SPPPI

FOS SUR MER (13)

Evaluation des risques sanitaires dans la Zone Industrielle de Fos-sur-Mer dans les Bouches-du-Rhône

Rapport final

SPPPI

Evaluation des risques sanitaires dans la Zone Industrielle de Fos-sur-Mer dans les Bouches-du-Rhône

Rapport de synthèse

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Synthèse Partie 1 : Quantification des émissions	10/12/2006		Nathalie FLEURIER		Olivia LLONGARIO		-	
Synthèse Partie 1 : Modifications	10/12/2006	b	Nathalie FLEURIER		Olivia LLONGARIO		-	
Synthèse Partie 1 : Mise à jour suite réunion du 18/12/06	22/04/2007	c	Nathalie FLEURIER		Olivia LLONGARIO		-	
Synthèse Partie 2 : Choix des polluants traceurs du risque	22/04/2007	d	Nathalie FLEURIER		Olivia LLONGARIO		-	
Rapport provisoire	16/10/2007	e	Nathalie FLEURIER		Olivia LLONGARIO		Christelle LE DEVEHAT	
Rapport final	06/05/2008	f	Nathalie FLEURIER		Olivia LLONGARIO		Christelle LE DEVEHAT	

Numéro de rapport :	***RAv01880f***
Numéro d'affaire :	***A17689***
N° de contrat :	***CAvA061299***
Domaine technique :	***PA14***
Mots clé du thésaurus	***Etude Quantitative des Risques Sanitaires - Modélisation de la dispersion - Emission atmosphérique - Métrologie***

BURGÉAP
Agro parc – Parc de l'aérodrome - BP 51260
84 911 AVIGNON CEDEX 9
Téléphone : 04.90.88.31.92 Télécopie : 04.90.88.31.63
e-mail : agence.de.avignon@burgeap.fr

SOMMAIRE

Résumé non technique 11

1 Introduction 15

1.1 Contexte et objectif 15
1.2 Méthodologie générale 17

2 Présentation de la ZIP 20

2.1 Description de l'environnement géographique 20
2.2 Description du climat 20
2.3 Description de l'environnement industriel 21
2.4 Description des industriels retenus pour cette étude 22
2.5 Description des autres sources d'émissions retenues pour cette étude 23
2.5.1 Le trafic routier 23
2.5.2 Le trafic maritime 24
2.5.3 Bilan des sources d'émissions de la ZIP prises en compte pour l'étude 25

3 Phase 1 : Quantification des émissions 26

3.1 Emissions atmosphériques des industriels 26
3.1.1 Méthodologie 26
3.1.2 Résultats de la collecte des données 27
3.2 Emissions aqueuses des industriels 30
3.3 Emissions atmosphériques du trafic routier 30
3.4 Emissions atmosphériques du trafic maritime 31
3.5 Bilan des émissions sur la zone 33

4 Phase 2 : Caractérisation de la zone d'étude et schéma conceptuel de l'exposition 34

4.1 Délimitation de la zone d'étude 34
4.2 Surveillance de la qualité de l'air sur la ZIP 37
4.3 Validation du modèle de dispersion 39
4.3.1 Validation des données météorologiques 39
4.3.2 Comparaison des concentrations moyennes annuelles simulées avec celles mesurées au niveau des stations AIRFOBEP 41
4.4 Caractérisation de la population présente sur le domaine d'étude 46
4.4.1 Population générale 46
4.4.2 Localisation d'établissements spécifiques 48
4.4.3 Localisation des travailleurs 50
4.5 Schéma conceptuel de l'exposition 51
4.5.1 Cibles 52
4.5.2 Temps d'exposition 52
4.5.3 Voies d'exposition 52
4.5.4 Scénario d'exposition 56

5 Phase 3 : Caractérisation des dangers 58

5.1 Identification des dangers 58
5.2 Relations dose-effet/dose-réponse 61
5.2.1 Organismes consultés pour la recherche de VTR 62
5.2.2 Critères de choix des VTR 63
5.3 Autres valeurs de comparaison utilisées 63
5.3.1 Valeurs réglementaires 63
5.3.2 Valeurs guides 64
5.3.3 Les valeurs limites du code du travail 65
5.4 Choix des traceurs de risque 66
5.4.1 Méthodologie 66

5.4.2 Traceurs de risque retenus pour les substances à seuil 68
5.4.2.1 Voie inhalation 68
5.4.2.2 Voie ingestion 69
5.4.3 Traceurs de risque retenus pour les substances sans seuil 70
5.4.3.1 Voie ingestion 70
5.4.3.2 Voie inhalation 71
5.4.4 Traceurs de risque spécifique à une activité 72
5.4.5 Traceurs de risque retenus pour l'étude 72
5.5 Synthèse des VTR chroniques retenues pour l'inhalation 74
5.6 Synthèse des VTR chronique retenues pour l'ingestion 76
5.7 Synthèse des autres valeurs repères retenues pour l'inhalation – Valeurs Guides (VG) 77

6 Phase 4 : Caractérisation des risques sanitaires 78

6.1 Estimation des niveaux d'exposition 78
6.1.1 Modèle de dispersion ADMS Urban 78
6.1.2 Phénomènes physiques pris en compte par le modèle 78
6.1.3 Description des conditions météorologiques 79
6.1.4 Description de la topographie et nature des sols 79
6.1.5 Données d'émission 80
6.1.6 Résultats de la modélisation atmosphérique 80
6.1.7 Quantification des expositions par inhalation 83
6.1.8 Quantification des expositions par ingestion 86
6.1.8.1 Quantification par modélisation 86
6.1.8.2 Quantification par métrologie 92
6.2 Comparaison des concentrations environnementales avec les valeurs repères 94
6.3 Comparaison aux mesures du réseau de qualité de l'air : AIRFOBEP 97
6.4 Caractérisation des risques sanitaires 99
6.4.1 Méthodologie du calcul des risques 99
6.4.2 Caractérisation du risque chronique pour les polluants à effet de seuil 101
6.4.2.1 Exposition par inhalation 101
6.4.2.2 Exposition par ingestion 104
6.4.3 Caractérisation du risque chronique pour les polluants sans seuil d'effet 111
6.4.3.1 Exposition par inhalation 111
6.4.3.2 Exposition par ingestion 114
6.4.3.3 Caractérisation du risque sans seuil global 118
6.4.4 Caractérisation du risque sanitaire travailleur 119
6.5 Campagne de mesure dans les sols et les végétaux 123
6.5.1 Localisation des points de prélèvements 123
6.5.2 Investigations réalisées 124
6.5.3 Méthodologie de prélèvement et d'analyses des échantillons 124
6.5.3.1 Les sols 124
6.5.3.2 Les végétaux 124
6.5.4 Résultats et interprétation des analyses 125
6.5.4.1 Les sols 125
6.5.4.2 Les végétaux 126
6.5.5 Résultats disponibles sur d'autres campagnes de mesures 127
6.5.6 Conclusion sur la campagne de mesure 129
6.5.7 Calcul des risques 130

7 Incertitudes, sensibilité et discussion 132

7.1 Estimation du terme source 132
7.1.1 L'extrapolation des campagnes de mesures 132
7.1.2 La quantification théorique des émissions 133
7.1.3 Terme source non pris en compte 136
7.2 Le choix des traceurs de pollution 136
7.3 Le choix des traceurs de risque 138
7.4 Les mesures de concentrations d'exposition 138
7.5 Les valeurs toxicologiques de référence 140
7.6 Les valeurs guides 143
7.7 La représentativité des données météorologiques 144

7.8 L'utilisation de modèles mathématiques (modèle de dispersion et modèle de transfert) 144
7.9 Paramètres d'exposition et de modélisation des transferts 147
7.10 Calculs de risques sanitaires 148
7.10.1 Par organe cible 148
7.10.2 Par ingestion 149
7.10.3 Sur les travailleurs 149
7.11 La pollution de fond 149

8 Conclusion générale et perspectives de l'étude 150

ANNEXES 153

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des industriels 22
Tableau 2 : Critère de choix des COV traceurs de pollution en fonction du site 28
Tableau 3 : Bilan des émissions industrielles de la ZIP 28
Tableau 4 : Détail des émissions de COV 29
Tableau 5 : Détail des émissions aqueuses 30
Tableau 6 : Emissions atmosphériques du trafic routier pour 2005 et 2010 31
Tableau 7 : Emissions atmosphériques du trafic maritime 32
Tableau 8 : Bilan des émissions globales de la ZIP 33
Tableau 9 : Concentrations moyennes annuelles en SO2 mesurées par AIRFOBEP sur le domaine d'étude (µg/m^3) 37
Tableau 10 : Effectif total de la population et superficie totale 46
Tableau 11 : Répartition en pourcentage de la population totale par tranche d'âge 47
Tableau 12 : Répartition en pourcentage de la population totale par sexe 47
Tableau 13 : Répartition en pourcentage des populations des résidences principales et secondaires 47
Tableau 14 : Liste des établissements pouvant recevoir des populations sensibles 48
Tableau 15 : Liste des ERP retenus pour la suite de l'étude 49
Tableau 16 : Qualité des eaux de baignade 54
Tableau 17 : Scénarios d'exposition retenus 57
Tableau 18 : Calculs des ratios flux/VTR en 2005 et 2011 68
Tableau 19 : Calculs des ratios flux/VTR en 2005 et 2011 69
Tableau 20 : Calculs des ratios « flux*ERUo » en 2005 et 2011 70
Tableau 21 : Calculs des ratios « flux*ERUi » en 2005 et 2011 71
Tableau 22 : Liste des traceurs de risques 73
Tableau 23 : VTR retenues pour l'inhalation 74
Tableau 24 : VTR retenues pour l'ingestion 76
Tableau 25 : Autres valeurs retenues pour l'inhalation 77
Tableau 26 : Phénomènes pris en compte dans la modélisation 79
Tableau 27 : Concentrations moyennes d'exposition en µg/m^3 pour les effets non cancérigènes au récepteur le plus impacté 84
Tableau 28 : Concentrations moyennes d'exposition en µg/m^3 pour les effets cancérigènes au récepteur le plus impacté 85
Tableau 29 : Doses moyennes d'exposition en mg/kg/j par polluant pour les effets non cancérigènes, pour les différents scénarios, et au récepteur le plus impacté 88
Tableau 30 : Doses moyennes d'exposition en mg/kg/j par polluant pour les effets cancérigènes, pour les différents scénarios, et au récepteur le plus impacté 90
Tableau 31 : doses journalières d'exposition par ingestion de coquillage 92

Tableau 32 : doses journalières d'exposition par ingestion de poisson 93
Tableau 33 : Ratio entre concentrations environnementales et valeur guide pour le récepteur le plus impacté – Exposition par inhalation 94
Tableau 34 : Comparaison des concentrations modélisées aux capteurs permanents AIRFOBEP 97
Tableau 35 : Comparaison des concentrations modélisées aux capteurs temporaires AIRFOBEP positionnés sur le PAM 98
Tableau 36 : Synthèse des effets toxiques non cancérigènes – Inhalation 101
Tableau 37 : Quotients de danger pour le récepteur le plus impacté – Exposition par inhalation 102
Tableau 38 : Synthèse des effets toxiques non cancérigènes – Ingestion 104
Tableau 39 : QD au récepteur le plus impacté – Ingestion de sol, végétaux, mouton et œuf - scénario moyen 105
Tableau 40 : Contribution de la voie d'exposition à la dose d'exposition exprimée en pourcentage au récepteur le plus impacté 106
Tableau 41 : Quotients de danger pour le récepteur le plus impacté – Exposition par ingestion de sol, végétaux, viande de mouton et œuf, scénario majorant 107
Tableau 42 : Quotients de danger par ingestion de poisson et coquillage 109
Tableau 43 : Excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté – Exposition par inhalation 111
Tableau 44 : Excès de risque individuel et nombre de personnes concernées 113
Tableau 45 : Excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté – Exposition par ingestion 115
Tableau 46 : Excès de risque individuel par ingestion de poisson et coquillage 117
Tableau 47 : Excès de risque de cancer global- scénario moyen 118
Tableau 48 : Quotient de danger pour une exposition par inhalation d'un travailleur 119
Tableau 49 : Polluants déterminants du risque travailleur non cancérigène par inhalation 120
Tableau 50 : Ratios « Ci travailleurs/VG » pour une exposition par inhalation d'un travailleur 120
Tableau 51 : Excès de risque individuel sommé pour une exposition par inhalation d'un travailleur 121
Tableau 52 : Polluants déterminants du risque travailleur cancérigène par inhalation 121
Tableau 53 : Caractéristiques des points de prélèvement 125
Tableau 54 : Résultats des analyses sols 125
Tableau 55 : Résultats des analyses de végétaux 126
Tableau 56 : Résultats détaillés des analyses de végétaux 127
Tableau 57 : Autres campagnes de mesure dans les sols disponibles 128
Tableau 58 : Autres campagnes de mesure dans les végétaux disponibles 129
Tableau 59 : Calculs des risques par ingestion métaux dans les sols 130

Tableau 60 : Participation du trafic maritime aux concentrations dans l'environnement aux récepteurs 134
Tableau 61 : Sources d'émission de 1,2-dichloroéthane par Vinylfos 135
Tableau 62 : Mesures des COV spécifiques d'ASCOMETAL 137
Tableau 63 : Concentration des métaux lourds dans les poissons 138
Tableau 64 : Incertitudes sur les VTR des polluants déterminants du risque 141
Tableau 65 : Complexité du site et de son environnement 145
Tableau 66 : Qualité des données d'entrée du modèle 146
Tableau 67: Temps passé à l'extérieur du lieu d'habitation en min/jour 148

FIGURES

Figure 1 : Localisation des industriels de la ZIP pris en compte 23
Figure 2 : Présentation des tronçons routiers pris en compte pour l'année 2011 24
Figure 3 : Présentation des tronçons maritime pris en compte 25
Figure 4 : Exemple de base de données remplie par un industriel 26
Figure 5 : Simulation en SO_2 ayant servi à dimensionner le domaine d'étude 35
Figure 6 : Grille de calcul sur le domaine d'étude 36
Figure 7 : Localisation des stations de mesures AIRFOBEP 38
Figure 8 : Rose des vents sur la période 2002–2006 à la station d'Istres 39
Figure 9 : Localisation des différentes stations de relevés météo 40
Figure 10 : Relief sur la zone d'étude 42
Figure 11 : Influence de la prise en compte du relief sur les concentrations simulées 43
Figure 12 : Comparaison des concentrations simulées et mesurées en SO_2 aux stations AIRFOBEP 44
Figure 13 : Localisation des principaux émissaires de SO_2 sur la région de l'étang de Berre (source AIRFOBEP) 45
Figure 14 : Roses de pollution en SO_2 pour l'année 2005 45
Figure 15 : Localisation des riverains – récepteurs 48
Figure 16 : Localisation des écoles - récepteurs 49
Figure 17 : Localisation des travailleurs - récepteurs 50
Figure 18 : Schéma conceptuel de l'exposition 51
Figure 19 : localisation des puits et forages 55
Figure 20 : Occupation des sols 80
Figure 21 : Localisation des points récepteurs 81
Figure 22 : Concentration en NO_2 obtenue par modélisation (2005/2011) 82
Figure 23 : Carte de comparaison entre concentration environnementale et valeur guide pour le NO_2 95
Figure 24 : Carte de comparaison entre concentration environnementale et valeur guide (50 $\mu g/m^3$) pour le SO_2 96
Figure 25 : QD respiratoire 2005 – voie inhalation 103
Figure 26 : QD cutané 2005 – voie ingestion – Scénario moyen 107
Figure 27 : Excès de risque individuel sommé – voie inhalation 112
Figure 28 : Excès de risque individuel sommé – voie ingestion 116
Figure 29 : Localisation des points de prélèvements 123
Figure 30 : Concentration en arsenic dans les moules - Campagne RINBIO 2000 139

ANNEXES

- Annexe 1 - Légende de la base de données
- Annexe 2 - Base de données des rejets atmosphériques 2005
- Annexe 3 - Base de données des rejets atmosphériques 2011
- Annexe 4 - Base de données des rejets aqueux
- Annexe 5 - Quantification détaillée des émissions de la ZIP : Rapport Phase 1
- Annexe 6 - Argumentaires santé
- Annexe 7 - Paramètres d'exposition
- Annexe 8 - Caractéristiques des émissions du trafic maritime et du trafic routier
- Annexe 9 - Présentation du modèle de dispersion : ADMS-Urban
- Annexe 10 - Concentrations et dépôts modélisés aux récepteurs
- Annexe 11 - Cartes de concentrations et de dépôts
- Annexe 12 - Concentrations et doses d'exposition aux récepteurs
- Annexe 13 - Concentrations d'exposition pour les travailleurs
- Annexe 14 - Ratios « concentration modélisée / valeur guide » aux récepteurs
- Annexe 15 - Quotients de danger aux récepteurs
- Annexe 16 - Excès de risque individuel aux récepteurs
- Annexe 17 - Cartes de risque et cartes de ratio « concentration/valeur guide »
- Annexe 18 - Quotients de danger et excès de risque individuel sur les travailleurs
- Annexe 19 - Fiches de prélèvement sol et végétaux
- Annexe 20 - Résultats campagne de mesure
- Annexe 21 - Risque par ingestion de métaux dans les sols (concentrations mesurées)
- Annexe 22 - Glossaire

RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

Objectif de l'étude sanitaire

La Zone Industrialo-portuaire de Fos sur mer (ZIP) dans les Bouches-du-Rhône (13) rassemble un grand nombre d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Les rejets atmosphériques de ces industriels sont nombreux et de natures différentes. A la demande de la DRIRE PACA, une Evaluation des Risques Sanitaires globale liés aux activités de cette zone a été réalisée par BURGÉAP en partenariat avec NUMTECH pour la modélisation de la dispersion des émissions. L'étude porte sur les risques chroniques, en fonctionnement normal des installations, (sur la base des rejets de l'année 2005 et des estimations pour l'année 2011), pour une exposition des populations riveraines et des travailleurs.

Cette démarche a pour objectif de déterminer la zone d'influence des rejets de la ZIP et les niveaux de risque sanitaire associés. Au final, l'étude doit répondre à la question suivante "les émissions atmosphériques et aqueuses actuelles de la Zone de Fos peuvent-elles générer un risque sanitaire aujourd'hui et dans le futur pour les populations riveraines ? Si oui lequel ?

Cette étude se situe dans une démarche d'évaluation, et doit permettre de fournir l'information nécessaire aux instances administratives pour mettre en place des plans de gestion et, si nécessaire, de réduction des émissions atmosphériques.

Méthodologie de l'étude de risque sanitaire

Cette étude s'est déroulée en plusieurs phases présentées au fur et à mesure au comité de pilotage (COPIL) constitué d'industriels, du port autonome, de représentants des communes concernées par l'ERS, de l'association agrée de la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) et des représentants de l'état (DRIRE PACA, DDASS Bouches du Rhône, CIRE Sud-Est).

Le cadre méthodologique choisi pour mener cette étude est construit d'après les documents de référence actuellement en vigueur en France[1].

Première étape : Inventaire des rejets industriels, routiers et maritimes

La première étape a consisté à réaliser un bilan complet consolidé de l'ensemble des émissions atmosphériques de la zone de Fos : les émissions des sources industrielles fixes ainsi que celles liées aux trafics maritimes et routiers. L'année de référence choisie est l'année 2005, les chiffres de 2005 étant les plus consolidés et les plus complets au démarrage de l'étude. L'année de projection choisie est 2011, année permettant principalement d'intégrer les futures activités industrielles et les objectifs de réduction des émissions imposés d'ici 2010. Le recensement des émissions a porté sur 24 sites industriels. Ces informations sont renseignées pour 84 substances. L'identification précise des Composés Organiques Volatils (COV) a été complétée par des recherches bibliographiques adaptées aux secteurs d'activité concernés.

Les polluants majoritairement émis sur la ZIP de Fos sont les poussières, le SO_2, le NO_2, les COV (dont l'hexane, le MTBE, l'éthylène et l'acétaldéhyde) et l'acide chlorhydrique.

Cette phase est primordiale puisqu'elle permet de connaître de façon précise quels sont les principaux polluants émis sur la ZIP de Fos. De plus, cet inventaire permet de constituer la base de données nécessaire à la modélisation de la dispersion des rejets atmosphériques.

---

[1] le guide méthodologique INERIS[1] 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[1].

Seconde étape : Définition des scénarios d'exposition

La seconde étape a permis de caractériser les habitudes comportementales de la population riveraine et de définir des scénarios d'exposition réalistes en ajustant au mieux les paramètres d'exposition retenus.

Les scénarios d'exposition retenus sont :

- une exposition par inhalation de l'air contaminé par les émissions de polluants atmosphériques,
- une exposition par ingestion de sol superficiel contaminé par les retombées atmosphériques des émissions des sites,
- une exposition par ingestion de végétaux contaminés par transfert de la pollution du sol,
- une exposition par ingestion de produits d'animaux élevés localement et contaminés par transfert de la pollution dans la chaîne alimentaire à savoir la viande de mouton, les oeufs, les poissons et les coquillages,
- une exposition par ingestion de lait maternel.

Troisième étape : Identification des effets toxiques et choix des traceurs

L'identification des effets toxiques des polluants retenus à la première étape nous a permis dans un premier temps d'écarter les substances répertoriées comme non toxiques dans les bases de données toxicologiques consultées et les substances pour lesquelles il n'y a pas de valeur toxicologique de référence (VTR) disponible. Dans un second temps, les substances qui présentent des quantités émises importantes et/ou une toxicité élevée ont été retenues comme « traceurs » du risque sanitaire.

Les VTR utilisées dans le cadre de cette étude sont choisies selon une démarche raisonnée et fondée sur des critères toxicologiques, tout en tenant compte de la Circulaire DGS/SD. 7B n°2006-234 du 30 mai 20061.

Les polluants issus de cette sélection sont :

- pour les effets non cancérigènes : 16 substances dont les poussières pour l'inhalation et les dioxines pour l'ingestion
- pour les effets cancérigènes : 17 substances dont le chrome VI pour l'inhalation et l'arsenic pour l'ingestion

Au final, 28 polluants ont été retenus pour réaliser l'étude des risques sanitaires.

Quatrième étape : Estimation des expositions

L'estimation de l'exposition des populations a été réalisée par modélisation en intégrant les caractéristiques des surfaces (sols, mer …) et des données météorologiques locales (données horaires sur 5 ans de la station Météo France d'Istres). Les concentrations pour l'ensemble des substances retenues comme "traceur" et les dépôts pour les traceurs particulaires ont été calculés sur tout le domaine d'étude, après validation du modèle par comparaison des résultats des concentrations de SO_2 modélisées avec les concentrations mesurées par AIRFOBEP.

Pour tenir compte des contaminations induites par les transferts de pollution de l'air vers les autres milieux, un modèle de transfert multi-compartiments (air-sol-végétaux-produits animaux) a été utilisé.

---

[1] *Circulaire 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*

Ces estimations ont été complétées par des mesures de polluants à partir de prélèvements de sols et de végétaux et par des résultats déjà disponibles sur la contamination des poissons et des coquillages.

La consommation individuelle de légumes et de produits animaux a été estimée à partir d'une base de données recensant les habitudes alimentaires locales.

Les niveaux d'exposition ont été estimés suivant l'hypothèse d'un temps de résidence des riverains de 30 ans.

Les populations étudiées résident sur les trois communes de Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône et Port-de-Bouc. Des scénarios d'exposition concernant des établissements dans lesquels se trouvent des populations sensibles, tels que les crèches et les écoles, ont également été réalisés.

Le comportement des enfants vis-à-vis de ces différentes voies d'exposition, alimentaire et contamination manu portée notamment, étant différent de celui des adultes, trois catégories de personnes ont été étudiées :

- le petit enfant (entre 2 et 7 ans),
- l'enfant (entre 7 et 12 ans),
- l'adulte.

Cinquième étape : Caractérisation du risque sanitaire

La quantification du risque a été réalisée en comparant les niveaux d'exposition obtenus aux valeurs de référence à partir desquelles un effet sanitaire peut être observé.

Pour les effets non cancérigènes, les niveaux de risques sont évalués pour chaque substance et pour chaque organe cible.

Pour les effets cancérigènes, les niveaux de risques sont évalués pour chaque substance cancérigène et de façon globale (sommation de toutes les substances cancérigènes).

Conclusion de l'étude de risque sanitaire

La quantification des risques chroniques, en fonctionnement normal des installations, amène aux conclusions suivantes :

Pour les populations riveraines :

- le risque non cancérigène par inhalation est jugé comme non significatif,

  On note pour le NO_2 des concentrations proches des valeurs seuil à proximité des routes nationales. Pour le SO_2, aucun risque chronique n'est identifié mais les risques aigus devront être étudiés.

- le risque non cancérigène par ingestion est jugé comme non significatif pour tous les polluants à l'exception de l'arsenic pour lequel les concentrations ponctuellement mesurées dans les sols peuvent entrainer un risque sanitaire. Cependant, le nombre de prélèvements effectués n'étant pas suffisant pour être représentatif, un complément sera nécessaire pour affiner ce calcul.

- le risque cancérigène par inhalation est jugé comme non significatif pour la majeure partie des polluants.

  Seuls, le dichloroéthane et le chrome VI sont émis, au nord des DARSE I et II, dans des gammes de concentrations où des risques pourraient se produire. Les données sur le terme source restent à confirmer.

Les populations principalement impactées résident sur la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône et en partie sur la commune de Fos-sur-Mer.

- Le risque cancérigène par ingestion est jugé comme non significatif pour tous les polluants à l'exception de l'arsenic, pour lequel les concentrations ponctuellement mesurées dans les sols peuvent entrainer un risque sanitaire.

Pour les travailleurs, dans un premier niveau d'approche :

- Le risque non cancérigène par inhalation est jugé comme non significatif sur l'ensemble des sites à l'exception du terminal minéralier pour lequel les niveaux de concentrations en poussières sont élevés. Le terme source est cependant entaché d'une grosse incertitude.

- Le risque cancérigène par inhalation peut être jugé significatif sur de nombreux sites industriels, du fait des concentrations en dichloroéthane, chrome VI, benzène ou MTBE principalement sur les sites d'ARKEMA, ASCOMETAL, ESSO et le PAM.

Globalement, les risques calculés sur la base des estimations des rejets en 2011 sont similaires à ceux de l'année 2005.

Sur la zone de Port de Bouc, cette étude doit être complétée par les résultats de l'évaluation de l'impact des rejets atmosphériques réalisée sur le site de Lavéra, les émissions de ces industries pouvant impacter cette zone géographique.

Cette évaluation des risques globale sur la ZIP constitue une première étape dont les résultats permettront d'adapter au mieux les éventuels plan de prévention qui seront mis en place afin de limiter au maximum les impacts sanitaires sur les populations riveraines comme sur les travailleurs.

1 Introduction

1.1 Contexte et objectif

La DRIRE PACA, en tant que Secrétariat Général du SPPPI[1] PACA, a mandaté BURGÉAP pour la réalisation d'une étude de risques sanitaires globale liée aux activités de la Zone Industrialo portuaire de Fos-sur-Mer (ZIP) dans les Bouches-du-Rhône (13). Cette étude répond au cahier des charges élaboré par l'INERIS sous la coordination du comité de pilotage.

Les objectifs fixés par les autorités locales visent :

- **à déterminer la zone d'influence des rejets de la ZIP et les niveaux de risques sanitaires associés dans un fonctionnement normal des installations (hors contexte accidentel) ;**
- **à identifier les groupes de populations les plus exposés ;**
- **à dégager des priorités de gestion des risques si nécessaire sur cette zone et à déterminer les polluants nécessitant une action de réduction des émissions et une action de surveillance dans l'environnement.**

Ainsi, l'étude évalue les risques sanitaires liés aux rejets aqueux et atmosphériques (actuels et futurs) des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), du trafic routier et du trafic maritime. Elle concerne principalement les risques liés à une exposition chronique des riverains aux rejets atmosphériques actuels et à leurs retombées. Une première approche sur la problématique de risque professionnel en fonctionnement normal des installations est abordée.

Conformément au cahier des charges la problématique du risque aigu a été traitée. Cette partie nécessite d'être approfondie et fera l'objet d'une étude à part entière.

Les éventuels risques biologiques ou radiologiques sont exclus du champ de cette étude. De même, les questions relatives aux odeurs et au bruit potentiellement émis sur la zone n'ont pas été traitées dans cette étude.

Cette étude comporte plusieurs phases présentées au fur et à mesure au comité de pilotage (COPIL) constitué d'industriels, du port autonome, de représentants des communes concernées par le champ d'étude de cette ERS, de l'association agréée de surveillance de qualité de l'air (AASQA) et des représentants de l'état (DRIRE PACA, DDASS Bouches du Rhône, CIRE Sud-Est). Le rapport d'étude suit la chronologie de présentation et est constitué de 4 parties principales :

1. la présentation de la zone industrialo-portuaire,
2. l'inventaire des sources d'émissions du site (phase 1),
3. l'évaluation des risques sanitaires comprenant :
    - la caractérisation du site et le schéma conceptuel de l'exposition (phase 2),
    - la caractérisation des dangers (phase 3),
    - la caractérisation des risques sanitaires (phase 4),
4. la discussion des résultats.

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[2].

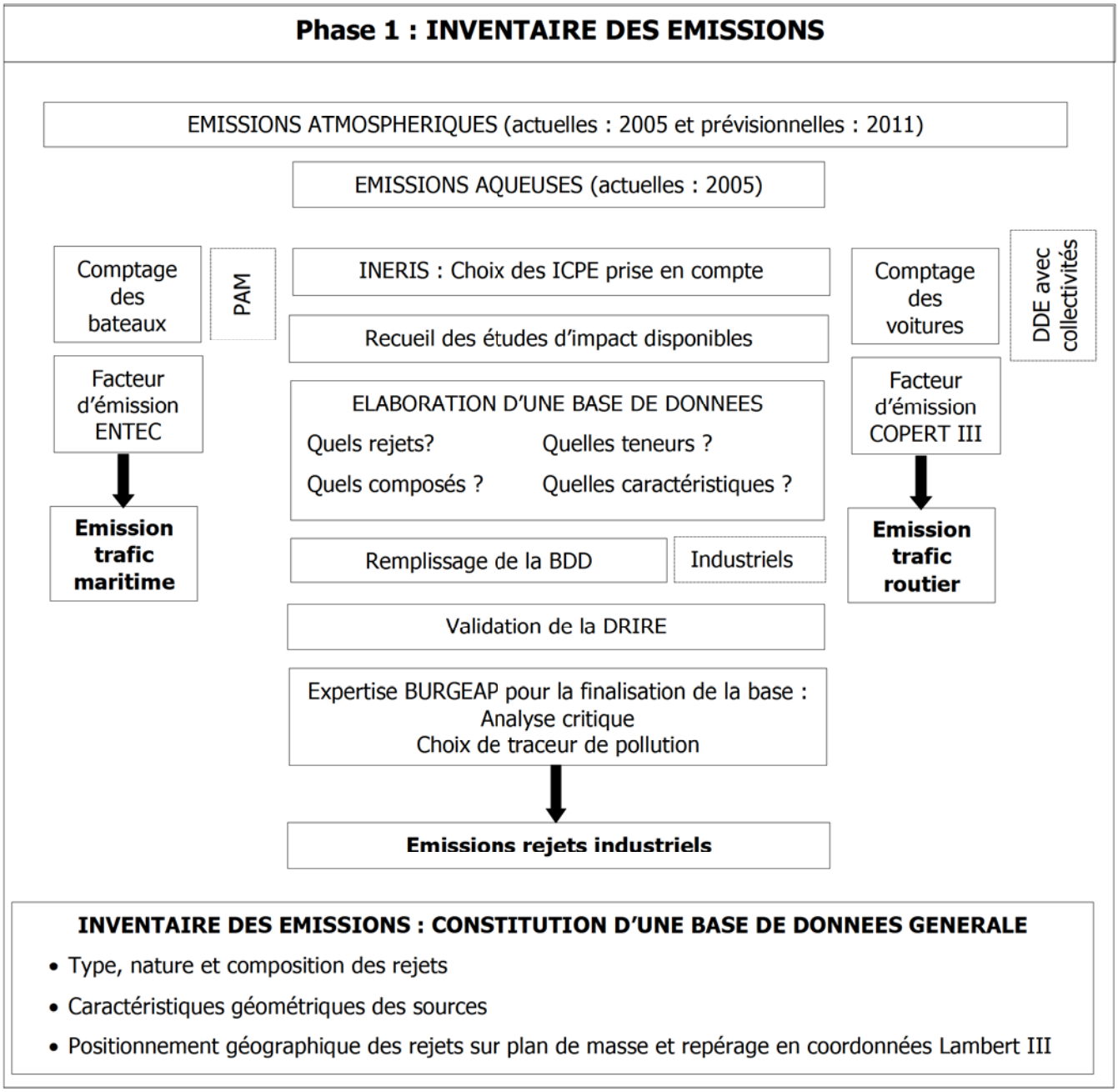
1 SPPPI : Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles
2 InVS : Institut national de veille sanitaire

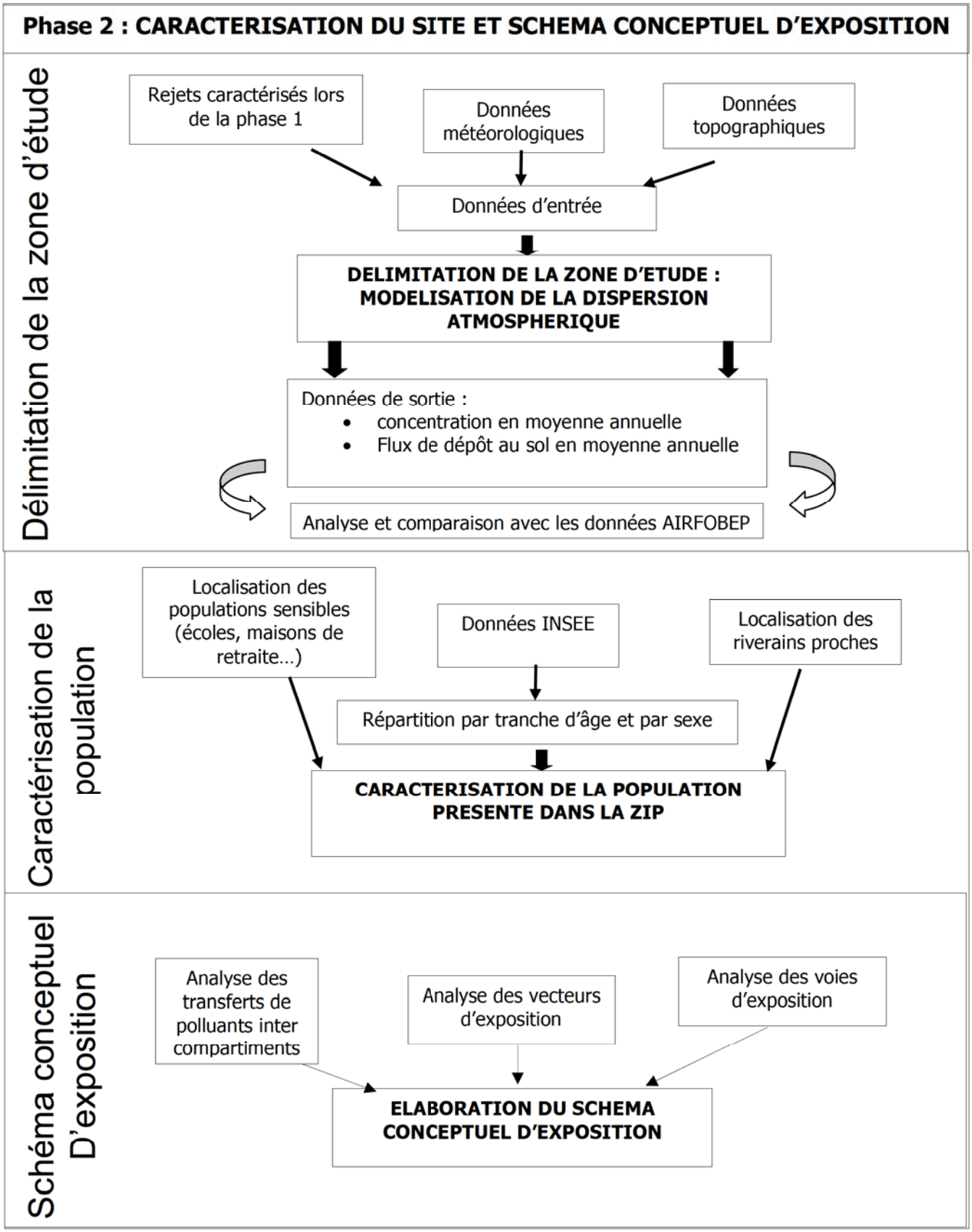
Ainsi, cette étude porte sur les risques chroniques, en fonctionnement normal des installations, liés aux rejets atmosphériques et aqueux de la ZIP, selon deux configurations (2005 et 2011) :

- **pour une exposition des populations riveraines. Ces populations sont positionnées hors périmètre des sites industriels et dans le domaine d'étude appelé aussi zone d'influence du site.**
- **pour une exposition des travailleurs.**

1.2 Méthodologie générale

Le contenu de chaque phase de l'étude est détaillé ci-dessous.




Phase 2 : CARACTERISATION DU SITE ET SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION
Délimitation de la zone d'étude
Rejets caractérisés lors de la phase 1
Données météorologiques
Données topographiques
Données d'entrée
DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE : MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE
Données de sortie :
• concentration en moyenne annuelle
• Flux de dépôt au sol en moyenne annuelle
Analyse et comparaison avec les données AIRFOBEP
Caractérisation de la population
Localisation des populations sensibles (écoles, maisons de retraite…)
Données INSEE
Localisation des riverains proches
Répartition par tranche d'âge et par sexe
CARACTERISATION DE LA POPULATION PRESENTE DANS LA ZIP
Schéma conceptuel D'exposition
Analyse des transferts de polluants inter compartiments
Analyse des vecteurs d'exposition
Analyse des voies d'exposition
ELABORATION DU SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION

Phase 3 : Caractérisation des dangers

Consultation des bases de données toxicologiques

- Recensement des effets sanitaires
- Recensement des VTR disponibles ou valeurs repères

↓

Analyse critique des méthodes de construction des VTR et choix argumenté des VTR

↓

INVENTAIRE DES EMISSIONS ASSOCIEES A LEURS VTR

SELECTION DES POLLUANTS TRACEURS DE RISQUE

Méthodes : Flux / VTR
Flux * ERU

Voie inhalation
Voie ingestion

↓

Liste argumentée des polluants pour lesquels l'évaluation quantifiée des risques aura lieu

Phase 4 : Caractérisation des risques sanitaires

MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

Données de sortie : concentration en moyenne annuelle

Données de sortie : flux de dépôt au sol

CAMPAGNE DE MESURE Sol / Végétaux

Données cabinets Ramade et Creoclean poisson / coquillage

Travailleur

Choix des VTR (phase 3)

Données démographiques (phase 2)

Modélisation du transfert inter compartiment (logiciel multi média)

Concentrations dans :

- Les végétaux, sols, lait, mouton
- Les poissons, coquillages

Choix des VTR (phase 3)

Risque sanitaire par inhalation

Risque sanitaire par ingestion

CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES

2 Présentation de la ZIP

2.1 Description de l'environnement géographique

La zone Industrialo portuaire de Fos-sur-Mer (ZIP) est située dans les Bouches du Rhône (13) au bord de la Méditerranée, tout autour du Golf de Fos et à l'intersection de deux zones géographiques : la vallée du Rhône et ses plaines à l'ouest et les reliefs calcaires des PréAlpes de Provence à l'Est.

La ZIP est bordée :

- Au nord et nord ouest par la RN 268 au-delà de laquelle s'étend la plaine de Crau et des marais abandonnés,
- Au nord-est par la RN568, au-delà de laquelle se trouve la commune d'Istres,
- A l'est par la voie ferrée et la commune de Fos-sur-Mer au-delà desquelles s'étendent des étangs dont l'étang de Berre,
- Au sud et sud est par la méditerranée,
- Au sud ouest par la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône ainsi que par le Rhône et son embouchure.

Elle s'étend principalement sur les communes de Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône et Port-de-Bouc.

La région est marquée par la présence de nombreux espaces naturels : la réserve nationale et le parc naturel régional de Camargue à l'Ouest, la réserve naturelle des Coussouls de Crau au Nord et les salins de Giraud au Sud-Ouest de la zone.

2.2 Description du climat

Le climat de la zone est typiquement méditerranéen : un été sec et chaud, un hiver doux et des pluies parfois torrentielles au printemps et à l'automne. De manière générale, la température moyenne varie autour de 5 à 10°C durant l'automne et l'hiver, et de 20 à 25 °C durant l'été.

La moyenne annuelle des précipitations est comprise entre 500 et 600 mm d'eau. La répartition de ces précipitations se fait sur une période relativement courte au printemps, et en automne.

Les vents dominants sont le mistral, venant des terres par le Nord et le Nord-Ouest et les vents marins Sud et Sud-Est. Le mistral souffle en moyenne un jour sur trois, à une intensité moyenne de 23 km/h, avec des rafales atteignant parfois 100 km/h. Les vents de Sud et Sud-Est sont essentiellement présents en automne, avec une intensité moyenne de 10 km/h.

Pendant la période estivale, les écarts thermiques entre terre et mer, donnent naissance à un régime de brises de mer diurnes (Secteur Sud-Sud-Ouest, modérées), alternant avec des brises de terre nocturnes (secteur Nord-Est, faibles). La présence de l'Etang de Berre induit également des brises thermiques se superposant aux précédentes.

2.3 Description de l'environnement industriel

La zone industrialo portuaire de Fos-sur-Mer, qui s'étend sur 10 000 hectares, s'est développée dans les années 1970 et constitue un des complexes industriels portuaires les plus importants d'Europe.

Bénéficiant d'une excellente position géographique, la zone industrielle n'a cessé de se développer et d'attirer diverses industries, notamment dans la chimie et la sidérurgie. Il existe plus de 430 installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), autour du golf de Fos et de l'Etang de Berre, dont plus de 250 sont soumises à autorisation.

La majorité des industries sont regroupées sur les sites suivants : Berre-l'Etang, Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône, le quartier de Lavéra à Martigues, et celui de la Mède à Châteauneuf-les-Martigues.

Aujourd'hui, les principales entreprises présentes et susceptibles d'émettre des polluants en milieux aqueux ou atmosphériques sont les suivantes :

- Raffinage : Esso (Fos-sur-Mer), INEOS (ex-BP à Martigues), Shell (Berre), Total (Châteauneuf-les-Martigues),
- Chimie/Pétrochimie : Naphta chimie (Martigues), Arkema (Fos-sur-Mer et Martigues), Basell Fos, Vinylfos et Lyondell (Fos-sur-Mer),
- Sidérurgie : Ascométal (Fos-sur-Mer), Arcelor (Fos-sur-Mer),
- Traitement de surface : Ascométal,
- Traitement des déchets : Solamat Merex (Fos-sur-Mer et Rognac),
- Traitement de minerai : Gagneraud industrie, Lafarge aluminate, compagnie industrielle Fillers et chaux (Fos-sur-Mer),
- Centrale thermique : Figenal SNC, EDF (Martigues), INEOS
- Stockage gaz inflammable combustible : Rhône gaz (fermé en 2006),
- Stockage produits pétroliers : Dépôt pétrolier de Fos, GIE de Crau, RDTH, Société Pipeline, Terminal Méthanier,
- Peintures et vernis : Jefco Dufour (Berre).

2.4 Description des industriels retenus pour cette étude

Les industriels retenus pour cette étude ont été sélectionnés par l'INERIS selon les critères suivants :

- localisation de l'industriel dans la ZIP de Fos-sur-Mer,
- existence de rejets atmosphériques et/ou aqueux,
- nature des émissions.

Les industriels dont les rejets atmosphériques et/ou aqueux ont été jugés faibles en regard des autres activités prises en compte ou dont l'absence de toxicité des composés est reconnue, ont d'emblée été jugés sans impact sanitaire et non retenus pour la suite de l'étude par l'INERIS.

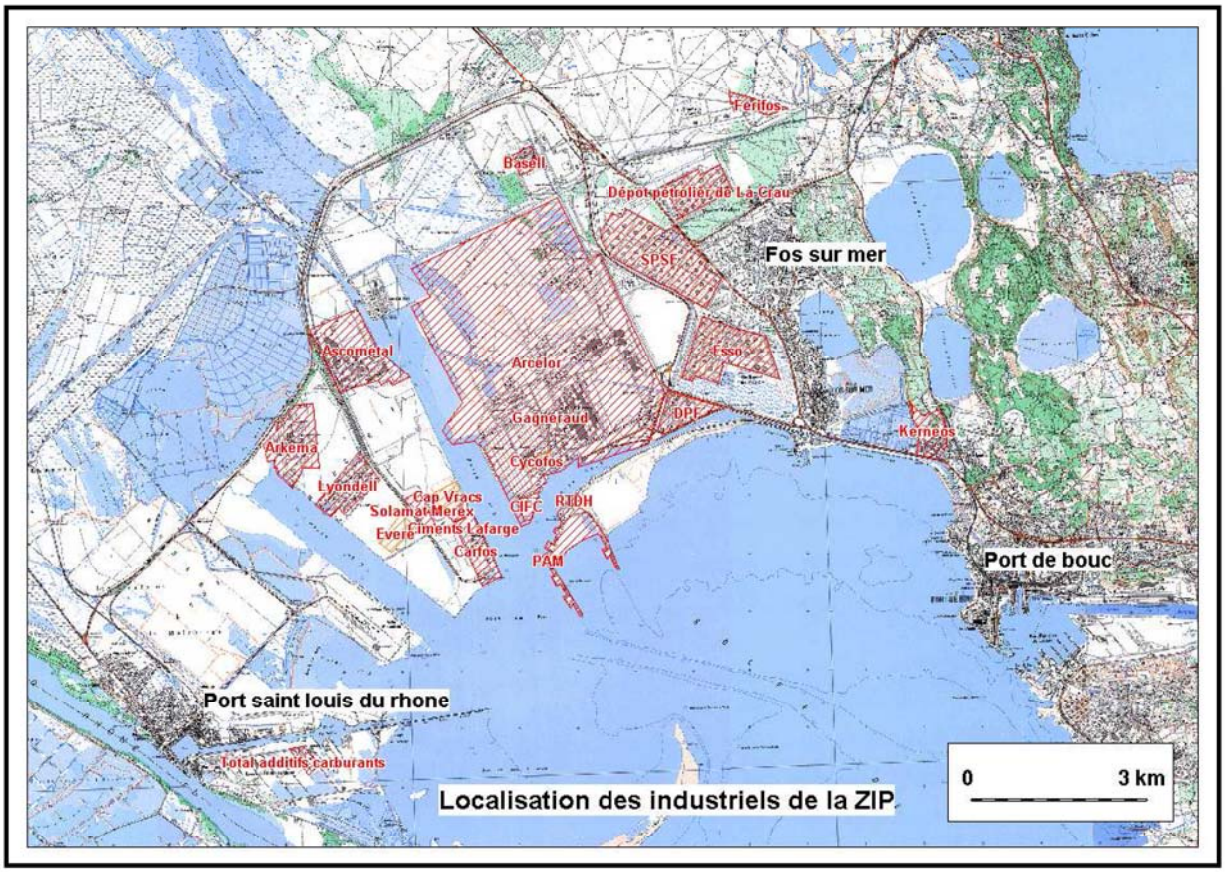
Ainsi la liste des industriels pris en compte dans cette étude est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Liste des industriels

Industriels	Activité	Rejets atmosphériques	Rejets aqueux
Arcelor Mittal	Sidérurgie	oui	oui
Arkema/Vinylfos/ Thermphos	Chimie	oui	oui
Ascometal	Sidérurgie	oui	oui
Basell	Chimie	oui	oui
Cap Vracs (projet)	Stockage de minerai	oui	oui
CIFC	Production de chaux	oui	non
Ciments Lafarge	Traitement de minerai	oui	non
Dépôt pétrolier de la Crau	Stockage de produits pétroliers	oui	oui
Dépôt pétrolier de Fos	Stockage de produits pétroliers	oui	non
ESSO	Raffinerie	oui	oui
EVERE (projet)	Traitement des déchets	oui	non
Ferifos	Maintenance de matériel	oui	oui
Gagneraud	Traitement de minerai	oui	non
GDF Cycofos (projet)	Chaudière gaz	oui	non
KERNEOS	Cimenterie	oui	non
Lyondell	Chimie	oui	oui
Port autonome de Marseille	Déchargement de pétrole	oui	oui
RTDH	Traitement des eaux	oui	non
Solamat Merex	Traitement des déchets	oui	oui
SPSE	Stockage de produits pétroliers	oui	oui
Terminal minéralier – Carfos	Déchargement de minerais	oui	non
Total additif carburant	Stockage de produits pétroliers	oui	non

La carte ci-dessous présente la localisation des industriels de la ZIP retenus pour cette étude.

Figure 1 : Localisation des industriels de la ZIP pris en compte



En complément des industriels choisis par l'INERIS, nous avons retenu l'activité « chargement navire » effectuée au niveau du terminal pétrolier du PAM dont les émissions sont non négligeables.

2.5 Description des autres sources d'émissions retenues pour cette étude

2.5.1 Le trafic routier

Seul le trafic sur les routes nationales a été pris en compte dans cette étude. Les tronçons retenus sont présentés ci-dessous :

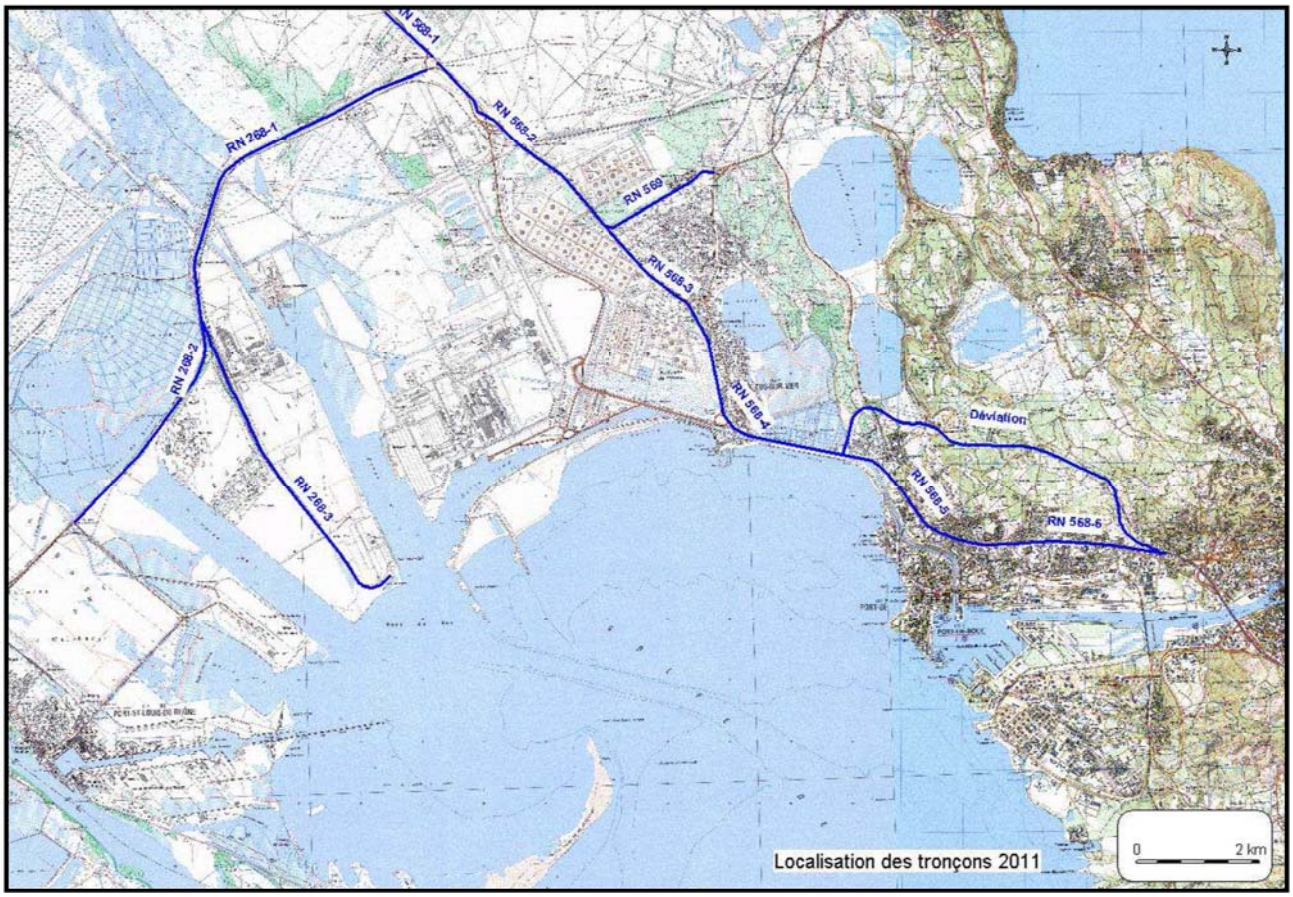
- RN 268 – Section 1
- RN 268 – Section 2
- RN 268 – Section 3
- RN 568, section 1 : La Fossette / Arles
- RN 568, section 2: La Fossette / Carrefour RN569
- RN 568, section 3: Carrefour RN569 / Fos
- RN 568, section 4: Fos / Port-de-Bouc
- RN 568, section 5: Traversée Port-de-Bouc 1
- RN 568, section 6: Traversée Port-de-Bouc 2
- RN 569, section 1: Carrefour RN568 / Istres

D'ici 2011, un projet de contournement de la commune de Martigues pourrait voir le jour. Celui-ci a été pris en compte dans notre étude. Ainsi, un nouveau tronçon est rajouté :

- la future RN 568, section déviation : Contournement de Martigues 1

L'ensemble des tronçons routiers pris en compte pour l'année 2011, est présenté sur la figure suivante.

Figure 2 : Présentation des tronçons routiers pris en compte pour l'année 2011



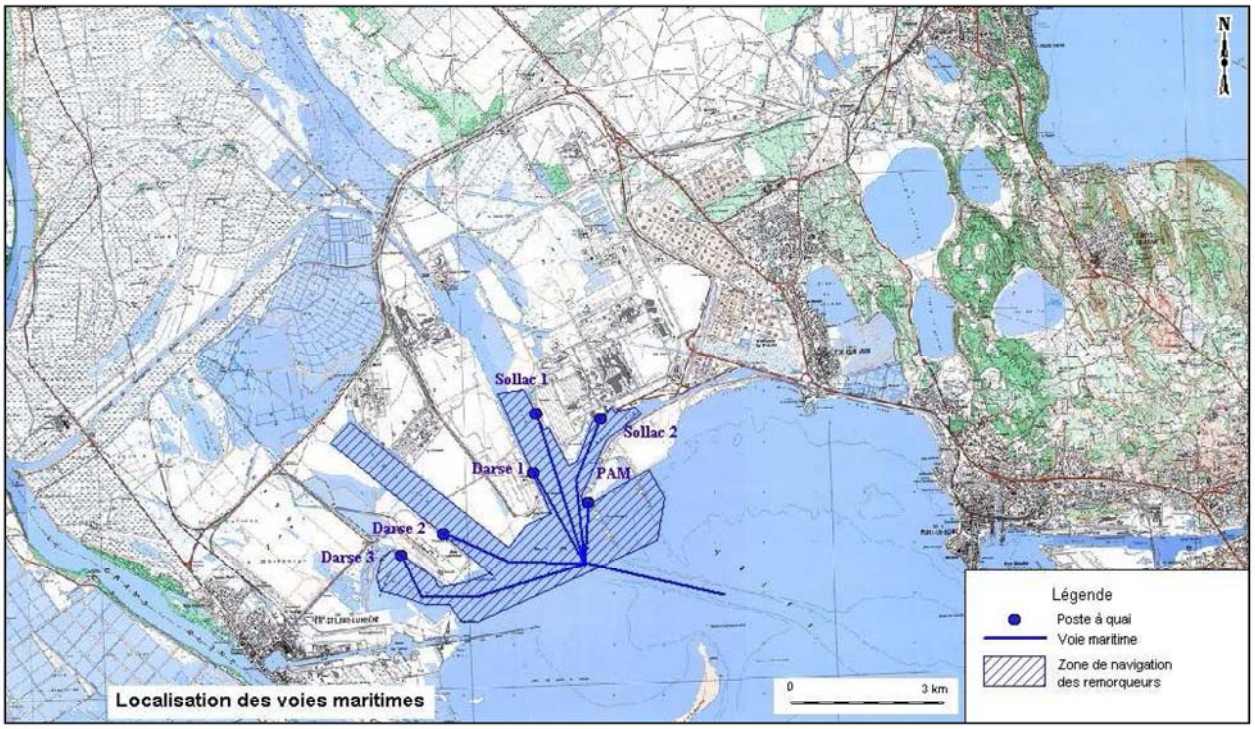
2.5.2 Le trafic maritime

Les émissions du trafic maritime peuvent provenir :

- Des navires, en navigation vers leur poste à quai
- Des navires en manœuvre ou chargement/déchargement, à leur poste à quai
- Des remorqueurs, circulant sur tout le golfe de Fos et les darses.

Ainsi, la localisation des sources d'émissions prises en compte pour le trafic maritime est présentée sur la figure suivante :

Figure 3 : Présentation des tronçons maritime pris en compte



2.5.3 Bilan des sources d'émissions de la ZIP prises en compte pour l'étude

Ainsi, au sein de la ZIP, ont été considérés comme émetteurs de rejets atmosphériques significatifs :

- **les 22 industriels,**
- **le trafic maritime dans le golfe de Fos sur mer,**
- **le trafic routier sur les routes principales : RN268, RN568, RN569,**

et ont été considérés comme émetteurs de rejets aqueux :

- **11 industriels.**

3 Phase 1 : Quantification des émissions

Cette phase est entièrement détaillée dans l'annexe 5.

Seul le principe du recueil des données et les résultats finaux sont présentés dans cette partie.

3.1 Emissions atmosphériques des industriels

3.1.1 Méthodologie

La collecte des émissions atmosphériques des industriels concernés a été réalisée par le biais d'une base de données créée par BURGÉAP et fournie à chaque industriel qui était en charge de la renseigner.

Cette base a permis de collecter pour chaque industriel et pour chaque rejet atmosphérique, pour les années 2005 et 2011 :

- la localisation,
- les caractéristiques du rejet (le type de source, la hauteur d'émission, la vitesse d'éjection, la température de rejet, etc.),
- la nature et la quantité des polluants émis ainsi que les éventuelles variations d'émissions mensuelles,

  NB : les polluants initialement écartés par l'INERIS pour le cahier des charges n'ont pas été rajoutés dans la base.

- les conditions de fonctionnement (type de fonctionnement : continu ou ponctuel, les périodes d'arrêt, etc.).

Ces données, synthétisées en fiche récapitulative par industriels (annexe 5), ont pu être contrôlés par chaque inspecteur DRIRE en charge du site.

Un aperçu de cette base de données est présenté sur la figure suivante :

Figure 4 : Exemple de base de données remplie par un industriel

Site industriel	Source	Type de source	Polluant	Nom des COV ou autre polluant	Flux du polluant (kg/an ou kgeqC/an pour COVtotaux)	Temps de fonctionnement (h/an)	Caractéristiques de la source				
							température (°C)	Hauteur du centre de la source(m)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Longueu
GAGNERAUD	Cheminée de bouletage	canalisée	PM		750	3125	52	40	9,02	2,4	
GAGNERAUD	Cheminée de bouletage	canalisée	SO2		6031	3125	52	40	9,02	2,4	
GAGNERAUD	Cheminée de bouletage	canalisée	HCl		3625	3125	52	40	9,02	2,4	
GAGNERAUD	Cheminée de bouletage	canalisée	Autre sauf Métaux/HAP/COV	H2S	31	3125	52	40	9,02	2,4	
FERIFOS	ce1 (extracteur peinture	canalisée	COVtotaux		1343	890	9	12	13,5	1	
FERIFOS	ce1 (extracteur peinture	canalisée	COVspécifiques	xylène	1115	890	9	12	13,5	1	
FERIFOS	ce1 (extracteur peinture	canalisée	COVspécifiques	acétate de n-butyle	134	890	9	12	13,5	1	
FERIFOS	ce2 (extracteur peinture	canalisée	COVtotaux		1612	890	7,7	12	13,5	1	
FERIFOS	ce2 (extracteur peinture	canalisée	COVspécifiques	xylène	1338	890	7,7	12	13,5	1	
FERIFOS	ce2 (extracteur peinture	canalisée	COVspécifiques	acétate de n-butyle	161	890	7,7	12	13,5	1	
FERIFOS	e3 (extracteur peinture c	canalisée	COVtotaux		1074	890	8	12	12,8	2	
FERIFOS	e3 (extracteur peinture c	canalisée	COVspécifiques	xylène	892	890	8	12	12,8	2	
FERIFOS	e3 (extracteur peinture c	canalisée	COVspécifiques	acétate de n-butyle	107	890	8	12	12,8	2	
FERIFOS	4 (extracteur peinture d	canalisée	COVtotaux		22838	890	11	12	17,9	1	
FERIFOS	4 (extracteur peinture d	canalisée	COVspécifiques	xylène	18956	890	11	12	17,9	1	
FERIFOS	4 (extracteur peinture d	canalisée	COVspécifiques	acétate de n-butyle	2283	890	11	12	17,9	1	
FERIFOS	ce 5 (chaudière gaz prop	canalisée	NOx		25	600	115	17	0,1	0,6	
FERIFOS	ource 6 (grenaillage oue	canalisée	PM		360	450	11	11	13	0,7	
FERIFOS	urce 7 (grenaillage centi	canalisée	PM		6	450	11	11	6	0,4	
FERIFOS	ource 8 (grenaillage est	canalisée	PM		400	450	11	11	16	7	
KERNEOS	Cheminée	canalisée	SO2		996085	7300	117	65	8	1,85	
KERNEOS	Cheminée	canalisée	NOx		468861	7300	117	65	8	1,85	
KERNEOS	Cheminée	canalisée	Plomb		175	7300	117	65	8	1,85	
KERNEOS	Cheminée	canalisée	PM		25678	7300	117	65	8	1,85	
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	PM		34150,27	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	PM 10		9313,71	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	PM > 10		887,02	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	Antimoine		116,91	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	Arsenic		56,87	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	Cadmium		63,67	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	Chrome		182,81	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	Cobalt		3,64	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	Manganèse		373,24	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	Mercure		23,8	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	Nickel		375,47	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	fugitive	Plomb		66,72	3649	Ambiante	39,67			81
ASCOMETAL	Aciérie	canalisée	PM		12807,78	3649	41	30	4,76	4,3	

Le principe de cette base est d'indiquer pour chaque ligne : 1 rejet et 1 polluant.

La signification des codes couleurs et les légendes nécessaires pour interpréter correctement la base de données sont présentés dans l'annexe 1.

Les bases de données complètes sont présentées pour 2005 en annexe 2 et pour 2011 en annexe 3.

3.1.2 Résultats de la collecte des données

Remarques

Toutes les émissions de NOx ont été assimilées à des émissions de NO_2.

La granulométrie des poussières des principaux émetteurs de la ZIP a été prise en compte. La codification suivante a donc été adoptée :

PM = PM2,5,

PM10* = PM10 – PM2,5, (pourcentage des PM10 moins le pourcentage des PM2,5)

PM>10 = PMtotales – PM10 = PMtotales – PM10* - PM2,5, (pourcentage des PM totales moins le pourcentage des PM10)

Pour tous les sites ne disposant pas de granulométrie, les poussières ont été assimilés à des PM2,5 soit notées : PM.

Cas particulier des COV

Sur de nombreux sites, la nature des COV émis à l'atmosphère n'était pas connue. Or, dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires, les COV totaux ne sont pas pertinents, chaque composé disposant d'une toxicité propre. Il a donc été nécessaire d'effectuer un choix de traceurs de pollution, de façon à affecter les flux de COV mesurés.

Ces choix de traceurs ont été effectués selon les données disponibles dans l'ordre suivant :

1) Mesures de COV spécifiés sur un site similaire,
2) Données bibliographiques (guides, BREF…)[1],
3) Données constructeurs,
4) Polluant identifié comme représentatif de l'activité,
5) Polluant représentatif de la famille des COV dont la toxicité est la plus pénalisante.

Une attention particulière a été portée pour que les choix soient homogènes pour une même activité.

Le tableau suivant récapitule le type de choix de traceur de pollution effectué pour chaque site. Le détail de ces choix est fourni en annexe 5.

[1] *Guide méthodologique pour l'évaluation de l'impact sanitaire des rejets des raffineries de pétrole , groupe de travail MEDD, DRIRE, ministère de la santé, INERIS, IRSN et UFIP, Juin 2003*

BREF production of Iron and steel – chapter 9 – electric steelmaking and casting, 2001

Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une UIOM, ASTEE, novembre 2003

Tableau 2 : Critère de choix des COV traceurs de pollution en fonction du site

Industriels	Type de choix de traceur de pollution
Arcelor	Polluant représentatif de l'activité
Arkema/Vinylfos/ Thermphos	Polluant représentatif de l'activité
Ascometal	Données bibliographiques
Dépôt pétrolier de la Crau	Données bibliographiques
Dépôt pétrolier de Fos	Données bibliographiques
ESSO	Données bibliographiques
EVERE (projet)	Données constructeurs
Ferifos	Polluant représentatif de l'activité
GDF Cycofos (projet)	Polluant représentatif de l'activité
Lyondell	Polluant représentatif de l'activité
Port autonome de Marseille	Mesures Données bibliographiques Polluant représentatif de l'activité
RTDH	Polluant représentatif de l'activité
Solamat Merex	Polluant non représentatif pénalisant
SPSE	Mesures Données bibliographiques
Total additif carburant	Données bibliographiques
Chargement navires	Données bibliographiques Polluant représentatif de l'activité

Résultats de la collecte des données

Les résultats de la collecte des données sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Bilan des émissions industrielles de la ZIP

Polluant	Emissions annuelles (kg/an)	
	2005	2011
Antimoine	763	847
Arsenic	310	328
Cadmium	647	753
Chrome	1 566	1 586
Cobalt	170	269
Manganèse	3 915	3 898
Mercure	135	247
Nickel	3 106	3 191
Plomb	9 596	10 452
PM	9 255 306	8 977 867
PM 10*	27 421 597	26 849 395
PM > 10	20 843 216	20 005 093
Dioxines/Furanes	0,00997	0,00625
HAP (eq BaP[1])	347	347
COV totaux	3 118 154	3 047 066
HCl	29 228	54 296
HF	11 807	14 360
NO_x	10 166 463	10 688 312
SO_2	15 644 187	12 288 072

[1] *équivalent Benzo(a)pyrène*

Tableau 4 : Détail des émissions de COV

Polluant	Flux annuel (kg/an)		Polluant	Flux annuel (kg/an)	
	2 005	2 011		2 005	2 011
1,1,1-trichloroéthane	-	0,2	i-butane	29 425	29 425
1,3 butadiène	159	150	i-butene	5 335	5 335
acétaldéhydes	286 183	286 183	i-formiates/acétates	299	299
acétate de n-butyle	2 685	2 685	Isobutyl Oxyde	24	24
Acétone	2 436	2 576	Isopentane	3 017	1 620
Acide formique	178	178	M-E-cétone	257	257
Acrylonitrile	193	193	Mercaptans	--	242
AL2O3	321	321	Méthane	5 141	5 141
Alcane	1 941	1 042	Méthanol	64 094	64 094
Aldéhydes/cétones (assimilés acroléine)	-	86	Méthyl cyclopentane	6 246	3 355
Aldéhydes/cétones (assimilés formaldéhyde)	-	212	Méthyl-2 butène	1 777	955
aliphatic nC5-nC8	157 435	126 233	Méthyl-2 heptane	3 995	2 146
aliphatics nC8-nC12	88 880	60 000	Méthyl-3 Hexane	5 985	3 215
Allyl alcool	1 000	1 000	Méthyl-3 Pentane	4 191	2 251
Ammoniac		22 722	Méthylcyclohexane	5 218	2 803
Benzène	41 443	38 766	MgO	230	230
CaO	1 286	1 286	MPG	413	413
Chlorobenzènes	11	11	MTBE	425 234	420 834
Chloroforme	9 400	2	Naphtalène	74 033	75 002
Chlorure de méthylène	-	210	n-butane	38 987	38 977
Chlorure de vinyle	-	9 444	Nonane	2 399	1 561
Cl2	2 320	2 320	Octane	6 048	4 025
CO	40 390	1 862 566	pentane	28 611	24 370
cyclohexane	8 072	4 336	PO	9 818	9 818
dichloroéthane	132 328	132 403	propane	50 148	50 145
Diméthyl-1,3 cyclopentane+Diméthyl-2,2 hexane	5 202	2 794	Propylène	42 714	42 714
Diméthyl-3,3but-1-ène+ETBE	2 756	1 480	R134a tetrafluoroethane	6 860	6 860
EO	167	167	R22 chlorodifluoromethane	1 590	1 590
ETBE	6 914	6 914	SiO2	1 087	1 087
Ethane	1 392	1 392	Styrène	6 232	6 232
Ethanol	717	717	TBA	13 600	13 600
Ethylbenzène	9 204	8 080	TBHP	1 098	1 098
éthylène	264 600	258 200	Tétrachloroéthylène	-	112
H2S	7 349	5 687	Tétrachlorure de carbone	-	1,0
HCFC R123	790	790	Toluène	68 136	60 131
Heptane	10 306	5 536	Trichloroéthylène	-	84
hexane	1 102 863	1 134 262	xylène	67 144	62 793

3.2 Emissions aqueuses des industriels

Cette partie est détaillée dans le rapport de phase 1 présenté en annexe 5.

Comme pour les rejets atmosphériques, une base de données a été remplie par les industriels (pour l'année 2005). Cette base est disponible en annexe 4.

Les émissions aqueuses déclarées par les industriels sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Détail des émissions aqueuses

Polluants	Emissions annuelles (kg/an)	Polluants	Emissions annuelles (kg/an)
Sulfates	1 202 687	Cyanures	206
Chlorures	454 746	Chrome	184
Hydrocarbures	33 227	Aluminium	170
Fer	20 672	1,2-Dichloroéthane	146
Zinc	7 477	Etain	120
Manganèse	3 010	Cobalt	37
Phénols	1 027	Arsenic	26
Plomb	311	Cadmium	5.4
Cuivre	281	Mercure	1.0
Nickel	277	Chrome VI	0.2

Les principaux polluants rejetés sont les hydrocarbures, métaux et COV.

3.3 Emissions atmosphériques du trafic routier

Les polluants retenus dans le cadre de cette étude sont les NOx et les particules. Le diamètre pris en compte pour ces particules est de 1 µm.

Les émissions du trafic routier ont été quantifiées pour l'année 2005 et l'année 2010 (seule année disponible pour les projections de trafic) à partir :

- d'un état de trafic (comptage et vitesses des véhicules) fourni par la DDE[1]. On notera que pour 2010, les projections de trafics intègrent les projets de contournement de Martigues et Miramas ainsi que le projet d'aménagement de terminaux conteneurs (Fos 2XL),

  Les trafics pris en compte en 2010 ont tendance à augmenter par rapport à 2005.Seuls les tronçons 5 et 6 de la RN568 voient leur trafic fortement diminuer avec la mise en service de la déviation.
- d'une répartition du parc automobile (recherche ADEME-INRETS[2]),
- des facteurs d'émissions issus du programme COPERT III[3].

Ainsi, les émissions liées au trafic routier sont présentées dans le tableau suivant :

[1] DDE : Direction Départementale de l'Equipement

[2] Parc, usage et émissions des véhicules en France de 1970 à 2025, C. Hugrel et al., Rapport de convention ADEME/INRET-LTE n°01 03 035.t

3 COPERT III : Computer Programme to Calculate Emissions from Road Traffic -

Tableau 6 : Emissions atmosphériques du trafic routier pour 2005 et 2010

Zone	Tronçons	Emission en kg/an			
		Année 2005		Année 2010	
		NOx	Particules	NOx	Particules
RN 268	1	25 706	1 553	20 617	1 027
	2	12 627	762	10 127	505
	3	6 560	396	5 261	262
RN 568	1	7 784	549	6 108	403
	2	46 567	3 246	36 525	2 357
	3	20 834	1 466	16 338	1 068
	4	85 432	5 361	76 604	4 506
	5	53 425	3 353	7 710	416
	6	41 739	2 241	7 037	433
	déviation	-	-	66 338	2 988
RN 569	1	16 731	1 053	14 579	826
TOTAL		**317 405**	**19 980**	**267 244**	**14 791**

Malgré l'augmentation de trafic prévue d'ici 2010, on observe, sur l'ensemble des tronçons routiers, une diminution des émissions liée au renouvellement du parc automobile, à l'amélioration des technologies et à la mise en place de carburants plus propres.

En 2005, les émissions atmosphériques liées au trafic routier représentent :

- **317 t/an pour les NOx**
- **20 t/an pour les poussières**

Elles représenteront en 2010 :

- **267 t/an pour les NOx**
- **15 t/an pour les poussières**

3.4 Emissions atmosphériques du trafic maritime

La quantification des émissions du trafic maritime est beaucoup moins maitrisée que celle du trafic routier. On retiendra donc que les calculs effectués pour cette étude se basent sur de nombreuses hypothèses qui ne permettent de calculer qu'un ordre de grandeur des émissions.

Ainsi, pour cette étude :

- trois polluants ont été étudiés : les NOx, le SO_2 et les poussières,
- trois types d'émission ont été distingués : les émissions des navires en navigation, les émissions des navires en manœuvre et à quai et les émissions des remorqueurs sur le port de Fos,
- trois classes de navires ont été distinguées : les « petits » navires, d'un tonnage compris entre 0 et 5 000 T, les navires « intermédiaires », d'un tonnage compris entre 5 000 et 50 000 T et les « gros » navires, d'un tonnage compris entre 50 000 et 400 000 T, avec des caractéristiques différentes (nombre de moteur, puissance du moteur, temps de manœuvre, vitesse de navigation...)
- deux types de navires ont été retenus : les porte-conteneurs et les pétroliers,
- seuls les bateaux à destination des postes à quai inclus dans la zone d'étude (PAM, darses et Arcelor Mittal) ont été pris en compte,

- et une augmentation de 10% du nombre des navires circulant dans la zone de Fos en 2011 a été retenue.

Les données sur les navires circulant dans le golfe de Fos ont été fournies par le PAM. Les données sur les remorqueurs sont fournies par la société des remorqueurs de Fos : les Abeilles.

Sur la base de ces hypothèses, des comptages des navires et des facteurs d'émissions fournis par le rapport d'étude[1] ENTEC de Juillet 2002, les émissions liées au trafic maritime sont évaluées à 1 835 T/an pour les NOx, 1 742 T/an pour le SO_2 et 209 T/an pour les poussières en 2005.

Le détail des émissions est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Emissions atmosphériques du trafic maritime

	Emissions annuelles (T/an)					
	NOx		**SO_2**		**Poussières**	
	2005	2011	2005	2011	2005	2011
Navires en navigation	157	173	109	173	-	-
Navires en manœuvre ou à quai	1 150	1 265	1 217	1 339	209	230
Remorqueurs	528	528	416	416	-	-
Emissions totales	**1 835**	**1 966**	**1 742**	**1 874**	**209**	**230**

Ainsi, les émissions atmosphériques liées au trafic maritime représentent :

- **1 835 t/an en 2005 et 1 966 t/an en 2011 pour les NOx**
- **1 742 t/an en 2005 et 1 874 t/an en 2011 pour le SO_2**
- **209 t/an en 2005 et 230 t/an en 2011 pour les poussières**

[1] « Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in European Community », *European Commission, Final Report, Juillet 2002, Entec UK Limited*

3.5 Bilan des émissions sur la zone

L'ensemble des émissions des industriels, du trafic routier et du trafic maritime sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Bilan des émissions globales de la ZIP

Polluant	Emissions annuelles (kg/an)	
	2005	2011
Antimoine	763	847
Arsenic	310	328
Cadmium	647	753
Chrome	1 566	1 586
Cobalt	170	269
Manganèse	3 915	3 898
Mercure	135	247
Nickel	3 106	3 191
Plomb	9 596	10 452
PM	9 484 448	9 222 736
PM 10*	27 421 597	26 849 395
PM > 10	20 843 216	20 005 093
Dioxines/Furanes	0,00997	0,00625
HAP (eq BaP[1])	347	347
COV totaux	3 118 154	3 047 066
HCl	29 228	54 296
HF	11 807	14 360
NO_x	12 319 033	12 921 470
SO_2	17 385 719	14 162 159

[1] *équivalent Benzo(a)pyrène*

4 Phase 2 : Caractérisation de la zone d'étude et schéma conceptuel de l'exposition

4.1 Délimitation de la zone d'étude

La taille du domaine d'étude a été fixée en fonction de la dispersion d'un polluant traceur autour du site. Les caractéristiques du modèle utilisé et les phénomènes physiques pris en compte sont présentés dan le §6.1 : Estimation des niveaux d'exposition.

Le polluant traceur choisi pour dimensionner le domaine est le dioxyde de soufre : polluant typiquement industriel, souvent émis par des sources canalisées de grandes dimensions (panache étendu), et pour lequel on dispose de nombreuses mesures au niveau des stations de mesures de la qualité de l'air du réseau AASQA.

Trois critères ont été pris en compte pour dimensionner le domaine d'étude :

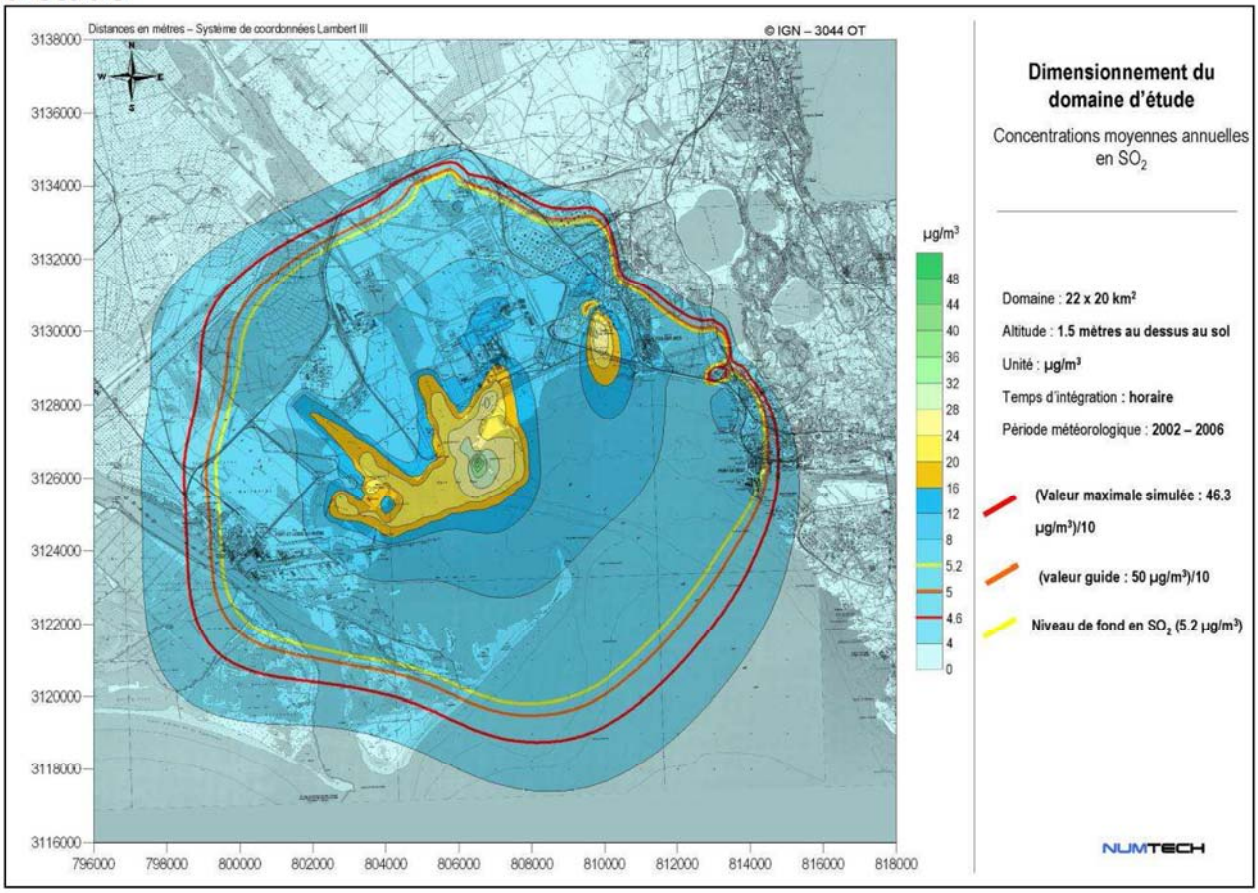
- Le domaine doit contenir la valeur 1/10 de la concentration maximale obtenue en SO_2 autour des sources,
- Le domaine doit contenir la valeur 1/10 de la valeur guide retenue (OMS) pour le SO_2,
- Les valeurs doivent correspondre au niveau de pollution de fond aux limites du domaine.

Les premières simulations ont été réalisées, dans le cadre du dimensionnement du domaine d'étude, à partir des éléments fournis par les industriels en SO_2, pour la période météorologique 2002 – 2006. La Figure 5 représente les concentrations moyennes annuelles simulées en SO_2, ainsi que les isocontours correspondants :

- à la valeur guide/10. De façon préliminaire, la valeur guide OMS de 50 µg/m^3 en moyenne annuelle a été retenue.
- à la valeur maximale simulée sur le domaine divisée par 10, la valeur maximale simulée étant de 46.3 µg/m^3.
- au niveau de fond en SO_2 correspondant à la concentration moyenne minimale mesurée sur la période 2002-2006 aux stations du réseau de surveillance de la qualité de l'air sur le domaine d'étude, soit 5,2 µg/m^3 (niveau mesuré à la station AIRFOBEP de Port-Saint-Louis).

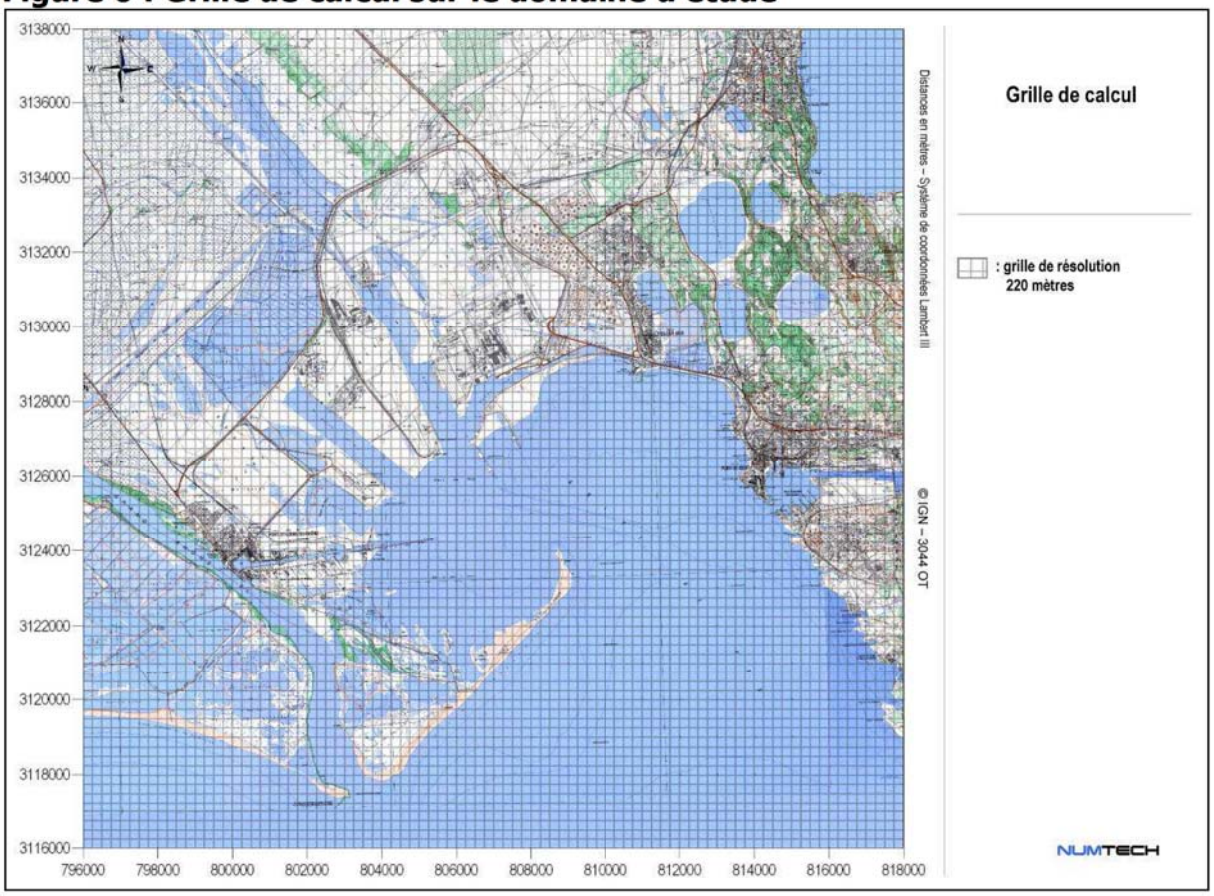
Compte tenu des résultats obtenus et afin de répondre à l'ensemble des critères, il a été convenu de retenir un domaine d'étude de 22 x 22 km (Figure 6).

Figure 5 : Simulation en SO_2 ayant servi à dimensionner le domaine d'étude



Les calculs ont été réalisés sur une grille de résolution 220 mètres (100x100 points) couvrant l'ensemble du domaine d'étude. Les valeurs de concentration et de dépôt au sol ont ensuite été simulées en chaque point de cette grille, permettant ainsi de cartographier les rejets autour des sites et sur l'ensemble du domaine d'étude. Le système géographique utilisé pour cette étude est le système national Lambert III.

Figure 6 : Grille de calcul sur le domaine d'étude



4.2 Surveillance de la qualité de l'air sur la ZIP

L'association agréée pour la surveillance et la qualité de l'air Airfobep réalise des mesures en continu de la qualité de l'air sur la région de l'étang de Berre et de Fos. Six stations de mesures sont présentes sur la zone étudiée. Ce sont des stations urbaines ou industrielles. L'objectif des stations urbaines est de fournir des informations sur le niveau d'exposition moyen des populations dans les centres urbains. Celui des stations industrielles est de fournir des informations sur les concentrations représentatives du niveau maximum de pollution induit par des phénomènes de panache ou d'accumulation à proximité d'une source industrielle.

Ces stations sont localisées sur la Figure 7. Il s'agit des stations de :

- Fos Carabins (station urbaine),
- For sur mer (station urbaine),
- Port-de-Bouc EDF (station urbaine),
- Port-de-Bouc la Lèque (station urbaine),
- Port-de-Bouc Castillon (station industrielle),
- Port-Saint-Louis (station industrielle).

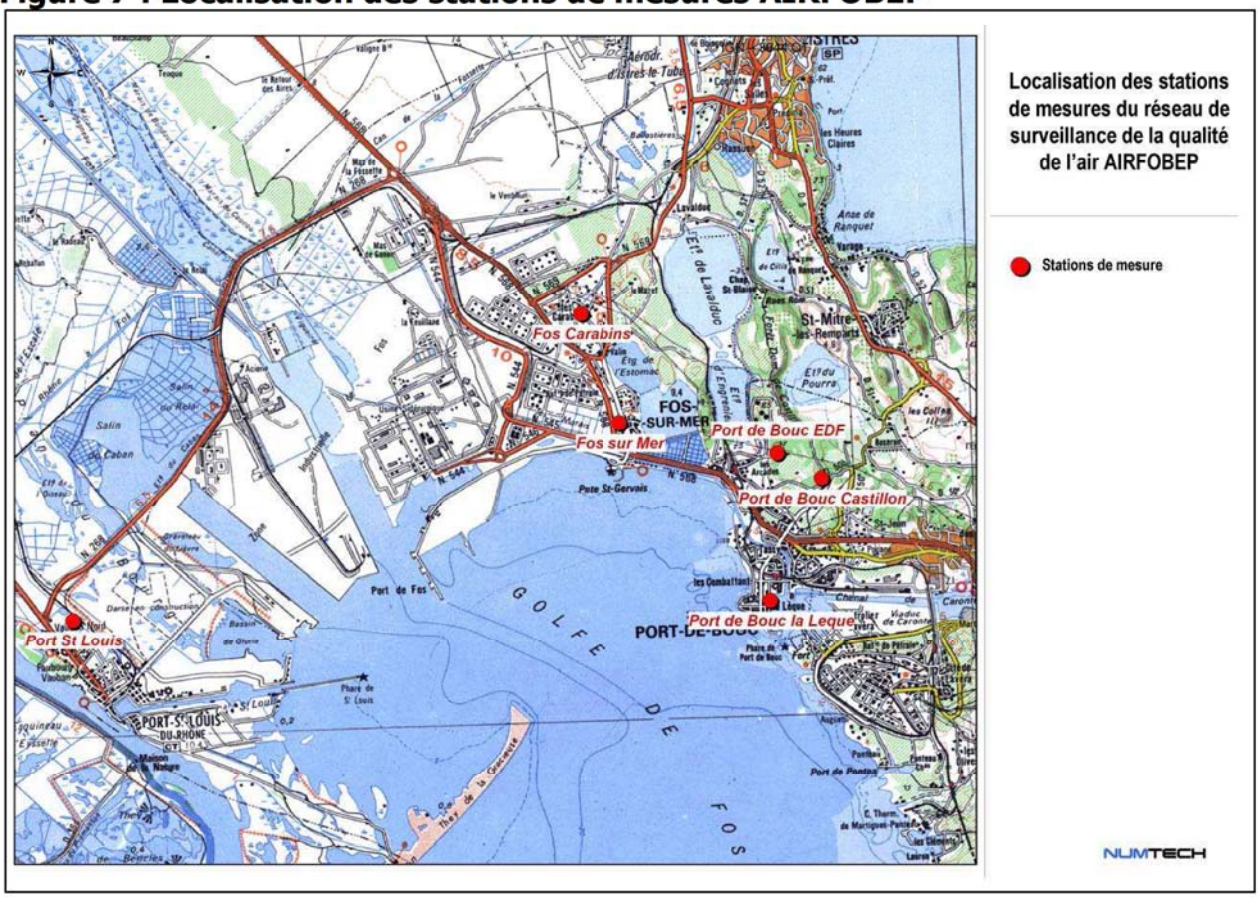
Les valeurs mesurées en SO_2, qui ont été utilisées pour la validation du modèle sur le domaine d'étude, sont reportées dans le tableau suivant.

On constate que les niveaux les plus faibles sont mesurés sur les stations de Fos Carabins et de Port-Saint-Louis. Les stations de Fos-sur-Mer et de Port-de-Bouc La Lèque sont soumises aux concentrations moyennes annuelles les plus fortes (20.4 µg/m^3 en moyenne entre 2002 et 2006 pour les deux stations, avec un maximum de 26 µg/m^3 en 2002 à Port-de-Bouc La Lèque et en 2004 à Fos-sur-Mer). On notera que toutes les valeurs mesurées sont inférieures à la valeur réglementaire de 50 µg/m^3 (valeur fixée par le décret n°2002-213 du 15 février 2002).

Tableau 9 : Concentrations moyennes annuelles en SO2 mesurées par AIRFOBEP sur le domaine d'étude (µg/m^3)

Concentrations moyennes annuelles en SO_2 mesurées par AIRFOBEP sur le domaine d'étude (µg/m^3)						
Station	**Fos Carabins**	**Fos-sur-Mer**	**Port-de-Bouc EDF**	**Port-de-Bouc la Lèque**	**Port-de-Bouc Castillon**	**Port-Saint-Louis**
2006	6	19	13	21	15	6
2005	6	17	11	16	11	6
2004	8	26	12	14	14	4
2003	8	19	14	25	15	6
2002	6	21	13	26	13	4
Moyenne	6,8	20,4	12,6	20,4	13,6	5,2

Figure 7 : Localisation des stations de mesures AIRFOBEP



4.3 Validation du modèle de dispersion

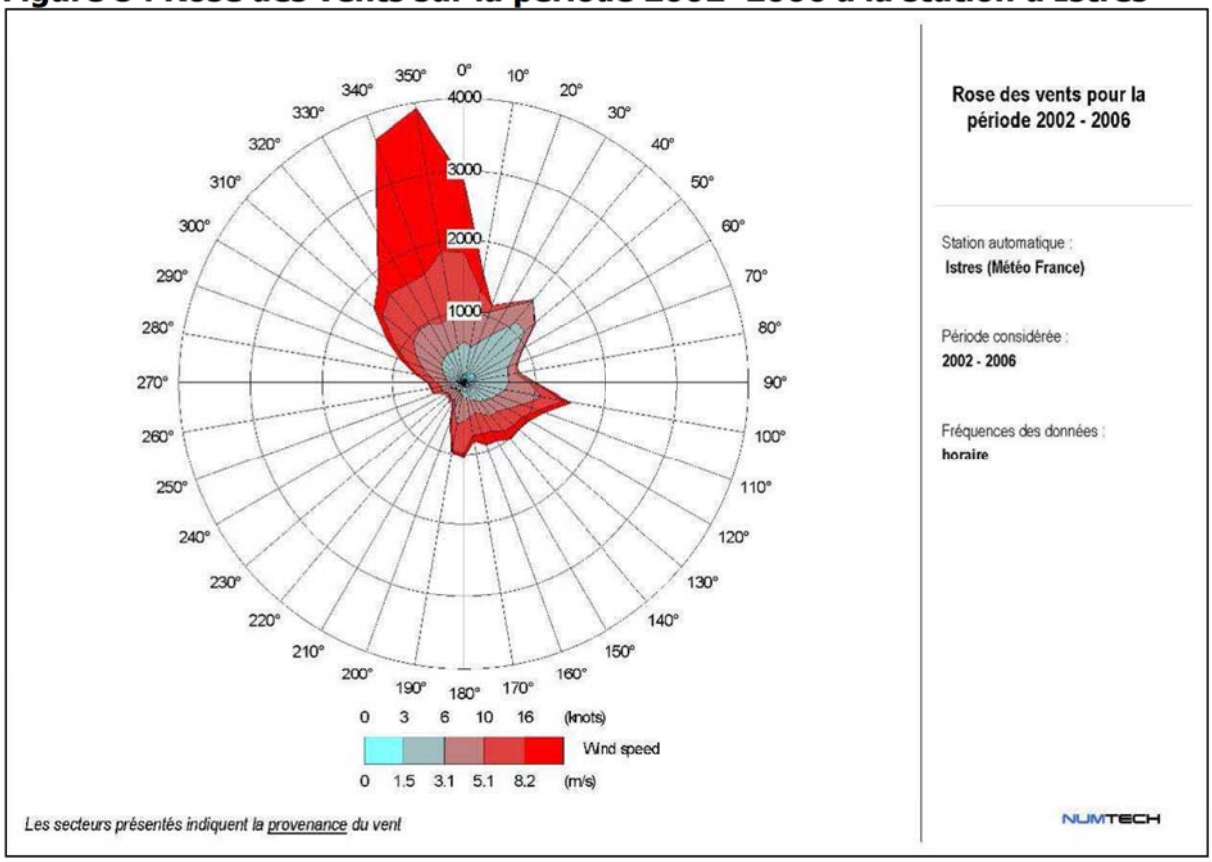
4.3.1 Validation des données météorologiques

La connaissance des paramètres météorologiques est primordiale pour l'étude de la dispersion des rejets dans l'atmosphère. La direction et la vitesse du vent, la température de l'air et la nébulosité sont des grandeurs physiques qui permettent de bien représenter la climatologie locale, en particulier les mouvements d'air dans les premières couches de l'atmosphère.

L'étude s'est appuyée sur les données météorologiques provenant de la station Météo France d'Istres (aéroport Istres-le-Tube). Ces données sont : température, vitesse et direction du vent, nébulosité, et précipitations mesurées à fréquence horaire sur une période de 5 années (2002 – 2006).

La direction et la vitesse du vent, paramètres conditionnant la dispersion des rejets, sont représentées sur la Figure 9 pour les données initiales mesurées à la station d'Istres. La rose des vents montre des vents dominants provenant du nord/nord-ouest (direction 320 à 360°), correspondant au mistral. Ces vents représentent 34% des situations rencontrées. Les vents de nord-est (autour de 40°) et d'est/sud-est (100°) ne sont pas négligeables. Les vents faibles (<1m/s) représentent environ 5% des conditions météorologiques observées sur la période 2002-2006.

Figure 8 : Rose des vents sur la période 2002–2006 à la station d'Istres



A partir des données d'occupation des sols, le module dynamique FLOWSTAR (inclus dans le modèle ADMS) recalcule pour chaque donnée météorologique, les champs de vent et de turbulence modifiés par la rugosité de surface, sur le domaine d'étude, et sur plusieurs niveaux verticaux (jusqu'à 2000 mètres au-dessus du sol).

Trois stations Météo France sont situées à proximité de la zone étudiée :

- la station d'Istres, altitude : 20 m,
- la station de Marignane, altitude : 8 m,
- la station de Salon de Provence, altitude : 71 m.

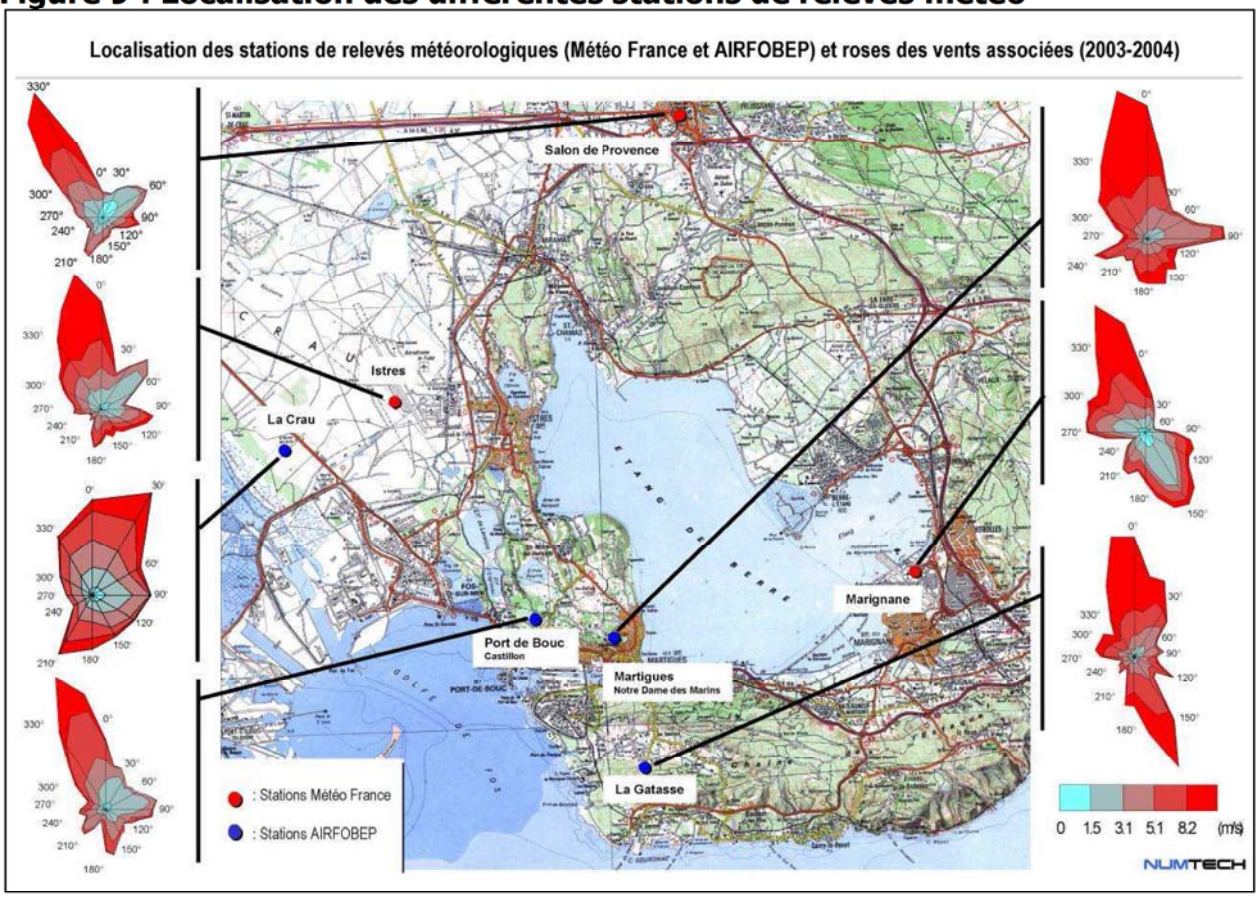
Par ailleurs, plusieurs stations du réseau de surveillance de la qualité de l'air AIRFOBEP existent sur la région de l'étang de Berre. Les stations les plus éloignées ont permis de valider le choix de la station retenue. Ces stations sont :

- la station de Port-de-Bouc Castillon, altitude : 64 m,
- la station de Martigues, Notre Dame des Marins, altitude : 103 m,
- la station de la Gatasse, altitude : 120 m,
- la station de la Crau, altitude : 5m.

La Figure 9 localise les stations Météo France et AIRFOBEP citées ci-dessus. Pour chaque station, la rose des vents obtenue pour les années 2003-2004 (années disponibles pour toutes les stations concernées) est présentée.

Sur l'ensemble des roses des vents, on observe la forte signature du nord/nord-ouest due au Mistral. Sur les stations les plus au sud, on observe des flux synoptiques (mouvements à grande échelle) du sud-est. Pour les stations de Martigues (Notre Dame des Marins) et de la Gatasse, qui sont situées à des altitudes plus élevées que les autres, on observe plus de vents forts, et des flux moins perturbés par la surface, qui correspondent plus aux flux synoptiques.

Figure 9 : Localisation des différentes stations de relevés météo



La station de la Crau, la plus proche de la zone étudiée, a été écartée d'emblée car elle n'est pas considérée comme fiable par AIRFOBEP (on observe d'ailleurs pour cette station une rose des vents assez différente des autres).

A Istres, on observe une configuration classique de l'ouest de l'étang de Berre. On retrouve les vents dominants du nord/nord-ouest (mistral), ainsi que les flux de sud/sud-ouest correspondant à la fois à la brise de mer (flux thermiques) et aux flux synoptiques. Les vents d'est correspondent à une faible brise d'étang. On retrouve en effet ces vents de façon plus marquée sur les roses de Port-de-Bouc, et surtout de Martigues, qui est la plus proche de l'étang. On observe également à Istres une part importante de vents provenant du secteur nord-est (45°) qui correspondent à une brise de terre. Ceci est confirmé par la rose de Salon sur laquelle on retrouve ces vents. Mis à part ces vents de nord-est, on observe que la rose des vents d'Istres est assez similaire à celle de Port-de-Bouc, qui se situe

relativement près de la zone étudiée, et est représentative de la météo rencontrée au sud ouest de l'étang de Berre.

La station de Marignane est plus représentative des conditions observées au sud-est de l'étang de Berre. Sur la rose des vents de cette station on retrouve la dominance du mistral. Les vents provenant du secteur ouest (280°) correspondent à la brise d'étang. De plus, on observe clairement l'influence du couloir de Marseille, qui donne une proportion importante de vents du sud-est (150°). Cette direction n'est pas du tout présente sur les roses de la côte ouest de l'étang, excepté à la Gatasse où ils correspondent en fait aux flux synoptiques puisque cette station est située en altitude. On a donc ici une rose des vents très marquée avec deux grandes directions dominantes, assez différente de la rose des vents observée à Istres.

La station Météo France d'Istres a finalement été considérée comme la plus représentative de la météorologie observée sur la zone étudiée.

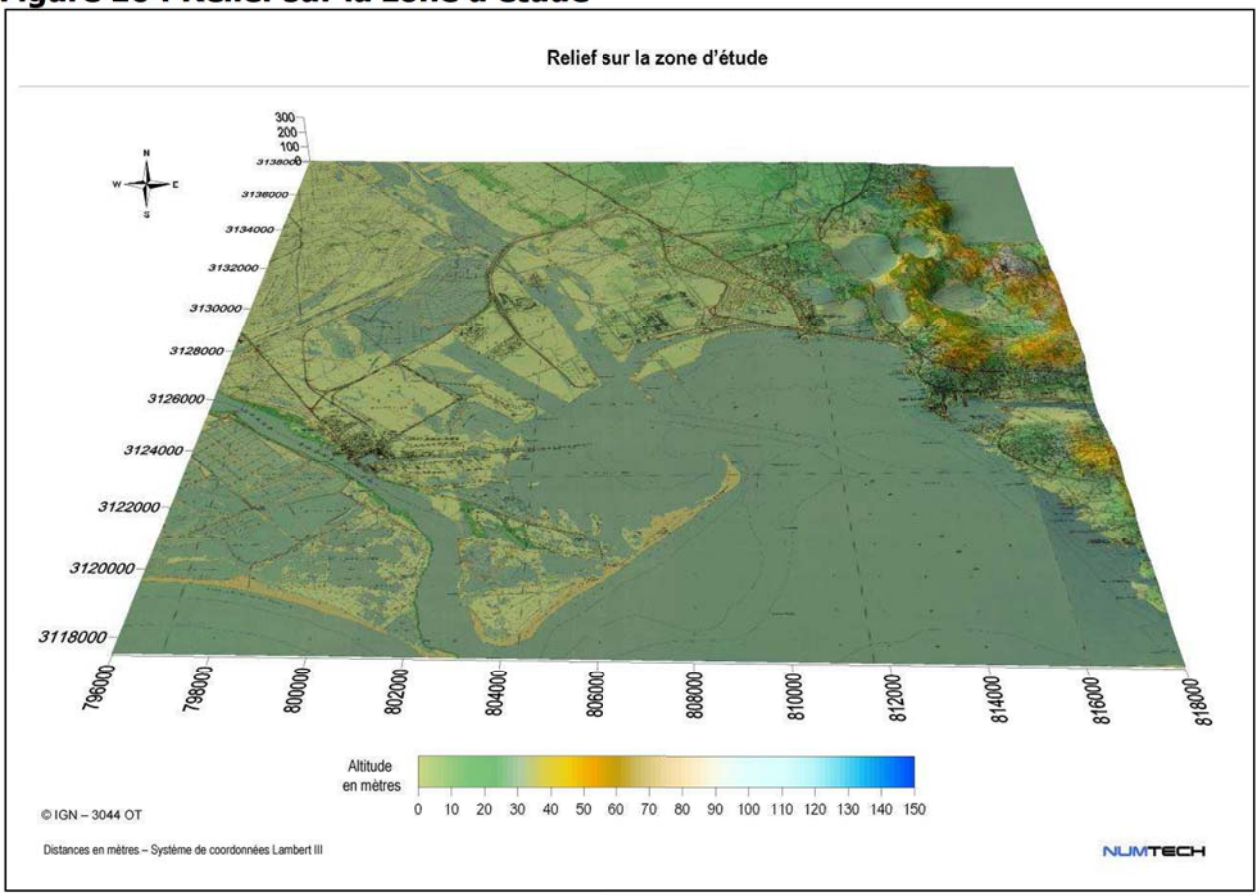
4.3.2 Comparaison des concentrations moyennes annuelles simulées avec celles mesurées au niveau des stations AIRFOBEP

La comparaison des résultats du modèle aux valeurs mesurées par AIRFOBEP en SO_2 (polluant traceur de la pollution industrielle) a permis dans un premier temps d'ajuster les paramètres du modèle (validation de l'ordre de grandeur) afin d'obtenir les meilleurs résultats, et dans un deuxième temps de valider le modèle sur la zone. Le calage a principalement porté sur l'ajustement des paramètres d'occupation des sols et de rugosité (de la zone d'étude et de la zone où a été faite la mesure initiale du vent – Station d'Istres).

Pour cette étude, il a été choisi de ne pas prendre en compte le relief. En effet, celui-ci est peu marqué sur la zone. Seul l'est de la zone d'étude, correspondant au début de la chaîne de l'Estaque, et au relief autour de l'étang de Berre, est légèrement marqué.

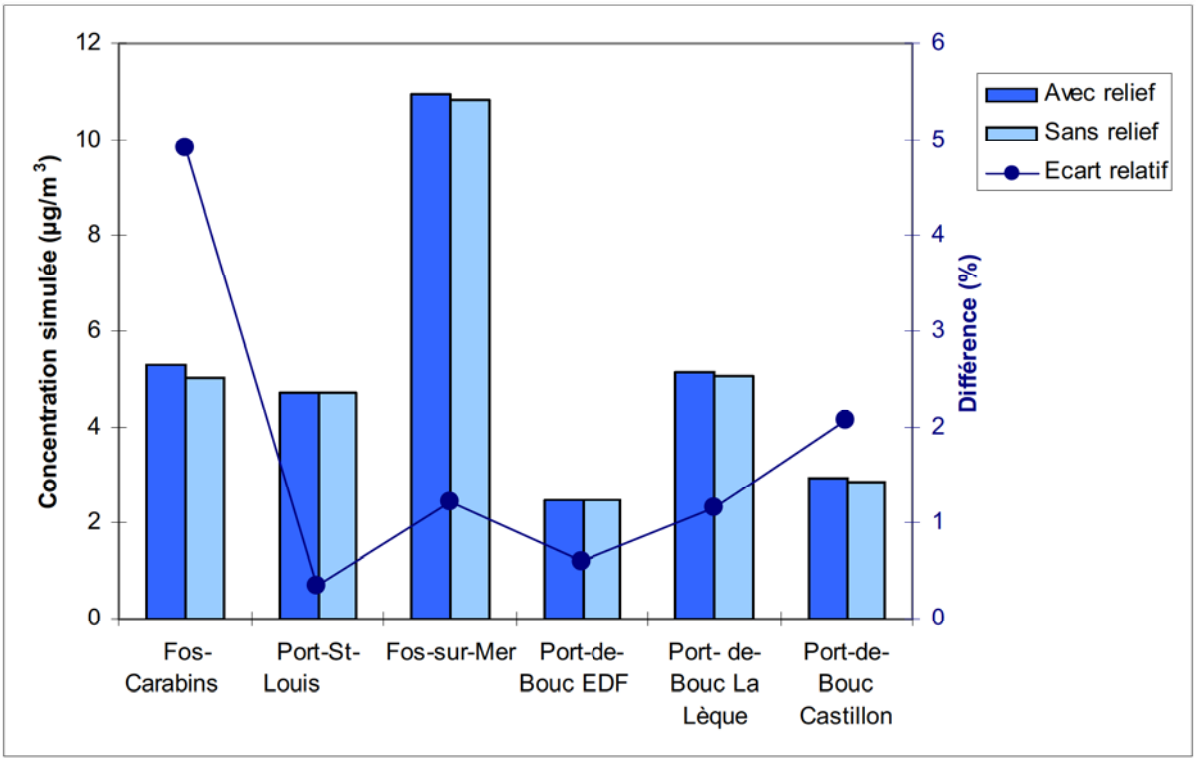
Le relief de la zone est présenté au niveau de la Figure 10.

Figure 10 : Relief sur la zone d'étude



Des tests ont été réalisés sur l'influence du relief sur les concentrations simulées au niveau des différentes stations AIRFOBEP (Figure 11). Ils montrent que l'impact du relief reste faible sur les concentrations simulées, il est au maximum de l'ordre de 5%. La non prise en compte du relief semble conduire à une légère surestimation des concentrations simulées.

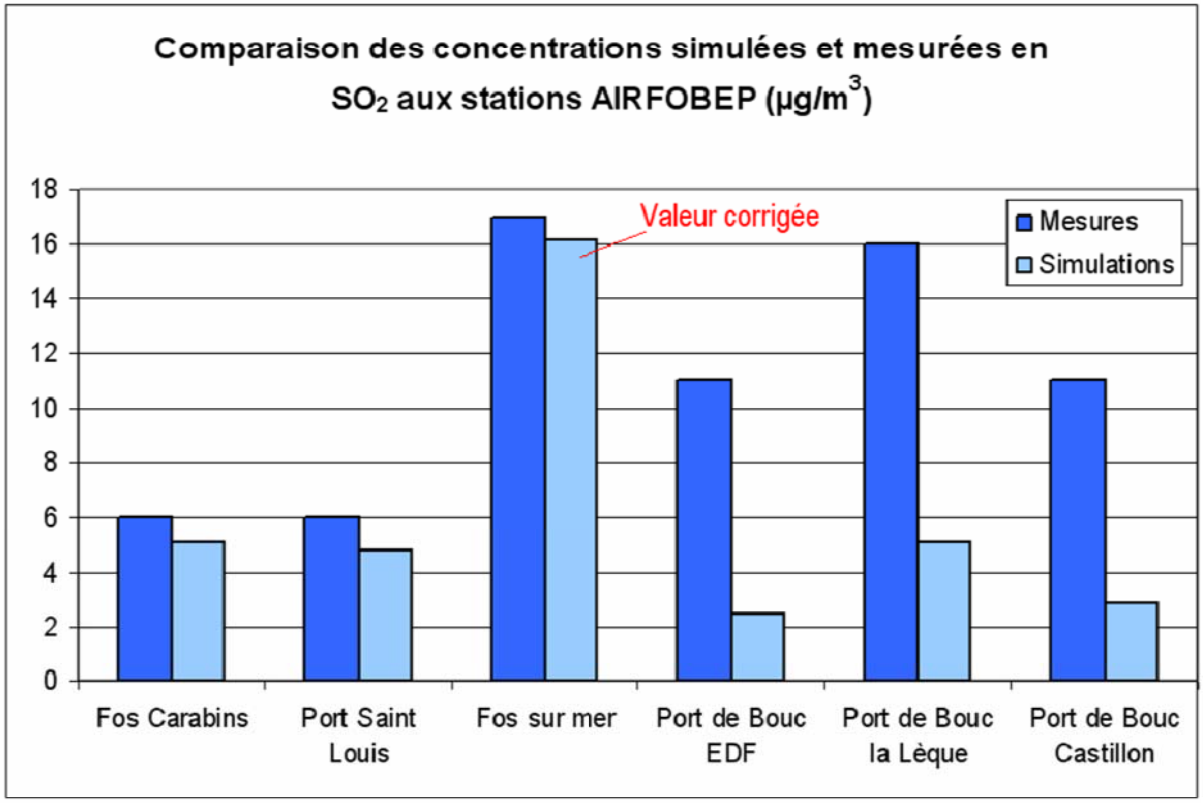
Figure 11 : Influence de la prise en compte du relief sur les concentrations simulées



La comparaison des concentrations moyennes annuelles simulées aux mesures réalisées par le réseau de capteurs AIRFOBEP a été réalisée en utilisant les données météorologiques de l'année 2005, puisque l'inventaire d'émissions réalisé par BURGEAP porte sur 2005. Elle concerne le SO_2, traceur de la pollution industrielle, émis par très peu de sources naturelles, et largement surveillé sur la zone.

La Figure 12 présente les concentrations moyennes annuelles simulées et mesurées en SO_2 au niveau des stations AIRFOBEP. On constate que les valeurs mesurées semblent mieux restituées à certaines stations qu'à d'autres.

Figure 12 : Comparaison des concentrations simulées et mesurées en SO_2 aux stations AIRFOBEP

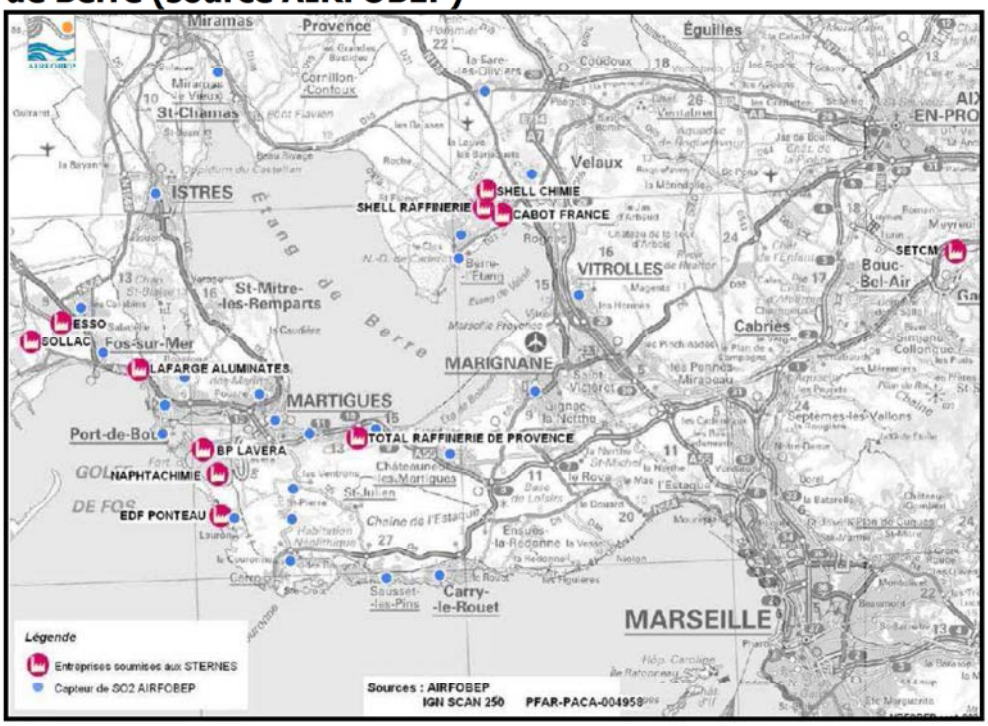


Aux stations de Port-Saint-Louis et de Fos Carabins, qui sont les plus proches des principaux émetteurs, les niveaux sont bien restitués, la faible différence pouvant s'expliquer par l'existence d'un bruit de fond entre les deux calculs.

Au niveau de Fos-sur-Mer, qui est également une station proche d'un grand nombre de sources, la concentration initialement simulée est de 10,8 µg/m^3, pour une mesure de 17 µg/m^3. Toutefois, le gradient de concentration étant élevé à proximité de ce capteur, des tests ont permis de montrer qu'en déplaçant le point de calcul de quelques dizaines de mètres par rapport à la position réelle de la station de mesure, la concentration simulée se rapprochait beaucoup de la mesure. Ainsi, en déplaçant le capteur de 100 mètres, on obtient 16,2 µg/m^3 (valeur corrigée) pour une mesure de 17 µg/m^3. Cette station a donc également été validée.

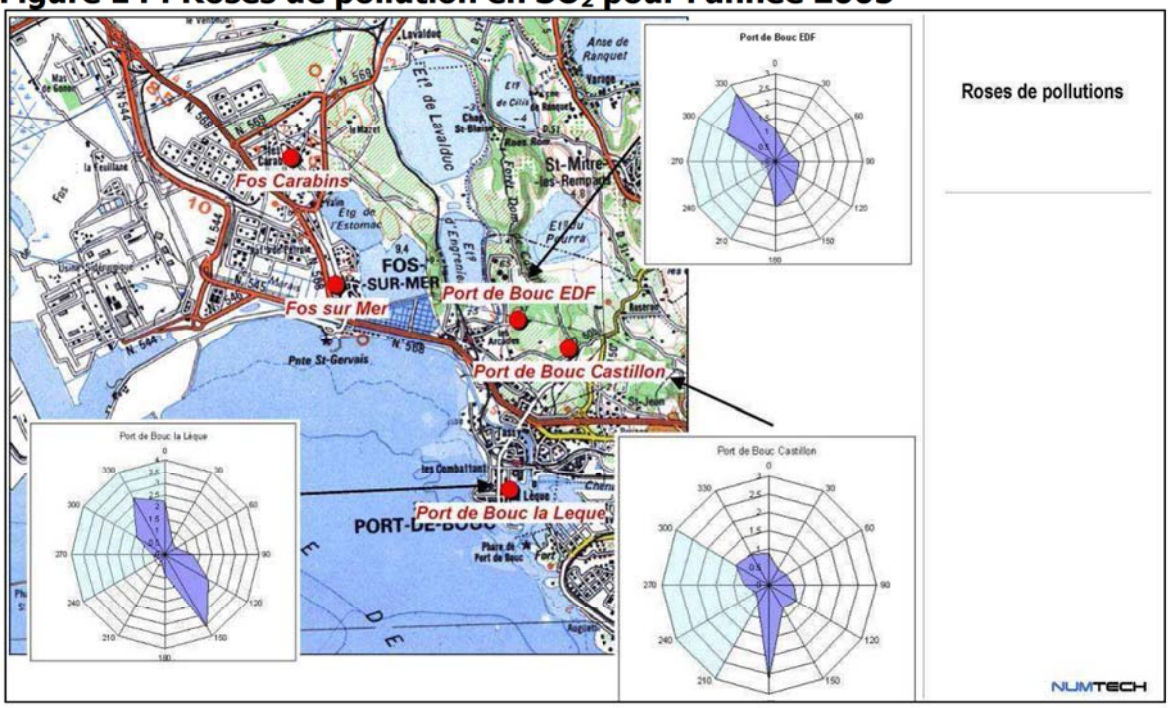
Pour les trois stations restantes, les concentrations simulées sont nettement inférieures aux mesures du réseau AIRFOBEP. Cette différence s'explique par le fait que ces trois stations sont toutes situées à l'est des sources étudiées, au niveau d'une zone impactée par d'autres émissaires importants de SO_2, localisés au sud-est (sud de la zone de l'étang de Berre). La Figure 13 présente une carte des principaux émissaires de SO_2 localisés autour de l'étang de Berre, les points bleus représentant les stations de mesure de la qualité de l'air.

Figure 13 : Localisation des principaux émissaires de SO_2 sur la région de l'étang de Berre (source AIRFOBEP)



La figure suivante présente pour chacune des trois stations où l'on observe une différence importante entre valeur simulée et valeur mesurée (Port-de-Bouc EDF, Port-de-Bouc la Lèque et Port-de-Bouc Castillon), la rose de pollution associée, établie sur l'année 2005 (année utilisée pour le calage du modèle) à partir des relevés horaires d'AIRFOBEP.

Figure 14 : Roses de pollution en SO_2 pour l'année 2005



Une rose de pollution représente la concentration moyenne mesurée pour chaque direction de vent. Les secteurs colorés en bleu clair représentent les secteurs de vents pour lesquels au moins l'une des sources de SO_2 prises en compte dans l'étude, impacte la station de façon directe. Ces secteurs ont

une ouverture de 90 à 120°. Cela signifie qu'en dehors de ces secteurs (et en ne tenant pas compte des phénomènes de recirculation) les vents qui impactent ces stations ne transportent pas les rejets des sources étudiées.

Pour chacune des trois stations, on observe une rose avec deux directions prédominantes : l'une provient de la ZI de Fos-sur-Mer, l'autre du sud-est, c'est à dire de la zone de Lavéra. On constate que la partie provenant de Lavéra est loin d'être négligeable sur chacune de ces roses, ce qui explique donc la différence entre les valeurs mesurées (qui prennent en compte l'influence de tous les émissaires de la zone) et les valeurs simulées (qui ne prennent en compte que les émissaires de la ZI de Fos-sur-Mer) observées sur la Figure 12.

En conclusion, les ordres de grandeurs donnés par le modèle sont donc tout à fait cohérents avec les mesures effectuées par les capteurs AIRFOBEP de la zone de Fos, à l'exception de l'est du domaine d'étude, zone pour laquelle les niveaux de SO_2 estimés par le modèle sont sans doute sous-estimés, en raison d'un impact des sources industrielles de Lavéra. A noter que pour les autres polluants étudiés, cette sous-estimation des concentrations simulées à l'est devrait être moins importante.

4.4 Caractérisation de la population présente sur le domaine d'étude

4.4.1 Population générale

Les populations concernées par l'évaluation des risques sanitaires liés aux rejets des installations de la ZIP sont les populations des zones résidentielles avoisinantes, à savoir : Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône et Port-de-Bouc.

A partir des données INSEE (recensement de la population en 1999), nous décrivons les populations en termes d'effectif total, de répartition par tranche d'âge et par sexe.

L'effectif total de la population est de 39 231 habitants et se répartit par commune de la façon suivante :

Tableau 10 : Effectif total de la population et superficie totale

Commune	Population totale	Superficie (hectares)
Fos-sur-Mer	14 007	9 231
Port-Saint-Louis-du-Rhône	8 118	7 338
Port-de-Bouc	17 106	1 146
TOTAL	**39 231**	**17 715**

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

Tableau 11 : Répartition en pourcentage de la population totale par tranche d'âge

Commune	0-19 ans	20-39 ans	40-59 ans	60-74 ans	>75 ans
Fos-sur-Mer	30%	29%	29%	9%	3%
Port-Saint-Louis-du-Rhône	24%	27%	26%	15%	7%
Port-de-Bouc	25%	26%	27%	16%	6%
TOTAL	27%	27%	28%	13%	5%

Le tableau suivant présente, par commune, la répartition de la population totale par sexe.

Tableau 12 : Répartition en pourcentage de la population totale par sexe

Commune	homme	femme
Fos-sur-Mer	51 %	49 %
Port-Saint-Louis-du-Rhône	49 %	51 %
Port-de-Bouc	50 %	50 %
TOTAL	**50 %**	**50 %**

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

Tableau 13 : Répartition en pourcentage des populations des résidences principales et secondaires

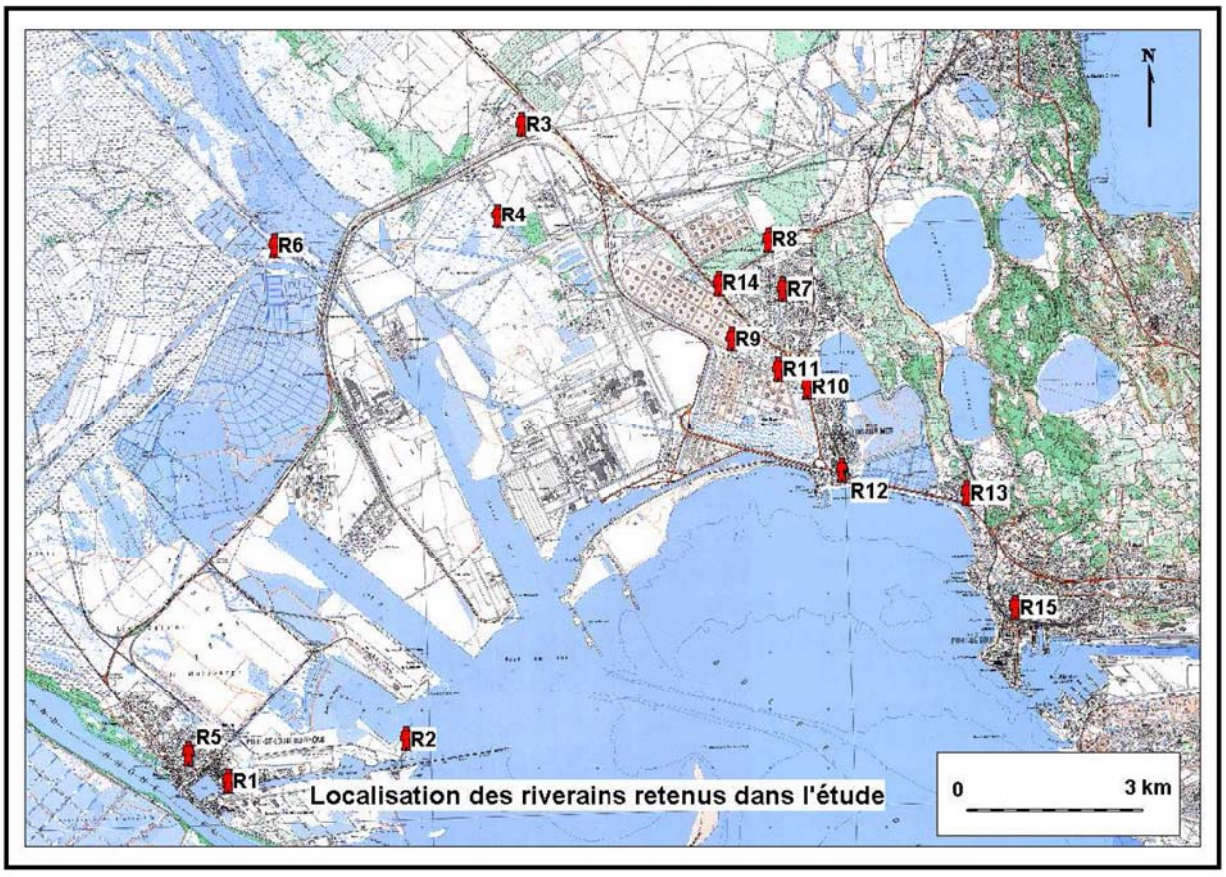
Commune	Population des résidences principales	Population des résidences secondaires
Fos-sur-Mer	99 %	1 %
Port-Saint-Louis-du-Rhône	99 %	1 %
Port-de-Bouc	98 %	2 %
Répartition sur l'ensemble des communes	**99 %**	**1 %**

L'analyse des tableaux précédents montre que l'environnement du site, en termes de population, est peu peuplé avec une densité[1] d'environ 221 habitants au kilomètre carré (densité moyenne sur la commune). La population est jeune puisque près de 27 % ont moins de 20 ans et près de 60 % sont en âge de travailler. La répartition homme-femme au sein des différentes communes montre une parfaite égalité. La quasi-totalité de la population réside toute l'année sur le domaine d'étude. **Ces données seront utiles pour définir les scénarios d'exposition.**

[1] *Densité moyenne sur la commune. La densité en centre-bourg est donc plus élevée*

Les populations les plus exposées correspondent aux habitations les plus proches des installations. Ainsi, une dizaine d'habitations non exhaustives (riverains les plus proches et centre ville) ont été identifiées et font l'objet de calcul spécifiques. Ces habitations sont présentées sur la figure suivante :

Figure 15 : Localisation des riverains – récepteurs



4.4.2 Localisation d'établissements spécifiques

Le tableau suivant établit la liste des établissements situés à proximité de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer pouvant recevoir des populations dites « sensibles » (compte tenu de leur âge et de leur état de santé) à savoir écoles maternelles et primaires, crèches, maisons de retraite et établissements de santé.

Tableau 14 : Liste des établissements pouvant recevoir des populations sensibles

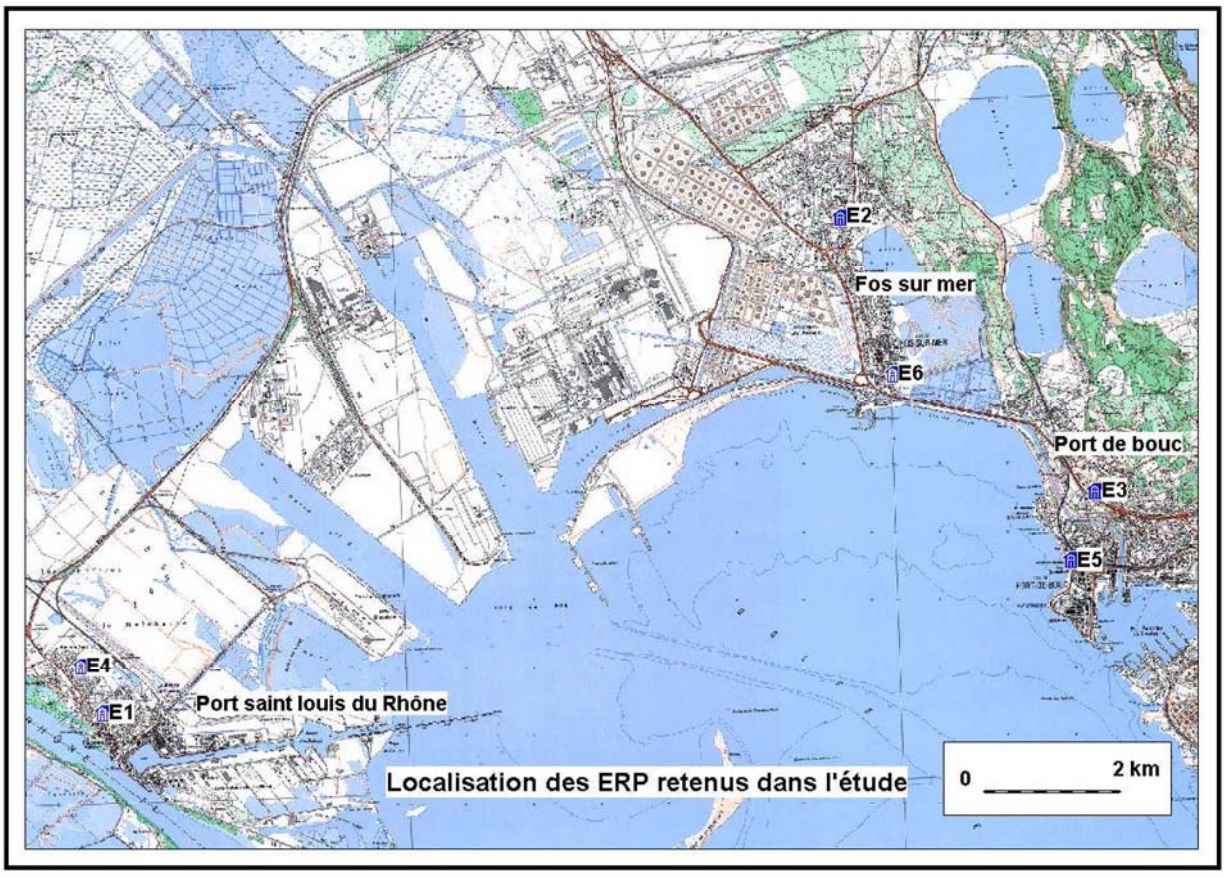
Commune	Ecoles	Crèches	Maisons de retraite	Etablissements de santé
Fos-sur-Mer	5	1	1	1
Port-St-Louis-du-Rhône	4	1	1	0
Port-de-Bouc	13	3	1	1

Parmi ces ERP, 6 écoles ont été retenues pour faire l'objet de calculs spécifiques. Elles sont présentées dans le tableau et sur la figure suivante :

Tableau 15 : Liste des ERP retenus pour la suite de l'étude

Type de récepteur	Numéro	Nom	Ville	Coordonnées Lambert III	
				X	Y
Ecole	E1	Anne Frank	Port-Saint-Louis-du-Rhône	799 712	3 124 344
	E2	Léonce Hérail	Fos-sur-Mer	810 612	3 131 670
	E3	Marcel Pagnol	Port-de-Bouc	814 368	3 127 588
	E4	France Bloch	Port-Saint-Louis-du-Rhône	799 394	3 125 037
	E5	Anatole France	Port-de-Bouc	814 015	3 126 567
	E6	Marie Mauron	Fos-sur-Mer	811 377	3 129 338

Figure 16 : Localisation des écoles - récepteurs

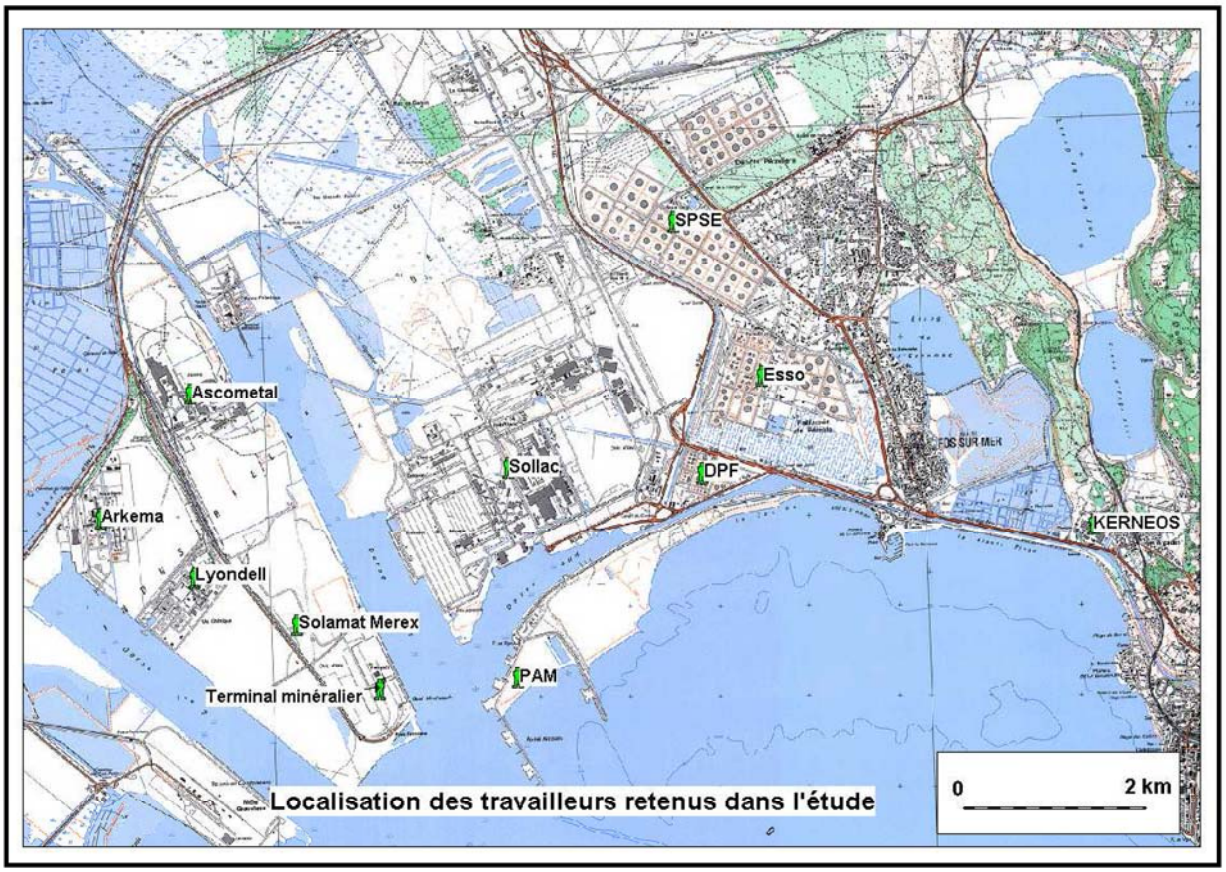


4.4.3 Localisation des travailleurs

En plus des populations résidentes au voisinage de la zone, les travailleurs sont eux aussi exposés aux rejets atmosphériques de la ZIP.

Il est à noter qu'il ne s'agit pas ici d'une étude d'hygiène industrielle, pour laquelle il existe des procédures adaptées. Les travailleurs les plus susceptibles d'être exposés à de fortes concentrations ont toutefois été retenus pour faire l'objet de calculs spécifiques ("risque sanitaire travailleurs"). Ils sont présentés sur la figure suivante :

Figure 17 : Localisation des travailleurs - récepteurs



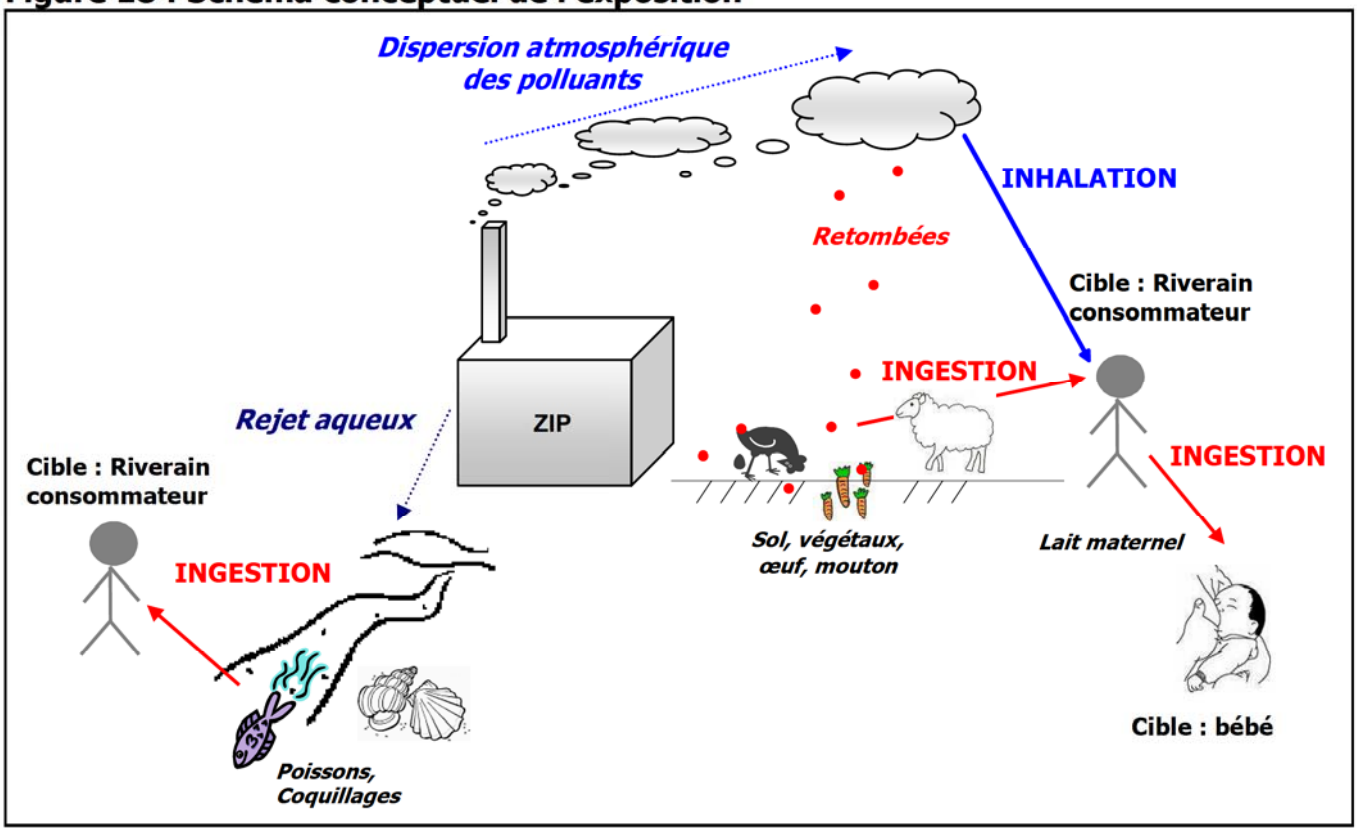
4.5 Schéma conceptuel de l'exposition

Un risque est défini par :

1 une source de contamination,
2 un vecteur de transfert de la contamination,
3 un milieu d'exposition,
4 une cible.

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

Figure 18 : Schéma conceptuel de l'exposition



L'évaluation porte sur les risques pour les populations humaines, exposées de façon chronique aux émissions atmosphériques gazeuses et particulaires, ainsi qu'aux émissions aqueuses du site.

Le transfert des polluants de la source vers la cible (l'homme) est direct et indirect. Les vecteurs de propagation sont l'air et l'eau.

4.5.1 Cibles

Compte tenu de l'environnement du site, nous prenons comme cibles :

- la population résidant dans la zone d'influence de la ZIP,
- la population sensible et plus particulièrement les écoles dans la zone d'influence de la ZIP,
- les travailleurs de la ZIP,
- les consommateurs de produits potagers dont les jardins sont situés dans la zone d'influence de la ZIP,
- les consommateurs d'œufs ou moutons élevés dans la zone d'influence de la ZIP,
- les pêcheurs dans le golfe de Fos.

4.5.2 Temps d'exposition

La durée d'exposition (T) sera prise égale :

- à 6 mois pour le nourrisson,
- à 7 ans pour le petit enfant (d'âge = 7 ans),
- à 11 ans pour l'enfant (d'âge compris entre 7 et 18 ans)
- à 30 ans pour une vie adulte, durée correspondant au 90ème percentile de la distribution des durées de résidence, en France, d'après les abonnements à EDF,
- à 30 ans sur une vie entière dont 7 ans d'exposition vie petit enfant, 11 ans d'exposition vie enfant et 12 ans d'exposition vie adulte.

Les périodes de temps sur lesquelles l'exposition est moyennée (Tm) sont prises égales à :

- 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,
- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques à seuil quelque soit la cible considérée.

4.5.3 Voies d'exposition

Pour les polluants gazeux et les particules (PM) dans la mesure où les effets pertinents correspondent à des expositions par voie respiratoire, seule cette voie est prise en compte.

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.

Pour les polluants s'adsorbant sur les particules (HAP, dioxines, métaux), les effets pertinents correspondent à des expositions par inhalation et par ingestion directe et indirecte :

- Pour les composés particulaires, l'exposition par inhalation s'ajoute à l'ingestion lorsque les particules sont « inhalables », c'est-à-dire que le diamètre des polluants particulaires est inférieur à 10 µm,

- De plus, pour les polluants s'adsorbant sur les particules (HAP, dioxines, métaux), l'exposition peut être indirecte via la bioaccumulation des polluants dans les plantes lors des transferts sols-plantes,
- Pour les dioxines qui se bio-accumulent tout particulièrement dans les graisses animales, l'exposition peut être indirecte également via l'ingestion de viande ou œufs.

Pour les rejets aqueux, le transfert n'est pas direct : les polluants sont d'abord propagés par l'eau puis se bio-accumulent dans les poissons et les coquillages qui sont ensuite pêchés et ingérés par la cible (l'homme).

Ainsi, les voies d'exposition des populations identifiées sont :

- **l'inhalation ;**
- **l'ingestion :**
  - de sol et de poussières ;
  - de légumes et fruits ;

    Les habitants des communes situées dans la zone d'influence des retombées du panache sont susceptibles d'avoir des jardins potagers.
  - de viande de mouton et d'œufs ;

    Au nord de la ZIP, se trouvent des élevages d'ovins (plus de 60% des troupeaux de moutons des Bouches du Rhône et près de 200 éleveurs) et il n'est pas exclu que les populations riveraines disposent de poulaillers privés.
  - de poissons et coquillages ;

    Le chalutage est interdit dans le golfe de Fos (bande des 3 miles) et la pêche est interdite dans les darses, milieux répertoriés insalubres mais des pratiques de pêche sont néanmoins observées.

    Le ramassage des produits de la mer est interdit au niveau des darses, mais la Darse 1 abrite quelques naissains de moules. L'anse de Carteau (à Port-Saint-Louis-du-Rhône) abrite une zone conchylicole et plus précisément des parcs à moule au sud du débouché de la Darse 1, ainsi qu'un élevage de palourde (vénériculture) au niveau du canal Saint-Antoine Ermite. Ces coquillages sont vendus dans toute la région PACA. La production de moules de Carteau est de l'ordre de 200 à 250 tonnes par an, l'essentiel de la production se faisant entre avril et décembre à raison de 300 à 500 kg/jour/atelier.
  - de lait maternel (pour les dioxines et furanes).

    Les dioxines se bio-accumulent tout particulièrement dans les graisses animales et donc dans le lait maternel.

Ainsi, les scénarios d'exposition retenus sont les suivants :

- Exposition par inhalation de l'air contaminé par les émissions de polluants atmosphériques,
- Exposition par ingestion de sol et poussières contaminés par les retombées atmosphériques des émissions du site,
- Exposition par ingestion de végétaux, contaminés par transfert de la pollution du sol,
- Exposition par ingestion de viande de mouton et d'œufs contaminés par les dioxines.
- Exposition par ingestion de lait maternel contaminé par les dioxines et furanes lors d'un transfert de pollution de la viande ou des œufs vers la mère.
- Ingestion de poissons ou coquillages contaminés par les émissions de polluants aqueux.

Les scénarios d'exposition non retenus sont les suivants :

- Exposition par ingestion d'eau de baignade,

La baignade est interdite dans les Darses.

Aucun usage particulier, dont notamment la baignade ou la pêche, n'est recensé parmi les réservoirs d'eau superficielles à savoir : les étangs de l'Estomac, d'Engrenier, de Lavalduc, de Citis et du Pourra.

Dans le golfe de Fos, plusieurs plages sont répertoriées sur les communes de Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône et Port-de-Bouc.

Conformément aux dispositions de la loi littorale et selon la directive 2006/7/CE, des contrôles sanitaires sont régulièrement assurés par la DDASS sur les zones de baignades aménagés et les résultats sont affichés. Le classement annuel de ces zones de baignades sur l'année 2005 est rapporté dans le tableau suivant.

Quatre classements sont distingués :

- eaux de bonne qualité (69% des eaux des Bouches-du-Rhône en 2005),
- eaux de qualité moyenne (28,4% des eaux des Bouches-du-Rhône en 2005),
- eaux pouvant être momentanément polluées (2,6% des eaux des Bouches-du-Rhône en 2005),
- eaux de mauvaise qualité (non répertoriées dans les Bouches du Rhône).

Tableau 16 : Qualité des eaux de baignade

Ville	Zone de baignade	Qualité des eaux
Fos-sur-Mer	Cavaou	moyenne
	Grande Plage	bonne
Port-de-Bouc	Bottai	bonne
	Petite plage	bonne
	Plage des Ours	moyenne
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Napoléon	bonne

Deux plages supplémentaires, non considérées comme des zones de baignade aménagée car ne disposant pas de poste de garde, sont répertoriées sur la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône (Plages de Carteau et Nord). Elles ne disposent pas de suivi de la qualité des eaux. Parmi ces deux plages, seule la plage Nord est réellement fréquentée en été.

Les eaux de baignades peuvent être considérées de bonnes qualité (moyenne sur certains points) et donc conformes aux critères de qualité sanitaire. Cependant, nous ne disposons pas de suffisamment d'informations concernant les concentrations en éléments chimiques pour estimer l'exposition des populations. Par conséquent, cette voie d'exposition **par ingestion d'eau de baignade ne peut être prise en compte.** Il est toutefois à noter que l'exposition par ingestion d'eau de baignade est généralement considérée comme **une voie d'exposition mineure** compte tenu des temps d'exposition réduits et de la faible quantité d'eau ingérée.

- Exposition par ingestion d'eau de consommation,

La nappe souterraine principale de la région est la nappe de la plaine de Crau. Cette nappe, majoritairement libre, se recharge par infiltration des eaux de pluie et de l'eau excédentaire provenant de l'irrigation des plaines de la Crau. Il n'y a pas de cours d'eau sur la Crau. Cependant, un échange entre les eaux de surface et les eaux souterraines peut se faire au niveau des zones marécageuses (affleurement de la nappe). Cette nappe sert à l'alimentation en eau potable de la majorité des villes de la région. Jusqu'à maintenant, les pollutions observées sur les ouvrages d'eau potables pour cette nappe n'avaient pas pour origine la ZIP.

En effet, la zone industrielle est en aval géologique de ces usages. Les captages d'eau potable sont en amont de tout éventuel impact de la ZIP.

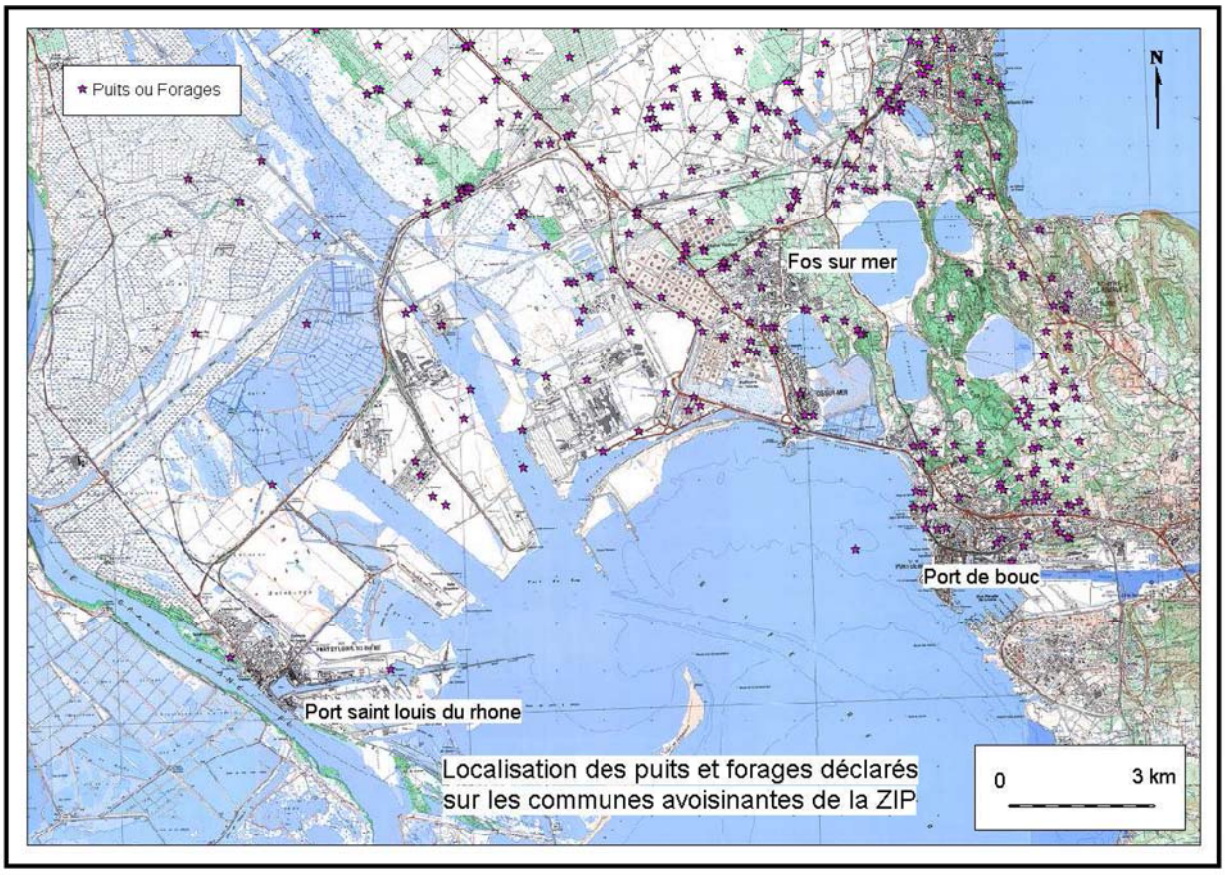
Sur la base des ces éléments, **la voie d'exposition par ingestion d'eau de consommation peut être écartée.**

- Exposition par ingestion de végétaux, arrosé par l'eau d'un puits contaminé,

Compte tenu de la faible profondeur de la nappe autour de la ZIP de Fos-sur-Mer, l'utilisation d'un puits privé pour arroser son jardin potager parait probable. Un recensement exact de ces puits est cependant très difficile du fait du faible nombre de déclarations réalisées par les foreurs ou les particuliers. La majorité des puits déclarés étant des puits à usage industriel.

L'ensemble des puits ou forages déclarés autour de la ZIP sont présentés sur la figure suivante :

Figure 19 : localisation des puits et forages



La nappe de la Crau s'écoule globalement du nord-est vers le sud-ouest, suivant la pente générale de la plaine. Ainsi, la seule localité potentiellement impactée pourrait être Port-Saint-Louis-du-Rhône. Mais il est à noter que la Darse et les Salins, qui se trouvent entre le site et les captages possibles, constituent une barrière hydraulique. Le transfert d'une éventuelle pollution du site vers ces points de captage est donc exclu. Les risques de contamination par l'intermédiaire des eaux souterraines du fait des activités de la ZIP sont donc négligeables.

Il ne sera donc pas envisagé de scénario relatif à l'exposition par ingestion de végétaux, arrosé par l'eau d'un puits des populations résidant sur le domaine d'étude.

4.5.4 Scénario d'exposition

Les scénarios d'exposition pris en compte dans cette étude sont les suivants :

Scénario « école »

Les cibles à considérer sont les enfants allant à l'école. On retiendra une fréquentation de 36 semaines par an et 4,5 jours par semaine, 8 heures par jour. On considérera que les enfants sont exposés par **inhalation aux polluants gazeux**. Ils peuvent également être exposés aux polluants particulaires par **ingestion de sol superficiel** (1 cm) en raison de la présence d'espaces verts.

Scénario « habitations »

Les cibles à considérer sont :

- des nourrissons entre 0 et 6 mois,
- des enfants résidant dans les logements. Ces enfants sont considérés comme présents 24h/jour à leur domicile, 365 jours par an, dans une approche majorante,
- des adultes résidant dans les logements. Ces adultes sont considérés comme présents 24 h/jour à leur domicile 365 jours par an, dans une approche majorante.

On considérera que les nourrissons sont exposés par **ingestion de lait maternel**.

On considérera que les enfants et les adultes sont exposés par **inhalation aux polluants gazeux** et particulaires. Ils peuvent également être exposés aux polluants particulaires par **ingestion de sol superficiel** (1 cm), **ingestion de végétaux**, **ingestion de viande de mouton et œuf** et **ingestion de poisson et coquillage**.

Scénario « travailleurs »

Les cibles à considérer sont des travailleurs exposés d'une part sur leur lieu de travail, pendant 8 heures par jour, 236 jours par an et d'autre part sur leur lieu de résidence, le reste du temps.

On considérera que les travailleurs sont exposés par **inhalation aux polluants gazeux et particulaires**.

Les scénarios d'exposition récapitulés sont rappelés dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Scénarios d'exposition retenus

	Exposition chronique		
	Scénario "riverain"	**Scénario "école"**	**Scénario "travailleur"**
Inhalation de l'air contaminé par les émissions de polluants atmosphériques	**X (adulte / enfant)**	**X (adulte / enfant)**	**X (adulte)**
Ingestion de sol superficiel contaminé par les retombées atmosphériques des émissions du site,	**X (adulte / enfant)**	**X (adulte / enfant)**	
Ingestion de végétaux, contaminés par transfert de la pollution du sol.	**X (adulte / enfant)**		
Ingestion de produits d'animaux élevés localement par transfert de la pollution dans la chaîne alimentaire à savoir : o Viande de mouton, o Œufs, o Poisson et coquillage.	**X (adulte / enfant)**		
Ingestion de lait maternel	**X (nourrisson)**		

5 Phase 3 : Caractérisation des dangers

5.1 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 fréquence d'exposition, de la durée, de la voie d'exposition de l'organisme humain et surtout de la concentration de ce composé au contact de l'organisme.

Les e**ffets chroniques** correspondent à des troubles en rapport avec une exposition prolongée à une faible dose (non létale). Ils surviennent 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. Tous les modes d'exposition seront 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).

Pour chaque substance, différents effets toxiques peuvent être considérés. On distinguera dans le présent document les effets cancérigènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (consistant à la modification de l'ADN en particulier), les effets sur la reproduction (reprotoxicité) des autres effets toxiques.

Différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) ont classés les effets suscités en catégories ou classes. Celles-ci sont présentées en page suivante. 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.

Les phrases de risques des substances sont présentées en préambule ainsi que les symboles[1] (T, F, Xn, Xi, N) qui les représentent. Ces phrases de risques sont liées au classement établi par l'Union Européenne. Le classement établi au sein de l'Union Européenne (ECB) par confrontation des avis d'experts, de tous les pays membres, a une portée beaucoup plus générale que les fiches de sécurité, qui reprennent seulement ces classements pour définir les conditions de sécurité sur les lieux de travail.

Classification en terme de cancérogénicité

UE	US-EPA	CIRC
Carc.1 : Substance que l'on sait être **cancérigène** pour l'homme. (R45 ou R49)	**A** : Preuves suffisantes chez l'homme	**1** : Agent ou mélange cancérigène pour l'homme
Carc.2 : Substance devant être **assimilée à des substances cancérigènes** pour l'homme. (R45 ou R49)	**B1** : Preuves limitées chez l'homme **B2** : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	**2A** : Agent ou mélange probablement cancérigène pour l'homme
	C : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal	**2B** : Agent ou mélange peut-être cancérigène pour l'homme (
Carc.3 : **Substance préoccupante** pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles (R40)	**D** : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal	**3** : Agent ou mélange inclassables quant-à sa cancérogénicité pour l'homme
	E : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal	**4** : Agent ou mélange probablement non cancérigène chez l'homme -

[1] *T = toxique, F = facilement inflammable, Xn = Nocif, Xi = Irritant, N = Dangereux pour l'environnement*

Classification en terme de mutagénicité

UE
Muta.1 Substances que l'on sait être **mutagènes** pour l'homme. 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. (R46 : peut causer des altérations génétiques héréditaires)
Muta.2 Substances devant être **assimilées à des substances mutagènes** pour l'homme. 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. (R46 : peut causer des altérations génétiques héréditaires)
Muta. 3 Substances **préoccupantes pour l'homme en raison d'effets mutagènes** possibles. Des études appropriées de mutagènocité ont fourni des éléments, mais ils sont insuffisants pour classer ces substances dans la deuxième catégorie. (R68 : possibilité d'effets irréversibles)

Classification en terme 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'oogenèse,
- 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.

UE
Repro.1
substances **altérant la fertilité** ou causant des **effets toxiques sur le développement** dans l'espèce humaine. 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. (R60 : peut altérer la fertilité et R61 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant)
Repro.2
Substances **devant être assimilées** à des substances altérant la fertilité ou causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine. 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. (R60 : peut altérer la fertilité et R61 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant)
Repro.3
Substances **préoccupantes** pour la fertilité dans l'espèce humaine ou préoccupantes en raison d'effet toxiques possibles sur le développement, La classification de substance dans la troisième catégorie s'effectue au vue : de résultats d'études appropriées sur l'animal fournissent 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. (R62 : risque possible d'altération de la fertilité et R63 : risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant)

5.2 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).

La relation entre une dose et son effet est représentée par une grandeur numérique appelée Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Etablies par diverses instances internationales ou nationales[1] sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques, ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types 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 et pour des expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : **les effets à seuil** de dose (effets non cancérogènes et effets cancérogènes à seuil[2] et **les effets sans seuil** de dose (substances cancérogènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les **effets à seuil de dose**, on dispose en pratique et dans le meilleur des 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),
- d'un niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : lowest observed effect level),
- le 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 admissible) applicables à l'homme sont définies en divisant les seuils précédents par des facteurs de sécurité liés aux types d'expérimentations ayant permis d'obtenir ces données. Les DJT et CA sont habituellement qualifiés de « valeur toxicologiques de références » (VTR).

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.

Pour les toxiques non cancérigènes, les VTR sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et l'absorption cutanée et en µg/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)

---

1 ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry), IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protectin 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) et l'AFSSA pour l'alimentation peuvent également produire des VTR.

2 Cancérogènes non génotoxiques

- CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS)
- DJA (Dose journalière admissible – France)
- CT (Concentration tolérable – France)

Pour les toxiques cancérigènes, les VTR seront présentées sous formes d'excès de risque unitaire (ERU). Cet ERU représente la probabilité de survenue d'un effet cancérigène pour une exposition à une unité de dose donnée. Les dénominations proposées les plus classiques sont les suivantes :

- l'excès de risque unitaire lié à la voie d'exposition orale : ERUo en $(mg/kg/j)^{-1}$,
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en $(\mu g/m^3)^{-1}$.

5.2.1 Organismes consultés pour la recherche de 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).

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

- **OMS** (Organisation Mondiale de la Santé – Bureau régional de l'Europe).

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.

- **Health Canada = 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.

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

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 **de 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.

5.2.2 Critères de choix des VTR

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

Pour chacune des substances, il est systématiquement pris en compte les effets sans seuil et les effets à seuil, lorsqu'ils existent.

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 est prise en compte pour la sélection des VTR.

En complément à ce document de référence, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles ont été recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- les valeurs issues d'études chez l'homme par rapport à des valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux.
- Par ailleurs, la qualité de l'étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l'échantillon, ...),
- les valeurs représentatives issues d'organismes reconnus (européens ou autres) comme l'US-EPA (IRIS), l'OMS ou l'ATSDR seront privilégiées par rapport aux organismes comme le RIVM, l'OEHHA ou Santé Canada,
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constitueront également un critère de choix.

5.3 Autres valeurs de comparaison utilisées

L'utilisation d'autres valeurs que les Valeurs Toxicologiques de Référence est réalisée 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 et, dans le contexte particulier du code du travail, des valeurs limites pour l'exposition professionnelle (VLEP) qu'elles soient réglementaires ou indicatives peuvent également être utilisées. Les VLEP peuvent en effet avec les seuils olfactifs être des éléments de l'interprétation de l'état du milieu air en l'absence de toute autre valeur guide.

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. Ces valeurs appelées valeurs de comparaison constituent des critères de gestion.

5.3.1 Valeurs réglementaires

Milieu AIR

En France le décret 2002-213 de février 2002 donne la transposition en droit français des directives 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du parlement européen et du conseil du 16 novembre 2000. Ces valeurs réglementaires françaises sont établies pour l'air atmosphérique extérieur, pour des durées d'exposition (3h, 24h ou vie entière) et sur la base de moyennes horaires, journalières ou annuelles.

Elles regroupent des :

- valeurs limites : niveau maximal dans l'atmosphère à ne pas dépasser pour éviter, prévenir ou réduire les effets nocifs de ces substances ;
- objectifs de qualité : niveau de concentration fixé pour prévenir ou réduire les effets nocifs de ces substances, elles sont à atteindre pour une date donnée ;
- seuils de recommandation et d'information (NO2 et SO2 uniquement) : valeurs au-delà desquelles les substances ont des effets limités et transitoires sur la santé des populations sensibles ;
- seuils d'alerte : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée peut générer des effets sur la santé. En cas de dépassement de ces seuils des mesures d'urgence doivent être prises.

Un nombre très limité de substances fait actuellement l'objet de ces valeurs réglementaires, il s'agit du benzène, du dioxyde d'azote, du dioxyde de soufre, du monoxyde de carbone, des particules PM10 et du plomb.

Dans un futur proche, les limites de qualité de la directive européenne 2004/107/CE devront être transposées en droit français. Ces limites concernent les formes particulaires de l'arsenic, du cadmium, du nickel et du benzo(a)pyrène.

5.3.2 Valeurs guides

Les valeurs guides peuvent porter sur le milieu eau, air, sol et alimentaire (faune, flore). Dans le présent paragraphe ne sont présentées que les valeurs guides pour le milieu air.

Les valeurs, présentes dans ces guides, bien que reposant sur des critères sanitaires sont considérées comme des valeurs de gestion, et ne constituent pas, stricto sensus, des valeurs toxicologiques de référence.

OMS

Le bureau Europe de l'Organisation Mondiale de la Santé a publié en 2000 un document intitulé « Air Quality Guidelines in Europe » [WHO 2000] dans lequel figure des valeurs guides pour la qualité de l'air.

L'objet de ce guide est de fournir une base pour la protection de la santé publique contre les effets néfastes des polluants atmosphériques, dans la perspective d'une cessation ou d'une réduction de l'exposition aux polluants qui nuisent certainement ou probablement à la santé ou au bien-être. Ce guide présente des informations générales et des conseils aux autorités internationales, nationales et locales qui souhaitent évaluer les risques et prendre des décisions concernant leur gestion. Ce guide établit des niveaux de polluants en dessous desquels l'exposition (à vie ou pendant une période donnée) ne représente pas de risque important pour la santé publique.

En ce qui concerne les polluants abordés, les sections relatives à l'évaluation des risques pour la santé et aux valeurs-guides exposent les considérations les plus pertinentes qui ont conduit à l'adoption des valeurs-guides recommandées.

CHSPF

Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) est une instance d'expertise scientifique et technique, placée auprès du ministre chargé de la santé. Cette instance a un rôle d'évaluation et de gestion des risques pour la santé de l'homme. Le CSHPF peut être consulté lorsque se posent des problèmes sanitaires. Les avis et les recommandations émis par le CSHPF constituent une base essentielle à la prise de décision en santé publique et peuvent également servir d'appui à l'élaboration de textes réglementaires.

Les avis et rapports du CSHPF sont consultables sur le site suivant :

http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/cshpf/cs2.htm

5.3.3 Les valeurs limites du code du travail

Ces valeurs qui sont des valeurs de gestion sont utilisées dans le domaine du travail (par exemple au sein d'une ICPE).

En dehors des ICPE, en derniers recours et en absence totale de VTR et d'autres valeurs guide dans la littérature, l'utilisation de valeurs limites en milieu professionnel (Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle : VLEP) permet une intégration de la substance à l'étude d'impact.

En effet, lorsque la substance présente un potentiel toxique avéré mais que l'on ne dispose pas de valeur repère, un niveau d'exposition peut toutefois être mesuré. Il peut alors être pertinent de comparer cette exposition à d'autres valeurs d'exposition que les VTR, à savoir celles définies comme valeurs limites en milieu professionnel. Les valeurs limites d'exposition en milieu de travail, établies pour protéger les travailleurs, sont des valeurs de référence qui fournissent des repères chiffrés d'appréciation de la qualité de l'air de ces lieux.

Il est important de noter que les VLEP ne garantissent pas l'absence d'effet sur la santé et doivent être considérées comme des objectifs minimaux. En effet, l'INRS définit les VLEP d'un composé chimique comme « la concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération pour sa santé, même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées ». De plus, il est communément admis que la fixation des VLEP intègre non seulement des critères scientifiques et techniques, mais également sociaux et économiques voir psychologiques.

Conformément à la circulaire DGS de mai 2006, aucune quantification du risque ne sera réalisée en se basant sur ces valeurs, construites pour une situation professionnelle et ne s'adaptant pas à une population non professionnelle dont la structure est totalement différente (présence d'enfants et de populations fragiles).

Ces niveaux ou valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) sont :

- soit des valeurs limites admises (VL) à caractère indicatif ;
- soit des valeurs limites réglementaires (VR) :
    - indicatives (VRI) : elles sont fixées par arrêté en application de l'article R232-5-5 du code du travail. L'arrêté du 30 juin 2004 modifié par l'arrêté du 9 février 2006 donne une première liste de valeurs limites réglementaires indicatives en transposant la directive 2000/39/CE.
    - contraignantes (VRC). Ces valeurs ont un statut différent, en ce sens qu'elles ont fait l'objet de décrets en conseil d'état. Elles concernent les composés suivants : amiante ; silice ; bromométhane, cyanure d'hydrogène et hydrogène phosphoré ; poussières ; et les valeurs fixées par l'article 231-58 du code du travail (14 agents chimiques actuellement – fibres céramiques et 30 autres agents chimiques en préparation).
- Soit des valeurs limites recommandées par la caisse nationale d'assurance maladie (CNAM). Ces valeurs ont été adoptées par un comité technique national (CTN) ou par le comité central de coordination (CCC). Elles concernent le benzo(a)pyrène et l'α-phenylindole.

Lorsqu'ils existent des éléments scientifiques établissant que les effets sur l'organisme de différentes substances peuvent être similaires (notamment lors de l'exposition simultanée à des vapeurs de solvants), on devra utiliser conventionnellement la formule de sommation des concentrations.

5.4 Choix des traceurs de risque

5.4.1 Méthodologie

L'étude des dangers nous a permis dans un premier temps d'écarter les substances considérées comme non toxiques dans les BD 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 VTR disponibles.

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 » les substances qui font l'objet d'une évaluation quantitative de l'exposition et du risque (Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire, 2003).

Ce choix de « traceur » peut être basé sur:

- les quantités émises à l'atmosphère,
- la toxicité des composés,
- l'existence de valeur toxicologique de référence, de valeur guide ou de valeur d'exposition en milieu professionnel
- l'existence de voies de contamination pertinentes,
- la spécificité du produit par rapport à l'activité du site.

Ainsi, un polluant sans valeur toxicologique de référence, sans valeur guide ou sans valeur moyenne d'exposition en milieu professionnel ne présente aucun risque identifié pour la santé humaine. Il ne sera par conséquent pas retenu pour la suite de l'étude.

Pour tous les autres polluants, nous avons effectué un choix de « traceurs 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 un « ratio brut » pour les substances « à seuil » de la façon suivante :

Ratio brut = Flux Annuel/ VTR

Comme toutes les substances ne disposent pas forcément de valeur toxicologique de référence reconnues par un organisme compétant, mais qu'il existe des valeurs guides ou des valeurs moyenne d'exposition en milieu professionnel les concernant pour lesquels des effets sont reconnus, nous avons choisi de garder ces substances dans le calcul des « ratios bruts » en réalisant par défaut, pour une substance ne disposant pas de VTR le calcul suivant :

Ratio brut = Flux Annuel/ VG

Puis, par défaut de valeur guide :

Ratio brut = Flux Annuel/ VME

En aucun cas, cette VME ne sera dérivée en VTvlep, conformément aux recommandations de la DGS.

On retiendra, par voie d'exposition, **toutes les substances dont le ratio est ≥ 1% du ratio max**, pour l'ensemble des voies d'exposition potentielles, 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). Par soucis de cohérence, lorsqu'une substance est conservée pour une voie donnée, le calcul des risques se fera pour l'ensemble des voies d'exposition considérées.

Dans le cas ou des substances cancérigènes (sans seuil) auraient été exclues à partir de cette méthode de sélection, (par absence de VTR à seuil ou car elles possèdent une VTR à seuil moins pénalisante), ces substances ont été examinées à part et ajoutées à la liste des traceurs de risques sanitaires, si nécessaire.

Les calculs réalisés ont été les suivants :

Ratio brut = Flux Annuel * ERUi

et

Ratio brut = Flux Annuel * ERUo

Une comparaison des ratios à la somme de tous les ratios pour une même voie d'exposition permet de juger des polluants tirant le risque ou non.

Enfin, les produits spécifiques à l'activité de la zone ont été retenus, même si le ratio est < 1% du ratio max.

Le détail des ratios calculés et des polluants retenus comme traceurs de risque est présenté dans le paragraphe suivant.

Le choix des valeurs toxicologiques de référence pour les polluants retenus comme traceurs de risque est détaillé en annexe 6, dans les argumentaires santé.

Pour les autres polluants, le choix respecte tous les principes évoqués au paragraphe relations doses-réponses ci-dessus.

La plupart des VTR ont fait l'objet d'une validation par la CIRE Aquitaine et l'INVS au cours de l'étude des risques sanitaires globale réalisée pour la plateforme industrielle de Lacq.

Les polluants : PM10, 1,3-butadiène, acrylonitrile, chlore, dichloroéthane et oxyde de propylène ont fait l'objet d'une validation par la CIRE sud.

Pour le cas particulier du chrome une hypothèse de répartition 10% chrome VI, 90% chrome III a été retenue.

5.4.2 Traceurs de risque retenus pour les substances à seuil

5.4.2.1 Voie inhalation

Les ratios flux/VTR calculés en 2005 et 2011 sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 18 : Calculs des ratios flux/VTR en 2005 et 2011

Polluants	VTRi (µg/m3)		Année 2005			Année 2011		
			Flux (kg/an)	Flux/VTRi	%	Flux (kg/an)	Flux/VTRi	%
PM 10 *	VG	40 / 20	27 421 597	685 540	111,1%	26 849 395	1 342 470	224,3%
PM 2,5	RfC	15	9 255 306	617 020	100,0%	8 977 867	598 524	100,0%
NOx	VG	40	10 166 463	254 162	41,2%	10 688 312	267 208	44,6%
SO2	VG	50	15 644 187	312 884	50,7%	12 288 072	245 761	41,1%
Manganèse	MRL	0,04	3 915	97 887	15,9%	3 898	97 450	16,3%
Cadmium	RfC	0,02	647	32 329	5,2%	753	37 630	6,3%
Nickel	MRL	0,09	3 106	34 515	5,6%	3 191	35 453	5,9%
acétaldéhydes	RfC	9	286 183	31 798	5,2%	286 183	31 798	5,3%
Naphtalène	RfC	3	74 033	24 678	4,0%	75 002	25 001	4,2%
Plomb	VG	0,5	9 596	19 191	3,1%	10 452	20 903	3,5%
HF	VG	1	11 807	11 807	1,9%	14 360	14 360	2,4%
Cl2	REL	0,2	2 320	11 600	1,9%	2 320	11 600	1,9%
Aldéhydes/cétones (assimilés acroléine)	RfC	0,02				86	4 300	0,7%
Antimoine	RfC	0,2	763	3 814	0,6%	847	4 234	0,7%
H2S	RfC	2	7 349	3 675	0,6%	5 687	2 843	0,5%
HCl	RfC	20	29 228	1 461	0,2%	54 296	2 715	0,5%
Cobalt	MRL	0,1	170	1 702	0,3%	269	2 690	0,4%
PM > 10	VLEP	10000	20 843 216	2 084	0,3%	20 005 093	2 001	0,3%
hexane	RfC	700	1 102 863	1 576	0,3%	1 134 262	1 620	0,3%
Chrome VI	RfC	0,1	157	1 566	0,3%	157	1 572	0,3%
Benzène	RfC	30	41 443	1 381	0,2%	38 766	1 292	0,2%
Mercure	MRL	0,2	135	675	0,11%	247	1 235	0,2%
xylène	RfC	100	67 144	671	0,11%	62 793	628	0,10%
SiO2	REL	3	1 087	362	0,06%	1 087	362	0,06%
Arsenic	RfC	1	310	310	0,05%	328	328	0,05%
PO	RfC	30	9 818	327	0,05%	9 818	327	0,05%
Ammoniac	MRL	70				22 722	325	0,05%
Toluène	MRL	300	68 136	227	0,04%	60 131	200	0,03%
MTBE	MRL	2500	425 234	170	0,03%	420 834	168	0,03%
Acrylonitrile	RfC	2	193	97	0,02%	193	97	0,02%
Chlorure de vinyle	RfC	100	9 400	94	0,02%	9 444	94	0,02%
1,3 butadiène	RfC	2	159	80	0,013%	150	75	0,013%
Aldéhydes/cétones (assimilés formaldéhyde)	REL	3				212	71	0,0%
aliphatics nC8-nC12	TPHCWG	1000	88 880	89	0,014%	60 000	60	0,010%
dichloroéthane	MRL	3000	132 328	44	0,007%	132 403	44	0,007%
CO	VLEP	55000	40 390	1	0,000%	1 862 566	34	0,006%
Styrène	MRL	260	6 232	24	0,004%	6 232	24	0,004%
Chrome III recalculé	TCA	60	1 410	23	0,004%	1 415	24	0,004%
Méthanol	REL	4000	64 094	16	0,003%	64 094	16	0,003%
Propylène	REL	3000	42 714	14	0,002%	42 714	14	0,002%
Ethylbenzène	RfC	1000	9 204	9	0,0015%	8 080	8	0,0014%
aliphatic nC5-nC8	TPHCWG	18400	157 435	9	0,0014%	126 233	7	0,0011%
EO	REL	30	167	6	0,0009%	167	6	0,0009%
Cyclohexane	RfC	6000	8 072	1,3	0,0002%	4 336	0,7	0,0001%
CaO	VLEP	2000	1 286	0,6	0,0001%	1 286	0,6	0,0001%
Tétrachloroéthylène	VG	250				112	0,4	0,0001%
R22 chlorodifluoromethane	RfC	5000	1 590	0,3	0,0001%	1 590	0,3	0,0001%
Mercaptans	VLEP	1000				242	0,2	0,0000%
Chlorure de méthylène	MRL	1100				210	0,2	0,0000%
Trichloroéthylène	REL	600				84	0,14	0,0000%
R134a tetrafluoroethane	RfC	80000	6 860	0,09	0,0000%	6 860	0,09	0,0000%
Acétone	MRL	30900	2 436	0,08	0,0000%	2 576	0,08	0,0000%
M-E-cétone	RfC	5000	257	0,05	0,0000%	257	0,05	0,0000%
TBA	VLEP	300000	13 600	0,05	0,0000%	13 600	0,05	0,0000%
AL2O3	VLEP	10000	321	0,03	0,0000%	321	0,03	0,0000%
MgO	VLEP	10000	230	0,02	0,0000%	230	0,02	0,0000%
Chloroforme	MRL	98				2	0,02	0,0000%
n-butane	VLEP	1900000	38 987	0,02	0,0000%	38 977	0,02	0,0000%
pentane	VLEP	1800000	28 611	0,02	0,0000%	24 370	0,014	0,0000%
Chlorobenzènes	REL	1000	11	0,011	0,0000%	11	0,011	0,0000%
Tétrachlorure de carbone	MRL	190				1	0,005	0,0000%
acétate de n-butyle	VLEP	710000	2 685	0,004	0,0000%	2 685	0,004	0,0000%
Octane	VLEP	1450000	6 048	0,004	0,0000%	4 025	0,003	0,0000%
Heptane	VLEP	2850000	10 306	0,004	0,0000%	5 536	0,002	0,0000%
Méthylcyclohexane	VLEP	1600000	5 218	0,003	0,0000%	2 803	0,002	0,0000%
Nonane	VLEP	1050000	2 399	0,002	0,0000%	1 561	0,0015	0,0000%
Isopentane	VLEP	3000000	3 017	0,0010	0,0000%	1 620	0,0005	0,0000%
Ethanol	VLEP	1900000	717	0,0004	0,0000%	717	0,0004	0,0000%
1,1,1-trichloroéthane	REL	1000				0	0,0002	0,0000%

L'examen de ce tableau montre qu'en première approche, trois polluants semblent déterminants dans le calcul des risques, à savoir les poussières (PM10* et PM2,5), le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre.

Les PM10* ont le plus fort « flux/VTR ». Ce polluant devrait donc être retenu comme référence pour ne garder que les polluants dont le ratio est supérieur ou égal à 1%. Cependant, comme la valeur de référence prise en compte pour ce calcul n'est pas une VTR mais une valeur guide, nous préfèrerons par précaution lever ce maximum et choisir comme valeur maximum de référence les PM2,5 (substance disposant d'une VTR et correspondant au 2eme plus fort « flux/VTR »).

Ainsi, 11 polluants sont retenus par cette méthode pour la suite de l'étude à savoir :

- Poussières
- NO2
- SO2
- Mg
- Cd
- Ni
- Acétaldéhyde
- Naphtalène
- Pb
- HF
- Cl2

On notera que ce choix ne diffère pas pour l'année 2005 et pour l'année 2011.

5.4.2.2 Voie ingestion

Les ratios flux/VTR calculés en 2005 et 2011 sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 19 : Calculs des ratios flux/VTR en 2005 et 2011

Polluants	VTRo (mg/kg/j)		Année 2005			Année 2011		
			Flux (kg/an)	Flux/VTRo	%	Flux (kg/an)	Flux/VTRo	%
Dioxines/Furanes	DJT	1E-09	0	9 972 075	100,0%	0	6 250 688	100,0%
Naphtalène	RfD	0,02	74 033	3 701 630	37,1%	75 002	3 750 102	60,0%
Plomb	DJT	0,0035	9 596	2 741 606	27,5%	10 452	2 986 162	47,8%
Antimoine	RfD	0,0004	763	1 906 965	19,1%	847	2 117 221	33,9%
Arsenic	RfD	0,0003	310	1 034 623	10,4%	328	1 093 283	17,5%
Mercure	RfD	0,0003	135	449 910	4,5%	247	823 209	13,2%
Cadmium	RfD	0,001	647	646 583	6,5%	753	752 604	12,0%
Cobalt	TDI	0,0014	170	121 550	1,2%	269	192 116	3,1%
Nickel	RfD	0,02	3 106	155 317	1,6%	3 191	159 539	2,6%
Manganèse	RfDsol	0,046	3 915	85 120	0,9%	3 898	84 739	1,4%
Chrome VI	RfD	0,003	157	52 213	0,5%	157	52 398	0,8%
Chrome III	RfD	1,5	1 410	940	0,009%	1 415	943	0,02%
AL2O3	MRL	1	321	321	0,003%	321	321	0,005%

L'examen de ce tableau montre qu'en première approche, aucun polluant ne ressort nettement comme étant déterminant du risque. Les « flux/VTR » les plus élevés sont par ordre décroissant ceux des dioxines/furanes, puis celui du naphtalène, du plomb et enfin celui de l'antimoine.

Les dioxines et furanes sont retenues comme polluant de référence pour ne garder que les polluants dont le ratio est supérieur ou égal à 1%.

10 polluants sont retenus par cette méthode pour la suite de l'étude, à savoir :

- dioxines et furanes
- naphtalène
- Pb
- Sb
- As
- Hg
- Cd
- Co
- Ni
- Mg

On notera que ce choix diffère très peu entre l'année 2005 et l'année 2011. Seul, le Manganèse, retenu pour l'année 2011, a un ratio inférieur à 1% (0,9 %) en 2005 et ne devrait donc pas, en toute rigueur, être retenu. Toutefois dans un souci d'homogénéité et compte tenu du ratio calculé proche de 1%, nous avons choisi de conserver cette substance pour les 2 années de référence.

5.4.3 Traceurs de risque retenus pour les substances sans seuil

5.4.3.1 Voie ingestion

Les produits « flux*ERUo » calculés en 2005 et 2011 sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 20 : Calculs des ratios « flux*ERUo » en 2005 et 2011

Polluants	ERUo(mg/kg/j)-1	Année 2005			Année 2011		
		Total (kg/an)	Flux*ERUo	%	Total (kg/an)	Flux*ERUo	%
Arsenic	1,50E+00	310	466	73,7%	328	492	73,9%
Plomb	8,50E-03	9 596	82	12,9%	10 452	89	13,4%
HAP (eqBaP)	2,00E-01	347	69	11,0%	347	69	10,4%
Naphtalène	2,00E-04	74 033	15	2,3%	75 002	15	2,3%

En première approche, l'arsenic semble être le polluant participant majoritairement au risque cancérigène par ingestion.

L'ensemble des polluants présentant un risque cancérigène par ingestion sont retenus pour la suite de l'étude à savoir :

- arsenic
- Pb
- HAP
- Naphtalène

5.4.3.2 Voie inhalation

Les produits « flux*ERUi » calculés en 2005 et 2011 sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 21 : Calculs des ratios « flux*ERUi » en 2005 et 2011

Polluants	ERUi	Année 2005			Année 2011		
	(µg/m3)-1	Total (kg/an)	Flux*ERUi	%	Total (kg/an)	Flux*ERUi	%
Chrome VI	4,00E-02	157	6	43,8%	157	6	43,2%
dichloroéthane	2,60E-05	132 328	3	24,1%	132 403	3	23,6%
Cadmium	1,80E-03	647	1,2	8,1%	753	1,4	9,3%
Nickel	3,80E-04	3 106	1,2	8,3%	3 191	1,2	8,3%
acétaldéhydes	2,70E-06	286 183	0,8	5,4%	286 183	0,8	5,3%
Arsenic	1,50E-03	310	0,5	3,3%	328	0,5	3,4%
HAP (eqBaP)	1,10E-03	347	0,4	2,7%	347	0,4	2,6%
Benzène	6,00E-06	41 443	0,2	1,7%	38 766	0,2	1,6%
Plomb	1,20E-05	9 596	0,12	0,8%	10 452	0,13	0,9%
MTBE	2,60E-07	425 234	0,11	0,8%	420 834	0,11	0,8%
Naphtalène	1,10E-06	74 033	0,08	0,6%	75 002	0,08	0,6%
PO	3,70E-06	9 818	0,04	0,3%	9 818	0,04	0,2%
Acrylonitrile	6,80E-05	193	0,013	0,09%	193	0,013	0,09%
Chlorure de vinyle	1,00E-06	9 400	0,009	0,07%	9 444	0,009	0,06%
1,3 butadiène	3,00E-05	159	0,005	0,03%	150	0,004	0,03%
EO	2,30E-05	167	0,004	0,03%	167	0,004	0,03%
Aldéhydes/cétones (assimilés formaldéhyde)	1,30E-05				212	0,003	0,02%
Tétrachloroéthylène	5,90E-06				112	0,0007	0,005%
Chlorure de méthylène	4,70E-07				210	0,00010	0,0007%
Chloroforme	2,30E-05				2	0,00005	0,0003%
Trichloroéthylène	4,30E-07				84	0,00004	0,0002%
Tétrachlorure de carbone	1,50E-05				1	0,00002	0,0001%

L'examen de ce tableau montre que les deux polluants les plus déterminants du risque cancérigène par inhalation semblent être le chrome VI et le dichloroéthane.

De par l'additivité des effets cancérigènes provenant des différentes substances sur la population, il est préférable de garder pour la suite de l'étude le maximum de polluants cancérigènes. Une sélection des seuls polluants dont le ratio est supérieur ou égal à 1% peut conduire à minorer les risques.

Cependant, aux vues des « flux*ERUi » calculés (<0,01%), il apparaît que certains polluants auront un impact négligeable comparé aux autres polluants. C'est le cas notamment des polluants suivants :

- Tétrachloéthylène
- Chlorure de méthylène
- Chloroforme
- Trichloroéthylène
- Tétrachlorure de carbone

Ces 5 polluants correspondent à des valeurs théoriques de rejets réglementaires et non à des composés réellement émis à l'atmosphère lors de l'activité (On remarquera d'ailleurs que ces polluants n'apparaissent que pour l'année 2011).

Il nous semble donc justifié d'écarter ces 5 polluants de la suite de l'étude. Ce choix sera discuté dans les incertitudes.

Ainsi, 17 polluants sont retenus par cette méthode pour la suite de l'étude à savoir :

- As
- Pb
- HAP
- naphtalène
- Cr VI
- Dichloroéthane
- Cd
- Ni
- acétaldéhyde
- benzène
- MTBE
- PO
- EO
- Acrylonitrile
- Chlorure de vinyle
- 1,3 butadiène
- Aldéhydes/cétones assimilés au formaldéhyde

5.4.4 Traceurs de risque spécifique à une activité

Le recueil des données a pu montrer que la majeur partie des activités de la ZIP sont émettrices d'hydrocarbures dont l'hexane. Ce polluant étant typique de l'activité de la zone, nous avons choisi de le rajouter à la liste des polluants retenus comme traceurs de risque dans la suite de l'étude.

5.4.5 Traceurs de risque retenus pour l'étude

Ainsi, au total 29 polluants traceurs de risque ont été retenus. 28 polluants sont strictement les mêmes pour 2005 et 2011, le formaldéhyde est rajouté pour l'année 2011.

Le tableau suivant récapitule parmi l'ensemble des polluants identifiés ceux qui ont été retenus comme traceurs de risques ainsi que les raisons de leur sélection.

Tableau 22 : Liste des traceurs de risques

Polluants	Traceur de risque	Cancérigène?	Qdbrut > 1%
Antimoine	**oui**	non	**oui**
Arsenic	**oui**	**oui**	**oui**
Cadmium	**oui**	**oui**	**oui**
Chrome III	non	non	non
Chrome VI	**oui**	**oui**	non
Cobalt	**oui**	non	**oui**
Dioxines/Furanes	**oui**	non	**oui**
HAP (eqBaP)	**oui**	**oui**	
HCl	non	non	non
HF	**oui**	non	**oui**
Manganèse	**oui**	non	**oui**
Mercure	**oui**	non	**oui**
Nickel	**oui**	**oui**	**oui**
NOx	**oui**	non	**oui**
Plomb	**oui**	**oui**	**oui**
PM	**oui**	non	**oui**
PM > 10	non	non	non
PM 10	**oui**	non	**oui**
SO2	**oui**	non	**oui**
1,1,1-trichloroéthane	non	non	non
1,3 butadiène	**oui**	**oui**	non
acétaldéhydes	**oui**	**oui**	**oui**
acétate de n-butyle	non	non	non
Acétone	non	non	non
Acide formique	non	non	
Acrylonitrile	**oui**	**oui**	non
Al2O3	non	non	non
Alcane	non	non	
Aldéhydes/cétones (assimilés acroléine)	non	non	non
Aldéhydes/cétones (assimi és formaldéhyde)	**oui**	**oui**	non
aliphatic nC5-nC8	non	non	non
aliphatics nC8-nC12	non	non	non
Allyl alcool	non	non	
Ammoniac	non	non	non
Benzène	**oui**	**oui**	non
CaO	non	non	non
Chlorobenzènes	non	non	non
Chloroforme	non	non	non
Chlorure de méthylène	non	non	non
Chlorure de vinyle	**oui**	**oui**	non
Cl2	**oui**	non	**oui**
CO	non	non	non
dichloroéthane	**oui**	**oui**	non
Diméthyl-1,3 cyclopentane +Diméthyl-2,2 hexane	non	non	
Diméthyl-3,3but-1-ène + ETBE	non	non	
EO	**oui**	**oui**	non
ETBE	non	non	
Ethane	non	non	
Ethanol	non	non	non
Ethylbenzène	non	non	non
éthylène	non	non	
H2S	non	non	non
HCFC R123	non	non	
Heptane	non	non	non
hexane	**oui** car spécifique à l'activité de la ZIF	non	non
i-butane	non	non	
i-butene	non	non	
i-formiates/acétates	non	non	
Isobutyl Oxyde	non	non	
Isopentane	non	non	non
M-E-cétone	non	non	non
Mercaptans	non	non	non
Méthane	non	non	
Méthanol	non	non	non
Méthyl cyclopentane	non	non	
Méthyl-2 butène	non	non	
Méthyl-2 heptane	non	non	
Méthyl-3 Hexane	non	non	
Méthyl-3 Pentane	non	non	
Méthylcyclohexane	non	non	non
MgO	non	non	non
MPG	non	non	
MTBE	**oui**	**oui**	non
Naphtalène	**oui**	**oui**	**oui**
n-butane	non	non	non
Nonane	non	non	non
Octane	non	non	non
pentane	non	non	non
PO	**oui**	**oui**	non
propane	non	non	
Propylène	non	non	non
R134a tetrafluoroethane	non	non	non
R22 chlorodifluoromethane	non	non	non
SiO2	non	non	non
Styrène	non	non	non
TBA	non	non	non
TBHP	non	non	
Tétrachloroéthylène	non	non	non
Tétrachlorure de carbone	non	non	non
Toluène	non	non	non
Trichloroéthylène	non	non	non
xylène	non	non	non
Cyclohexane	non	non	non

5.5 Synthèse des VTR chroniques retenues pour l'inhalation

L'ensemble des argumentaires santé sont disponibles en annexe 6. Le tableau ci-après présente la synthèse du choix des VTR.

Tableau 23 : VTR retenues pour l'inhalation

Substance	Effet	Cible	Espèce	Valeur	Source
Benzène (71-43-2)	Non Cancérigène	Système sanguin	homme	RfC = **30 µg/m³**	US EPA (2003)
	Cancérigène	Leucémies	homme	ERUi = **6.10^{-6} $(\mu g/m^3)^{-1}$**	OMS (1997)
Chlorure de vinyle (75-01-4)	Non Cancérigène	Système hépatique	rat	RfC = 100 µg/m³	US EPA (2000)
	Cancérigène	Tous types de tumeurs	homme	ERUi = **$1,0\ 10^{-6}$ $(\mu g/m3)^{-1}$**	OMS (2000)
Benzo(a)Pyrène (50-32-8)	Cancérigène	Tractus respiratoire	hamster	ERUi = **$1,1\ 10^{-3}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	OEHHA (2002)
Naphtalène (91-20-3)	Non Cancérigène	Système respiratoire	souris	RfC = **3 µg/m³**	US EPA (1998)
	Cancérigène	Tractus respiratoire	hamster	ERUi = **$1,1\ 10^{-6}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	OEHHA (2002)
Antimoine (Sb)	Non Cancérigène	Système respiratoire	rat	RfC = **0,2 µg/m³**	US EPA (1995)
Arsenic[1] (As)	Non Cancérigène	Système respiratoire	homme	TCA = **1 µg/m³**	RIVM (2001)
	Cancérigène	Cancer pulmonaire	homme	ERUi = **$1,5.10^{-3}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$**	OMS (2000)
Cadmium (Cd)	Non Cancérigène	Système rénal	homme	REL = **0,02 µg/m³**	OEHHA (2003)
	Cancérigène	Cancer pulmonaire	homme	ERUi = **$1,8.10^{-3}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$**	US-EPA (1992)
Chrome VI (Cr) *(particulaire)*	Non Cancérigène	Bronches, Poumon	rat	RfC = **0,1 µg/m³**	US-EPA (1998)
	Cancérigène	Cancer pulmonaire	homme	ERUi = **4.10^{-2} $(\mu g/m^3)^{-1}$**	OMS (2000)
Cobalt (Co)	Non Cancérigène	Système respiratoire	homme	MRL = **0,1 µg/m³**	ATSDR (2001)
Manganèse (Mn)	Non Cancérigène	Système nerveux	homme	MRL = **0,04 µg/m³**	ATSDR (2000)
Mercure (Hg)	Non Cancérigène	Système nerveux	homme	MRL = **0,2 µg/m³**	ATSDR (1999)
Nickel (Ni)	Non Cancérigène	Système respiratoire	homme	MRL = **0,09 µg/m³**	ATSDR (2003)
	Cancérigène	Cancer du poumon et larynx	homme	ERU_i = **$3,8.10^{-4}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$**	OMS (2000)
Plomb (Pb)	Cancérigène	Tumeurs rénales	rat	ERUi = **$1,2.10^{-5}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	OEHHA (2002)

[1] *La VTR retenue pour l'arsenic est sous sa forme inorganique*

PM2,5	Non Cancérigène	Système respiratoire	-	RfC = **15 µg/m³**	US EPA
Hexane (110-54-3)	Non Cancérigène	Système nerveux	rat	RfC = **700 µg/m³**	US EPA (2005)
Acétaldéhyde (75-07-0)	Non Cancérigène	Système respiratoire	rat	RfC = **9 µg/m³**	US EPA (1991)
	Cancérigène	Cancer nasal	rat	ERUi = **$2{,}7.10^{-6}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	OEHHA (2002)
Ether de Méthyl Butyl tertiaire (MTBE) (1634-04-4)	Non Cancérigène	Système rénal	rat	MRL = **2 500 µg/m³**	ATSDR (1996)
	Cancérigène	Tumeur rénale et testiculaire	Rat, souris	ERUi = **$2{,}6.10^{-7}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	OEHHA (2002)
Oxyde d'éthylène (75-21-8)	Non Cancérigène	Système nerveux	rat	REL = **30 µg/m³**	OEHHA (2000)
	Cancérigène	Leucémies	rat	ERUi = **$2{,}3.10^{-5}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	Santé Canada (2004)
1,3-butadiène (106-99-0)	Non Cancérigène	Système reproducteur	souris	RfC = **2 µg/m³**	US EPA (2002)
	Cancérigène	Leucémies	homme	ERUi = **3.10^{-5} $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	US EPA (2002)
Oxyde de propylène (75-56-9)	Non Cancérigène	respiratoire	rat	RfC = **30 µg/m³**	US EPA (1990)
	Cancérigène	Tumeur nasale	souris	ERUi = **$3{,}7.10^{-6}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	US EPA (1994)
1,2-Dichoroéthane (107-06-2)	Non Cancérigène	Enzymes sériques hépatiques	rat	REL = **400 µg/m³**	OEHHA (2003)
	Cancérigène	hémangiosarcomes	rat	ERUi = **$2{,}6.10^{-5}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	US EPA (1991)
Acrylonitrile (107-06-2)	Non Cancérigène	Système respiratoire	rat	RfC = **2 µg/m³**	US EPA (1991)
	Cancérigène	Tumeur système nerveux central	rat	ERUi = **$6{,}8.10^{-5}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	US EPA (1991)
Chlore (7782-50-5)	Non Cancérigène	Système respiratoire	rat	REL = **0,2 µg/m³**	OEHHA (2003)
Formaldéhyde (50-00-0)	Non cancérigène	Système respiratoire	homme	REL = **3 µg/m³**	OEHHA (2003)
	Cancérigène	Cancer nasal	rat	ERUi = **$1{,}3.10^{-5}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$**	US EPA (1991)

5.6 Synthèse des VTR chronique retenues pour l'ingestion

Tableau 24 : VTR retenues pour l'ingestion

Substance	Effet	Cible	Espèce	Valeur	Source
Benzo(a)Pyrène (50-32-8)	Cancérigène	Cancer multi-site	Rats, souris	ERUo = **0,2 (mg/kg/j)$^{-1}$**	RIVM (2001)
Naphtalène (91-20-3)	Non Cancérigène	Diminution poids corporel	rat	RfD = **0,02 mg/kg/j**	US EPA (1998)
	Cancérigène	Cancer multi-site	Rats, souris	ERUo = **0,0002 (mg/kg/j)$^{-1}$**	RIVM (2001)
As	Non Cancérigène	Système cutané	homme	RfD = **0,0003 mg/kg/j**	US EPA (1993)
	Cancérigène	Cancer peau	homme	ERUo = **1,5 (mg/kg/j)$^{-1}$**	US EPA (1998)
Pb	Non Cancérigène	Système nerveux central	homme	RfD = **0,0035 mg/kg/j**	OMS (1993)
	Cancérigène	Tumeurs rénales	rats	ERUo = **0,0085 (mg/kg/j)$^{-1}$**	OEHHA (2002)
Sb	Non Cancérigène	Longévité	rat	RfD = **0,0004 mg/kg/j**	US EPA (1991)
Ni	Non Cancérigène	Diminution poids organes	rat	RfD = **0,02 mg/kg/j**	US EPA (1996)
Mn vx	Non Cancérigène	Système nerveux central	homme	RfD = **0,14 mg/kg/j**	US EPA (1996)
Mn sol	Non Cancérigène	Système nerveux central	homme	RfD = **0,046 mg/kg/j**	US EPA (1996)
Hg	Non Cancérigène	Système nerveux	rat	RfD = **0,0003 mg/kg/j**	US EPA (1995)
Cr VI	Non Cancérigène	Système digestif	rat	RfD = **0,003 mg/kg/j**	US EPA (1998)
Co	Non Cancérigène	Système sanguin	homme	TDI = **0,0014 mg/kg/j**	RIVM (2001)
Cd	Non Cancérigène	Système rénal	homme	RfD = **0,001 mg/kg/j**	US EPA (1994)
Dioxines	A seuil d'effet et cancérigène	Système pulmonaire et hépatique	homme	DJT = **0,000000001 mg/kg/j**	OMS (1999)

5.7 Synthèse des autres valeurs repères retenues pour l'inhalation – Valeurs Guides (VG)

Tableau 25 : Autres valeurs retenues pour l'inhalation

Substance	Effet	Cible	Espèce	Valeur	Source
Dioxyde d'azote (10102-44-0)	Non Cancérigène	Système respiratoire	animale	Objectif qualité de l'air = **40 µg/m³**	CSHPF (2001)
Dioxyde de soufre (7446-09-05)	Non Cancérigène	Système respiratoire	homme	VG= **50 µg/m³**	OMS (2000)
Acide fluorhydrique (7664-39-3)	Non Cancérigène	Système respiratoire	-	VG = **1 µg/m³**	OMS (2000)
Plomb	Non Cancérigène	Système sanguin; effets reprotoxiques	homme	VG = **0,5 µg/m³**	OMS (2000)
PM10	Non Cancérigène	Système respiratoire	homme	VG = **20 µg/m³**	OMS (2005)