de l'INERIS suivie par BURGEAP de prendre en compte des TEF et des valeurs toxicologiques par voie orale, inhalation ou cutanée est fortement discutable et présente des incertitudes qu'il conviendra de souligner si nécessaire dans l'évaluation du risque sanitaire.

Pour le cas particulier du naphtalène, l'application des recommandations de l'INERIS n'est pas conforme à ce que l'on sait de la cancérogénicité du naphtalène (différente de celle des autres HAP) et de son caractère non génotoxique. Cependant, en l'absence de valeur de référence validée pour cette substance, afin de ne pas sous-estimer le risque cancérogène, les ERUo présentés dans le tableau ci-dessus sont retenus. Cette approche fortement discutable devra être discutée dans les incertitudes de l'évaluation du risque sanitaire compte tenu en particulier du caractère volatil du naphtalène par rapport aux autres HAP considérés.

**Conclusions**

Les tableaux suivants présentent les résultats des calculs de risque au niveau des récepteurs les plus impactés si l'on prend en compte les valeurs toxicologiques conseillées par BURGEAP.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 72 |

**Tableau 42: Quotients de danger– Exposition globale par ingestion au récepteur le plus impacté (choix BGP)**

| Polluants                      | VTR (mg/kg)          | QDo    |        | Récepteur le plus impacté |
|--------------------------------|----------------------|--------|--------|---------------------------|
|                                |                      | Adulte | Enfant |                           |
| Acenaphtène                    | 0.06                 | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Naphtalène                     | 0.02                 | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Al                             | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| As                             | 0.0003               | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Cd                             | 0.001                | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Co                             | 0.0014               | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Cr III                         | 1.5                  | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Cr VI                          | 0.003                | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Hg                             | 0.0003               | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Mn sol                         | 0.046                | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Mn vx                          | 0.14                 | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Ni                             | 0.02                 | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Pb                             | 0.0035               | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| Sb                             | 0.006                | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| V                              | 0.009                | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| Zn                             | 0.5                  | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
|                                | <b>Valeur Repère</b> |        |        |                           |
| QD sommé                       | 1                    | < 0.01 | < 0.01 |                           |
|                                | <b>Valeur Repère</b> |        |        |                           |
| QD Système cutané              | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| QD Système rénal               | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |
| QD Système respiratoire        | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD Système nerveux             | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD Système sanguin             | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD Effets sur le développement | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD Système hépatique           | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R4                        |
| QD système cardio-vasculaire   | 1                    | < 0.01 | < 0.01 | R1                        |

**Tableau 43 : Excès de risque individuel par ingestion pour le récepteur le plus impacté (choix BGP)**

| Polluants      | VTR (mg/kg/j) <sup>-1</sup>              | ERI ingestion |          |             | Récepteur le plus impacté |
|----------------|--|---------------|----------|-------------|---------------------------|
|                |  | Adulte        | Enfant   | Vie entière |                           |
| Benzo(a)Pyrene | 2.00E-01                                 | 2.36E-10      | 5.28E-10 | 7.15E-10    | R4                        |
| Acenaphtène    | 2.00E-04                                 | 1.85E-13      | 2.93E-13 | 4.41E-13    | R4                        |
| Naphtalène     | 2.00E-04                                 | 1.44E-11      | 1.87E-11 | 3.03E-11    | R4                        |
| As             | 1.50E+00                                 | 3.02E-09      | 7.11E-09 | 9.53E-09    | R1                        |
| Pb             | 8.50E-03                                 | 4.93E-11      | 1.14E-10 | 1.54E-10    | R1                        |
|                | <b>Valeur Repère</b>                     |               |          |             |                           |
| ERi sommé      | <b>10<sup>-4</sup> - 10<sup>-6</sup></b> | 3.30E-09      | 7.73E-09 | 1.04E-08    | R4                        |

**Le choix des VTR selon d'autres critères que le choix de la circulaire de la DGS n'est donc pas de nature à modifier les conclusions de l'étude pour une exposition par ingestion.**

Par ailleurs, les effets de synergies inter polluants qu'ils soient positifs ou négatifs ne peuvent être évalués faute de données suffisantes dans les bases de données toxicologiques consultées.

### 5.5.3.3 Exposition globale

Le tableau ci-dessous présente les résultats des calculs d'excès de risque individuel sommé pour toutes les voies d'exposition et présente ainsi un excès de risque individuel global lié aux émissions atmosphériques du site.

**Tableau 44 : Excès de risque individuel global au récepteur le plus impacté – toutes voies d'exposition (R4 – choix BGP)**

| Polluants                                 | Valeur Repère                         | ERI             |                 |                 |
|---|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   |                                       | Adulte          | Enfant          | Vie entière     |
| ERI sommé inhalation                      | $10^{-4} - 10^{-6}$                   | 3.31E-07        | 6.63E-08        | 3.31E-07        |
| ERI sommé ingestion de sol et de végétaux | $10^{-4} - 10^{-6}$                   | 3.30E-09        | 7.73E-09        | 1.04E-08        |
|   | <b>Valeur Repère</b>                  |                 |                 |                 |
| ERI global sommé                          | <b><math>10^{-4} - 10^{-6}</math></b> | <b>3.34E-07</b> | <b>7.40E-08</b> | <b>3.41E-07</b> |

**Le choix des VTR selon d'autres critères que le choix de la circulaire de la DGS n'est donc pas de nature à modifier les conclusions de l'étude pour une exposition par ingestion et inhalation.**

### 5.5.4 Le temps d'exposition

Il a été pris en compte dans le cadre du scénario « habitation », l'hypothèse que la population du domaine d'étude est exposée aux rejets du site 100 % du temps, c'est-à-dire 24h/24 et 365 jours par an. Or, il s'avère que cette hypothèse est majorante au vu des données issues de la base CIBLEX. Cette base de données, élaborée par l'ADEME et l'Institut de Radioprotection de Sûreté Nucléaire (IRSN), contient de nombreux paramètres descriptifs de la population française et notamment le budget espace/temps, c'est-à-dire le temps passé à l'intérieur et à l'extérieur du lieu d'habitation.

Le tableau suivant présente, pour la population adulte, le temps moyen temps passé hors du lieu d'habitation (données départementales – Bouches du Rhône). Les activités présentées sont données à titre d'exemple, cette liste n'étant pas exhaustive.

**Tableau 45: Temps passé à l'extérieur du lieu d'habitation en min/jour**

|                                  | Adulte (catégorie socio-professionnelle : cadres) |                      |                    |                      |
|----------------------------------|---|----------------------|--------------------|----------------------|
|                                  | 17 – 60 ans                                       |                      | > 61 ans           |                      |
|                                  | Temps moyen (mn/j)                                | Taux de pratique (%) | Temps moyen (mn/j) | Taux de pratique (%) |
| Promenade hors lieu d'habitation | 138   | 15                   | 126                | 32                   |
| Lieu de travail                  | 499   | 68                   | 276                | 4                    |

D'après les informations mentionnées dans ce tableau, il apparaît que la population adulte passe bien une partie de son temps à l'extérieur de leur habitation.

Ces données confirment que l'hypothèse retenue correspondant à une présence de 100 % du temps sur le lieu d'habitation (intérieur ou extérieur) est majorante et conforte les conclusions de la présente étude.

### 5.5.5 Données météorologiques

Les données relatives à la température, à la pluviométrie, à la nébulosité, à la direction et à la vitesse du vent utilisées pour les modélisations sont issues des données fournies par METEO FRANCE et issues de la station d'Aix les Milles, située à seulement 10 km du site.

Il est à noter ici que les vents dont la vitesse était inférieure à 0,80 m/s, n'étant pas pris en compte par le modèle et représentant 27 % de la totalité des vents sur cette période, ont été réaffectés à une vitesse de 0,80 m/s selon toutes les directions de vent. De plus, il est à préciser qu'une part infime (0.5%) de la totalité des vents sur cette période n'a pu être mesurée du fait de dysfonctionnements techniques de la station. Ceci n'est ainsi pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude.

### 5.5.6 Modélisation atmosphérique

La modélisation de la dispersion atmosphérique est basée sur des équations mathématiques qui doivent rendre compte des phénomènes physiques et chimiques comme nous pouvons les observer dans la réalité. Il y a donc une incertitude entourant les résultats de modélisation.

Plusieurs campagnes de mesures très documentées, effectuées sur des sites industriels durant les 50 dernières années, ont été référencées et leurs données intégrées à des bases de données destinées à évaluer a posteriori les modèles de dispersion atmosphérique. Parmi ces bases de données, on peut citer l'outil européen d'évaluation MVK (Model Validation Kit).

Plusieurs articles internationaux<sup>1</sup> rapportent les résultats de campagnes de comparaisons entre le modèle ADMS et les mesures sur site. Nous pouvons citer la campagne de mesures « Prairie Grass » qui a été réalisée sur terrain plat et herbeux. Les rejets étaient situés à 0,5 mètres au-dessus du sol, avec des conditions météorologiques pour la moitié instables (convection) et pour l'autre moitié stables. Les mesures ont été effectuées sur des arcs situés à différentes distances de la source. Les simulations effectuées avec ADMS ont montré que les concentrations étaient proches des mesures dans le cas de conditions météorologiques instables, et qu'elles avaient tendance à être légèrement sous-estimées dans l'autre cas. Le biais fractionnel (caractérisant l'erreur systématique) est de 19%. Notons que ces tests ont montré qu'ADMS donnent des résultats tout à fait satisfaisants en champ proche (50 mètres de la source).

Nous pouvons citer également l'exercice « OPTEX Matrix » réalisé sur une raffinerie. Les rejets provenaient de plusieurs sources ponctuelles. ADMS surestime les concentrations moyennes d'environ 10%, et la concentration maximale d'un facteur 3.

La plupart de ces résultats ont été repris et validés par l'Ecole Centrale de Lyon, dans le cadre d'une étude demandée par l'association RECORD en 2005<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Hanna S.R., Egan B.A., Purdum J. and Wagler J. (1999), Evaluation of ISC3, AERMOD, and ADMS Dispersion Models with Observations from Five Field Sites. HC Report P020, API, 1220 LSt. NW, Washington, DC 20005-4070, 1999..

<sup>2</sup> Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique, Ecole Centrale de Lyon, Modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques d'un site industriel – Vers un guide de l'utilisateur – 2ème partie : évaluation des modèles, 2005.

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 75 |

### 5.5.7 Non prise en compte du bruit de fond

Dans la mesure où le bruit de fond et ses incidences sanitaires n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une procédure de gestion nationale (malgré l'existence d'un groupe technique du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable travaillant sur cette thématique), la présente étude a été menée en ne considérant que les risques sanitaires induits par les polluants pris en compte.

Il faut rappeler que :

- la présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, etc.) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations ou autres activités industrielles, non liée au site, n'est pas prise en compte ;
- la présence potentielle dans l'air intérieur de composés organiques volatils (solvants, formaldéhydes, etc.) issus des aménagements et activités dans les locaux, non liée au site, n'est pas prise en compte.
- La présence potentielle de polluants présents dans les sols et les végétaux, non liée aux émissions du site, n'est pas prise en compte.



|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 76 |

## 6 Conclusions

La société RIO TINTO ALCAN exploite sur la commune de Gardanne (13) un site de production d'alumine.

Afin de connaître l'impact de ses rejets sur la santé des populations, la société RIO TINTO ALCAN souhaite réaliser une évaluation des risques sanitaires liées à ses rejets atmosphériques (canalisés et diffus). Ainsi, RIO TINTO ALCAN a mandaté BURGEAP pour la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires liée aux rejets atmosphériques gazeux et particulaires du site. Ainsi, le cadre méthodologique choisi comme structure de référence est celui du guide méthodologique INERIS de Juillet 2003 sur l'évaluation des risques sanitaires qui définit les principes généraux de l'évaluation des risques sanitaires ainsi que celui du « Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – février 2000 » de l'InVS.

L'emplacement du site est situé dans un environnement urbain, avec une densité d'environ 450 habitants/km<sup>2</sup>. 48 % de la population a moins de 40 ans et 20 % de la population a plus de 60 ans. La répartition homme-femme au sein des différentes communes est homogène et une grande partie de la population réside toute l'année sur le domaine d'étude.

La description des dangers potentiels présentés par les polluants émis et listés dans l'arrêté préfectoral et l'identification des relations entre les niveaux d'exposition et la survenue des dangers propres à ces polluants nous a conduit au choix d'une valeur toxicologique de référence (VTR). Les niveaux d'exposition ont été évalués à partir des données issues de la modélisation et leur comparaison avec la VTR a permis de caractériser le risque. Nous avons étudié deux voies d'exposition : l'inhalation et l'ingestion. Nous arrivons aux conclusions suivantes :

### **Emissions atmosphériques : Risque toxique pour les effets toxiques à seuil :**

- Le risque toxique non cancérigène associé à une **inhalation des émissions atmosphériques du site**, est **non significatif** compte tenu des quotients de danger obtenus (au maximum 0,01 pour le système respiratoire et pour le récepteur le plus exposé, R4), soit environ 100 fois inférieur à la valeur repère de 1.
- Le risque toxique non cancérigène associé à une **ingestion de polluants**, est **non significatif** compte tenu des quotients de danger obtenus (au maximum 0,001 pour le système nerveux chez l'enfant et pour le récepteur le plus exposé, R4), soit environ 1000 fois inférieur à la valeur repère de 1.

### **Emissions atmosphériques : Risque toxique pour les effets toxiques sans seuil :**

- Le risque toxique cancérigène associé à une **inhalation des émissions atmosphériques du site**, est **non significatif** compte tenu de l'excès de risque individuel sommé par inhalation (au maximum de  $6.2 \cdot 10^{-7}$  pour l'adulte au niveau du récepteur le plus exposé, R4), soit une valeur inférieure à la fourchette de discussion des résultats ( $10^{-4} - 10^{-6}$ ).
- Le risque toxique cancérigène associé à une **ingestion de polluants**, est **non significatif** compte tenu de l'excès de risque individuel sommé par ingestion (au maximum de  $3.6 \cdot 10^{-8}$  sur la vie entière pour le récepteur le plus exposé, R4), soit une valeur inférieure à la fourchette de discussion des résultats ( $10^{-4} - 10^{-6}$ ).

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 77 |

De plus, nous rappelons que :

- le risque sanitaire chronique global pour les effets sans seuil lié à l'inhalation et l'ingestion de polluants potentiellement émis par le site peut être jugé non significatif, ces valeurs étant inférieures à la valeur de  $10^{-6}$ ,
- Le risque chronique pour les effets à seuil et sans seuil par inhalation et par ingestion « globale » aux points d'impact maximum hors sites sont inférieures aux valeurs repères ( $1$  et  $10^{-6}$ ).

Enfin, l'analyse des incertitudes montre qu'elles sont principalement liées à l'estimation des concentrations et des flux, au choix des VTR, au temps d'exposition des populations, aux données météorologiques et à l'utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique. Il est à noter que ces incertitudes sont pour la plupart majorantes. Nous considérons par conséquent qu'elles ne modifient pas les conclusions de cette évaluation.

**En l'état actuel des connaissances scientifiques, il n'y a pas de risque sanitaire significatif lié aux rejets atmosphériques du site de RIO TINTO ALCAN (Gardanne).**

En ce qui concerne les concentrations environnementales observées pour les NO<sub>x</sub>, le SO<sub>2</sub> et le plomb au niveau des récepteurs sont inférieures aux valeurs guides de l'OMS. Il est toutefois à noter que les niveaux de concentrations modélisés tiennent compte uniquement des rejets du site RIO TINTO ALCAN et ne représentent pas l'exposition réelle globale de la population.

En revanche, pour les poussières (PM<sub>2.5</sub>) au niveau du point 3 (à proximité immédiate du stockage de bauxite), les concentrations moyennes annuelles modélisées sont proches ou supérieures aux valeurs guides proposées. Ces conclusions ne sont valables qu'au niveau du point 3, soit sur une zone restreinte à proximité de la zone de stockage de bauxite (voir carte en annexe 8). Sur le reste du domaine d'étude, les concentrations modélisées sont inférieures aux valeurs guides proposées par l'OMS.

Nous rappelons cependant ici que les émissions de poussières de cette source diffuse ont été calculées à partir de dépôts de poussières totales qui, dans une optique majorante, ont été assimilées en totalité à des PM<sub>10</sub>. Les concentrations en poussières (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) sont ainsi majorées.

Enfin, en ce qui concerne le ratio PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> déterminé, il est de l'ordre de **0.73**, soit une valeur très proche de celle déterminée par ATMO PACA lors de la campagne de mesures menée entre 2009 et 2010 (voir paragraphe 5.3.8.3)

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099 |           |
| RBO – CLD – OL                        |           |
| 05/05/2011                            | Page : 78 |