Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

SCENARII 1

Rapport final de l'étude

www.airpaca.org

AirPACA

QUALITÉ DE L'AIR

SCENARII 1 – EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Le projet SCENARII est réalisé dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement pour répondre à l'objectif de réduction et de contrôle des expositions nocives à la pollution atmosphérique ayant un impact sur la santé et s'inscrit dans le prolongement de plusieurs études sanitaires de zone conduites par l'État au début des années 2010.

Ce projet a permis de développer et de valider l'outil OSIRIS, outil de gestion de risques et d'aide à la décision, basé sur une démarche d'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS). Cette démarche permet de quantifier, à l'aide d'indicateur de risques, l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé.

L'utilisation de cet outil sur la région de l'Etang de Berre a permis d'identifier les zones pour lesquelles des dépassements des seuils de gestion sont observés, et ce, pour la première fois dans une telle démarche, en intégrant 39 substances et l'ensemble des sources de pollution (industries, transports, chauffages, navires…) à l'échelle d'un territoire composé de 66 communes.

Contact
Boualem MESBAH
boualem.mesbah@airpaca.org

Date de parution
Janvier 2018

Références
23EX0614 / 23EX0614 -V04 / LLB-BM

REMERCIEMENTS

Le projet SCENARII a bénéficié du concours scientifique et/ou du financement d'administrations et de collectivités que nous tenons à remercier :

- L'ARS PACA
- Cire Santé Publique France PACA
- La DREAL PACA
- La Région PACA
- NUMTECH.

PARTENAIRES

- L'ARS PACA
- Cire Santé Publique France PACA
- La DREAL PACA
- La Région PACA
- NUMTECH

AUTEURS DU DOCUMENT

- Lise LE BERRE, ingénieur d'études Air PACA
- Boualem MESBAH, responsable du service Etudes Air PACA

ANNEXES

ANNEXE 1 : Positionnement des bouches d'extraction d'air de chaque plateau et débits d'air correspondants..... 4

ANNEXES

ANNEXE 1 : Rapport Numtech - Projet Scénarii : Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques dans la zone de l'Etang de Berre et l'Ouest des Bouches

NUMTECH

Air PACA

Projet Scénarii :

Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques dans la zone de l'Etang de Berre et l'Ouest des Bouches

RAPPORT D'ETUDE

Réf.: 029.0114/ERS - ZI – novembre 2015

INTERVENANTS

Air PACA **(CLIENT)**	
Adresse : Etablissement de Martigues - Route de la Vierge - 13500 MARTIGUES	
Tél. : 04 42 13 01 20	Fax : 04 42 13 01 29
Contact : BouAlem MESBAH	E-mail : boualem.mesbah@airpaca.org

NUMTECH **(PRESTATAIRE)**	
Adresse : 6 Allée Alan Turing - CS 60242 - Parc Technologique de La Pardieu - 63178 AUBIERE CEDEX	
Tél. : (33) 4 73 28 75 95	Fax : (33) 4 73 28 75 99
Contact : Adrien MARCHAIS	E-mail : adrien.marchais@numtech.fr

VERSION	DATE	DESCRIPTION DES MODIFICATIONS
1	06/03/2015	Version initiale
2	17/07/2015	Version finale
3	02/10/2015	Version finale
4	26/11/2015	Version finale

REDACTION	CONTROLE QUALITE
Adrien MARCHAIS, ingénieur sanitaire	Stéphanie GAUVIN, ingénieur sanitaire

RESUME

Dans le cadre de la réalisation d'un système de simulation de scénarii de pollution atmosphérique pour l'évaluation des risques sanitaires dans la région de l'étang de Berre, Air PACA a chargé la société NUMTECH de modéliser 39 substances recensées dans son registre d'émission pour l'année 2010 et d'en estimer les risques sanitaires associés.

Cette étude porte sur les données d'émission des différentes sources présentes sur la zone d'étude pour l'année 2010. L'année de référence pour les cartes produites dans le projet est l'année 2013. Elle fait suite à une étude de faisabilité qui appréhendait les données d'émission disponibles pour l'année 2007 et qui a permis le développement d'une méthode pour le traitement des données et d'un outil d'automatisation des calculs utilisés dans le cadre du projet « Scénarii ».

La zone d'étude retenue correspond à l'ancienne zone de surveillance d'Airfobep, à savoir une zone d'environ 3 000 km² située à l'ouest des Bouches du Rhône et comprenant l'étang de Berre. Le volet sanitaire de cette étude s'accompagne de l'application OSIRIS, permettant l'automatisation du calcul des risques sanitaires sur le domaine d'étude.

L'objectif de ce travail n'est pas la réalisation d'une étude de zone comme définie par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) en 2010 et présentée dans un guide par l'INERIS en 2011. En effet, cette étude se limite à une liste de substances non pas définie en fonction des risques sanitaires qu'elles sont susceptibles d'induire, mais en fonction de leur disponibilité dans le registre d'émission Air PACA. Par ailleurs, cette étude n'a pas été pilotée comme l'est une étude de zone (participation des administrations, des opérateurs publics et privés, des parties prenantes, etc.).

La démarche d'évaluation des risques sanitaires (ERS) a été appliquée dans le cadre de cette étude. Il s'agit d'une démarche structurée permettant de fournir aux gestionnaires des estimations des risques pour la santé, en l'état actuel des connaissances scientifiques. La démarche d'évaluation des risques sanitaires comporte 4 étapes :

- Etape 1 : l'identification des dangers qui consiste à décrire les effets néfastes pour la santé humaine, associés à l'exposition aux substances inventoriées.
- Etape 2 : l'évaluation de la relation dose-réponse qui a pour but d'estimer le lien entre la dose d'une substance mise en contact avec l'organisme et l'incidence de l'apparition d'un effet toxique jugé critique pour l'organisme. Cette relation est caractérisée par des valeurs toxicologiques de référence (VTR), émises par des organismes internationaux de référence en toxicologie.
- Etape 3 : l'évaluation des expositions qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de caractériser les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci,
- Etape 4 : la caractérisation du risque qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de caractériser le risque encouru pour les populations exposées.

Une étape préalable doit permettre d'identifier les populations potentiellement exposées aux polluants émis dans l'atmosphère dans le domaine d'étude.

Caractérisation du site et de son environnement

Cette première étape a consisté à décrire les populations résidant et/ou fréquentant le domaine d'étude. Des sites spécifiques fréquentés par les populations ont été localisés dans ce domaine. Ces sites spécifiques correspondent soit à des lieux accueillant des personnes susceptibles d'être plus sensibles à la pollution atmosphérique telles que les enfants, les personnes âgées ou des malades, soit à des lieux utilisés pour la pratique de sport.

Les 35 substances recensées dans l'inventaire d'émission Air PACA ont été considérées dans cette étude. En plus de ces 35 substances, 4 supplémentaires ont été ajoutées sur la base des résultats obtenus dans les différentes études de zones effectuées dans le domaine d'étude ou à proximité de celui-ci (Fos-sur-Mer, Berre-l'Etang et Lavéra). En tout, 39 substances ou familles de substances ont donc été appréhendées dans le cadre de cette étude.

Identification des dangers

L'ensemble des bases de données toxicologiques référencées par la réglementation française ont été consultées. Pour chacune des substances, elles ont fourni des indications sur les effets aigus (pour de courtes durées d'exposition) ou les effets chroniques (pour des durées d'exposition de plusieurs années) sur la santé humaine. D'après ces données, l'exposition aux 39 substances ou familles de substances retenues dans le cadre de cette ERS est susceptible d'induire des effets sur un grand nombre de systèmes du corps humain, tels que les systèmes respiratoire, nerveux, digestif ou hématologique et immunitaire par exemple.

Evaluation de la relation dose-réponse

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) retenues sont celles recommandées dans la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 *relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués*.

Sur les 39 substances et familles de substances recensées, des VTR ont été obtenues pour au moins un type d'effet pour 26 d'entre elles. Parmi les 13 substances ou familles de substances pour lesquelles aucune VTR n'a pu être prise en compte, des valeurs-guides (VG) ont été utilisées pour 3 d'entre-elles. Bien qu'elles ne permettent pas d'apporter des éléments d'information sur les risques sanitaires, elles ont été utilisées à titre d'information dans le cadre de cette étude.

Evaluation des expositions

La présente étude a permis de caractériser les risques sanitaires en considérant un scénario d'exposition « habitants résidentiels » caractérisant les populations résidant ou fréquentant le domaine d'étude. Les travailleurs des différentes zones industrielles n'ont pas fait l'objet d'un scénario d'exposition particulier.

La voie d'exposition respiratoire est la seule voie d'exposition considérée dans le scénario d'exposition « habitants résidentiels », en effet, la voie d'exposition digestive n'a pas été traitée en raison des sources d'incertitude importantes qui l'entachent. A noter par ailleurs que l'exposition respiratoire

aiguë, c'est-à-dire sur un pas de temps inférieur à 14 jours, n'a pas été prise en compte dans cette étude car jugée plus incertaine dans la mesure où on ne dispose pas d'information précise sur la variabilité temporelle des émissions renseignées dans le cadastre. Finalement, l'étude porte sur l'exposition chronique par voie respiratoire des populations exposées aux substances gazeuses et particulaires identifiées plus haut.

La dispersion des rejets atmosphériques recensés dans le registre Air PACA a été simulée *via* le modèle numérique de dispersion atmosphérique ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System)[a]. Le calcul a pris en compte l'occupation des sols et la topographie caractéristique de la zone, la météorologie locale ainsi que les caractéristiques des sources d'émission. Le calcul a tenu compte des phénomènes de dépositions sèche et humide.
Parmi les 29 substances pour lesquelles les niveaux d'exposition ont pu être comparés à une VTR ou une VG, le niveau de fond dans l'air n'a pas pu être appréhendé par NUMTECH pour 8 substances et famille de substances, à savoir l'ammoniac, le chlorure d'hydrogène, le fluorure d'hydrogène, le fluoranthène, le naphtalène, les polychlorobiphényles, les particules diesel et l'hydrogène sulfuré. Pour ces 8 substances, les résultats obtenus sont donc susceptibles de sous-estimer ou de surestimer l'exposition réelle des populations.

Les concentrations moyennes inhalées les plus élevées ont été obtenues dans des zones qui diffèrent selon la substance considérée. Globalement, les zones les plus impactées sont situées soit à proximité des voies de circulation, soit à proximité de zones industrielles (ex : raffineries, site sidérurgique).

Caractérisation du risque

D'après l'évaluation des risques sanitaires qui a été menée, des dépassements du seuil de conformité sont onbtenus pour plusieurs substances à effets à seuil ou sans seuil de dose.

Pour les effets à seuil de dose, les résultats obtenus indiquent que des dépassements de seuil de conformité (QD>1) peuvent être obtenus pour les particules diesel. Les zones concernées par ces dépassements se situent à proximité des voies de circulation. Elles concernent peu de personnes (environ 12 personnes).

Les dépassements de seuil ont été observés soit autour du Golfe de Fos où de nombreuses activités industrielles sont présentes (cas du 1,2-dichloroéthane, du benzène et du 1.3-butadiène), soit à proximité des axes routiers (cas des particules diesel et du 1.3-butadiène). Le nombre de personnes concernées varie en fonction de la substance et des niveaux de risque considérés. D'après le traitement cartographique des résultats, entre 146 et 33 624 personnes seraient susceptibles d'habiter les zones de dépassement.

[a] Développé depuis 20 ans par le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC, ADMS est considéré par l'INERIS comme la nouvelle génération des modèles de dispersion atmosphérique gaussiens (Evaluation des risques sanitaires liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des installations Classés pour la Protection de l'Environnement. INERIS, 30 novembre 2001, version 3.0 ; 181 pages). Il est reconnu par l'US EPA (*Environmental Protection Agency of United-States*) comme un modèle « avancé » (« advanced model »).

Pour les substances pour lesquelles des valeurs guide (VG) ont été retenues en l'absence de valeurs toxicologiques de référence (VTR), des dépassements de VG pour la voie respiratoire ont été estimées pour le dioxyde d'azote (NO_2) et les poussières (PM_{10} et $PM_{2,5}$). Les zones où des dépassements sont obtenus varient fortement en fonction de la substance et sont susceptibles de concerner entre 1 083 personnes (NO_2) et l'ensemble de la population présente dans la zone d'étude ($PM_{2.5}$ et PM_{10}).

Spécificité de la zone d'investigation

Les dépassements des valeurs guides (VG) pour le dioxyde d'azote (NO_2) et les poussières (PM_{10} et $PM_{2,5}$) ne sont pas une spécificité de la zone d'investigation. Ces dépassements sont également observés dans d'autres zones de la région et plus largement sur le territoire national. Cette précision vaut également pour les particules diesels.

Une estimation des risques « cumulés » considérant l'exposition simultanée à plusieurs substances a été réalisée. Pour les effets à seuil de dose, des risques cumulés ont été estimés pour sept systèmes-cibles. Un dépassement de la valeur de conformité (QD>1) a été obtenu pour le système respiratoire. Ces dépassements sont très majoritairement liés aux risques estimés pour les particules diesel et sont susceptibles de concerner environ 28 personnes habitant à proximité des voies de circulation.

A la demande du commanditaire, les risques à effet sans seuil de dose ont été sommés selon le système-cible, et ce, en plus de la sommation simple de l'ensemble des ERI sans distinction du système-cible comme recommandé par l'INERIS. Pour le système respiratoire, un dépassement du seuil de conformité ($ERI>10^{-5}$) a été obtenu sur l'ensemble de la zone d'étude. Le seuil d'action rapide ($ERI>10^{-4}$) est atteint dans une zone restreinte, située exclusivement au niveau des voies de circulation ou à proximité immédiate de celles-ci. Dans cette zone, environ 58 personnes sont susceptibles d'habiter. D'après les résultats obtenus, les particules diesel et le 1,3-butadiène contribuent le plus aux dépassements observés à l'échelle de la zone d'étude. Dans les zones où le seuil d'action rapide est atteint, ce sont les particules diesel qui contribuent le plus aux niveaux de risque estimés, en moyenne à hauteur de 64 % en moyenne à ces endroits.

Lorsqu'une somme d'ERI est effectuée sans tenir compte du système-cible, le seuil de conformité est dépassé sur l'ensemble du domaine d'étude ($ERI>10^{-5}$). Le seuil d'action rapide ($ERI>10^{-4}$) est atteint dans une zone restreinte, située exclusivement au niveau des voies de circulation ou à proximité immédiate de celles-ci. Dans cette zone, environ 285 personnes sont susceptibles d'habiter. D'après les résultats obtenus, les particules diesel, le 1,3-butadiène et le benzène contribuent le plus aux dépassements observés à l'échelle de la zone d'étude. Dans les zones où le seuil d'action rapide est atteint, ce sont les particules diesel qui contribuent le plus aux niveaux de risque estimés, en moyenne à hauteur de 53 % en moyenne à ces endroits.

Comparaison aux ERS de zones déjà réalisées à proximité de l'étang de Berre

Une comparaison a été effectuée entre les ERS de zones réalisées à proximité de l'Etang de Berre et l'étude Scénarii. Les résultats obtenus indiquent 3 points qui rendent la comparaison difficile en termes de risques sanitaires. L'application de nouvelles recommandations relatives au choix des valeurs toxicologiques de référence, ainsi que la parution de nouvelles données toxicologiques sont susceptibles d'induire une différence importante, parfois d'un facteur supérieur à 10, lors de la caractérisation des risques, et ce, même si des niveaux identiques en substances avaient été estimés. Par rapport à l'étude Scénarii, l'estimation des niveaux d'exposition dans les études de zone s'est basée uniquement sur les résultats de modélisation, alors qu'une sous-estimation de ceux-ci par rapport aux mesures avait été observée. Enfin, le mode d'estimation du nombre de personnes concernées par des dépassements des seuils de conformité est différent entre les etudes de zone et l'étude Scénarii. L'outil OSIRIS développé dans le cadre du projet Scénarii devrait permettre d'homogénéiser les méthodes suivies dans de futures études sanitaires, et le cas échéant, faciliter une mise à jour des études de zone déjà réalisées.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION 14

1.1 Contexte de l'étude 14

1.2 Cadre de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (ERS) 15

2. CARACTERISATION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT 18

2.1 Détermination et caractérisation du domaine d'étude 18

2.2 Caractérisation du site et des populations 19

2.3 Inventaire et quantification des substances 24

3. IDENTIFICATION DES DANGERS (ETAPE 1) 32

3.1 Méthode 32

3.2 Etude des dangers 32

4. INVENTAIRE ET CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE (ETAPE 2) 34

4.1 Inventaire des valeurs toxicologiques de référence 34

4.2 Valeurs toxicologiques de référence retenues 38

5. ÉVALUATION DES EXPOSITIONS 43

5.1 Définition du scénario d'exposition 43

5.2 Paramètres du scénario d'exposition 44

5.3 Calculs des doses d'exposition 45

5.4 Prise en compte du bruit de fond 47

5.5 Résultats obtenus par la modélisation de la dispersion 48

5.6 Exposition cumulée 51

5.6.1 Exposition cumulés à seuil de dose 51

5.6.2 Exposition cumulée sans seuil de dose 52

6. CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES (ETAPE 4) 53

6.1 Méthode 53

6.1.1 Quotients de danger pour les substances à effets à seuil de dose 53
6.1.2 Excès de risque individuel pour les substances à effets sans seuil de dose 53

6.2 Estimation des quotients de danger 54
6.2.1 Calcul des QD 54
6.2.2 Principales sources contributrices 61

6.3 Excès de risque individuels (ERI) 73
6.3.1 Calcul des ERI 73
6.3.2 Principales sources contributrices 77

6.4 Risques cumulés 84
6.4.1 Risques cumulés à seuil de dose 84
6.4.2 Risques cumulés sans seuil de dose 86

7. DISCUSSION 90

7.1 Analyse des incertitudes 90
7.1.1 Incertitudes ayant pour effet de sous-estimer les risques 90
7.1.2 Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques 90
7.1.3 Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu (ou variable) 90

7.2 Comparaison aux ERS de zone 94

8. CONCLUSION 98

8.1 Exposition chronique à effet de seuil 98

8.2 Exposition chronique sans effet de seuil 98

8.3 Risques cumulés 99

8.4 Comparaison aux ERS de zone 100

ANNEXE 1 : TABLEAUX DE SYNTHESE DES SITES SENSIBLES RECENSES DANS LE DOMAINE D'ETUDE 103

ANNEXE 2 : EXPLOITATION DES RESULTATS DE MESURES RELATIVES AUX DIOXINES-FURANES 115

ANNEXE 3 : FICHES TOXICOLOGIQUES 137

ANNEXE 4 : RESULTATS OBTENUS POUR LA VOIE DIGESTIVE 138

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 140

ABREVIATIONS

- **ATSDR** : agency for toxic substances and disease registry
- **C_i** : concentration dans l'air
- **CIRC** : centre international de recherche sur le cancer
- **CMI** : concentration moyenne inhalée
- **CO** : monoxyde de carbone
- **COVNM** : composés organiques volatils non méthaniques
- **EPA :** environmental protection agency
- **ERI** : excès de risque individuel
- **ERS** : évaluation des risques sanitaires
- **ERU** : excès de risque unitaire
- **HAP** : hydrocarbures aromatiques polycycliques
- **INERIS** : institut national de l'environnement industriel et des risques
- **InVS** : institut de veille sanitaire
- **INRS** : institut national de recherche et de sécurité
- **Insee** : institut national de la statistique et des études économiques
- **IPCS** : international programme on chemical safety
- **NOx** : oxydes d'azote
- **NO_2** : dioxyde d'azote
- **OEHHA** : office of environmental health hazard assessment (une des agences de Cal EPA, l'antenne californienne de l'US-EPA)
- **OMS** : organisation mondiale de la santé
- **PM** : particulate matter
- **PM_x** : particules de diamètre aérodynamique inférieur à « x » µm
- **QD** : quotient de danger
- **RIVM** : rijksinstituut voor volksgezondheit en Milieu (institut national de santé publique et de l'environnement des Pays-Bas)
- **SO_2** : dioxyde de soufre
- **TEQ :** Toxic Equivalent (équivalent toxique d'un produit)
- **VTR** : valeur toxicologique de référence

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 - ZONE DE SURVEILLANCE D'AIR PACA FAISANT L'OBJET DE CETTE ETUDE 14
FIGURE 2 - EXTRAIT DE LA CARTE DU DOMAINE D'ETUDE LOCALISANT LES SITES SENSIBLES (IGN) 23
FIGURE 3 - ESTIMATION DE LA CONTRIBUTION EN MASSE DU NAPHTALENE DANS LES HAP TOTAUX EMIS PAR LE TRAFIC ROUTIER 28
FIGURE 4 - ESTIMATION DE LA CONTRIBUTION EN MASSE DU NAPHTALENE DANS LES HAP TOTAUX RECENSES DANS LE REGISTRE AIR PACA (*HYPOTHESE SIMPLIFICATRICE) 29
FIGURE 5: LOGIGRAMME POUR LE CHOIX DES VTR (NOTE N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 DU 31 OCTOBRE 2014) 36
FIGURE 6 : CONCENTRATIONS MOYENNES ESTIMEES POUR LE DIOXYDE DE SOUFRE 50
FIGURE 7 : VOIE RESPIRATOIRE - NIVEAUX D'EXPOSITION OBTENUS EN DIOXYDE D'AZOTE – 811 HECTARES ET 1083 PERSONNES CONCERNES PAR UNE CONCENTRATION SUPERIEURE A LA VALEUR GUIDE 59
FIGURE 8 : VOIE RESPIRATOIRE - NIVEAUX D'EXPOSITION OBTENUS EN $PM_{2,5}$ – TOUTE LA ZONE D'ETUDE EST CONCERNEE PAR UNE CONCENTRATION SUPERIEURE A LA VALEUR GUIDE 60
FIGURE 9 : VOIE RESPIRATOIRE - NIVEAUX D'EXPOSITION OBTENUS EN PM_{10} – TOUTE LA ZONE D'ETUDE EST CONCERNEE PAR UNE CONCENTRATION SUPERIEURE A LA VALEUR GUIDE 61
FIGURE 10 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS DU TRAFIC ROUTIER DANS LES $PM_{2.5}$ TOTALES 65
FIGURE 11 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS DES GRANDES INSTALLATIONS DE COMBUSTION (GSP) DANS LES $PM_{2.5}$ TOTALES 66
FIGURE 12 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS DU RESIDENTIEL-TERTIAIRE DANS LES $PM_{2.5}$ TOTALES 67
FIGURE 13 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS MARITIMES DANS LES $PM_{2.5}$ TOTALES 68
FIGURE 14 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS DU TRAFIC ROUTIER (RO) DANS LES PM_{10} TOTALES 69
FIGURE 15 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS DES GRANDES INSTALLATIONS DE COMBUSTION (GSP) DANS LES PM_{10} TOTALES 70
FIGURE 16 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS DU RESIDENTIEL-TERTIAIRE DANS LES PM_{10} TOTALES 71
FIGURE 17 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS MARITIMES- DANS LES PM_{10} TOTALES 72
FIGURE 18 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS DES GSP DANS LE BENZENE TOTAL 79
FIGURE 19 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS DU RESIDENTIEL TERTIAIRE DANS LE BENZENE TOTAL 80
FIGURE 20 : VOIE RESPIRATOIRE - CONTRIBUTION DES EMISSIONS DU ROUTIER DANS LE BENZENE TOTAL 81
FIGURE 21 : VOIE RESPIRATOIRE - ERI PARTICULES DIESEL – 7 488 HECTARES ET 33 624 PERSONNES CONCERNES PAR UN DEPASSEMENT DU SEUIL DE CONFROMITE (ERI > 10^{-5}) 74
FIGURE 22 : VOIE RESPIRATOIRE - ERI 1.2-DICHLOROETHANE – 381 HECTARES ET 146 PERSONNES CONCERNES PAR UN DEPASSEMENT DU SEUIL DE CONFROMITE (ERI > 10^{-5}) 77
FIGURE 23 : VOIE RESPIRATOIRE – SOMME D'ERI ASSOCIEE A DES EFFETS SUR LE SYSTEME RESPIRATOIRE – 15 139 HECTARES ET 99 187 PERSONNES CONCERNES PAR UN DEPASSEMENT DU SEUIL DE CONFROMITE (ERI > 10^{-5}) 87
FIGURE 24 : VOIE RESPIRATOIRE – SOMME D'ERI QUEL QUE SOIT LE SYSTEME CIBLE – TOUTE LA POPULATION CONCERNEE PAR UN DEPASSEMENT DU SEUIL DE CONFORMITE (ERI>10^{-5}) ET 13 PERSONNES CONCERNEES PAR UN SEUIL D'ACTION RAPIDE (ERI>10^{-4}) 89

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 - LISTE DES COMMUNES DU DOMAINE D'ETUDE 18
TABLEAU 2 : EFFECTIF DE POPULATION RESIDANT SUR LA ZONE D'ETUDE PAR CLASSES D'AGES (SOURCE INSEE, 2008) 19
TABLEAU 3 : LISTE DES SUBSTANCES OU FAMILLES DE SUBSTANCE RETENUES DANS L'ETUDE EN PREMIERE APPROCHE 24
TABLEAU 4 : SUBSTANCES AJOUTEES EN SECONDE APPROCHE 25
TABLEAU 5 - PROFIL DE HAP EMIS EN FONCTION DU TYPE DE VEHICULE ET DU COMBUSTIBLE (COPERTIII) 26
TABLEAU 6 - CONTRIBUTION EN MASSE DES 8 HAP RECENSES DANS LE REGISTRE AIR PACA ET DU NAPHTALENE DANS LES HAP TOTAUX EMIS PAR LE TRAFIC ROUTIER 27
TABLEAU 7 - CONTRIBUTION EN MASSE ET EN TOXICITE DES 8 HAP RECENSES DANS LE REGISTRE AIR PACA ET DU NAPHTALENE DANS LES HAP TOTAUX EMIS PAR LE TRAFIC ROUTIER 27
TABLEAU 8 : SYNTHESE DES RESULTATS DE MESURES SUR LA COMPOSITION DE LA FAMILLE DIOXINES-FURANES EN ITEQ DANS L'AIR 30
TABLEAU 9 : LISTE FINALE DES SUBSTANCES RETENUES DANS L'ETUDE 31
TABLEAU 10 : PRINCIPALES SUBSTANCES INVENTORIEES, VOIE ET DUREE D'EXPOSITION ET SYSTEMES CIBLES ASSOCIES 33
TABLEAU 11 : POLLUANTS POUR LESQUELS UNE QUANTIFICATION DES RISQUES EST POSSIBLE POUR LA VOIE D'EXPOSITION RESPIRATOIRE 37
TABLEAU 12 - VTR NON CANCERIGENES OU VALEURS-GUIDES RETENUES POUR L'EXPOSITION RESPIRATOIRE CHRONIQUE 39
TABLEAU 13 - VTR CANCERIGENES RETENUES POUR L'EXPOSITION RESPIRATOIRE CHRONIQUE 40
TABLEAU 14 : FET DES HAP ETUDIES (INERIS, 2006)[8] 41
TABLEAU 15 - PARAMETRES DU SCENARIO D'EXPOSITION 45
TABLEAU 16 - FRACTION GAZEUSE DES DIFFERENTS HAP CONSIDERES DANS L'ERS 46
TABLEAU 17 : FRACTIONS PARTICULAIRE ET GAZEUSE ESTIMEES POUR LES DIOXINES-FURANES DANS L'AIR EN EQUIVALENT 2,3,7,8-TCDD 46
TABLEAU 18 - DISPONIBILITE DES NIVEAUX EN FOND DES SUBSTANCES CONSIDEREES DANS L'ERS 47
TABLEAU 20 : INTERVALLES DE CONCENTRATIONS OBTENUES DANS LE DOMAINE D'ETUDE 48
TABLEAU 21 - DETERMINATION DES SUBSTANCES DONT LES EFFETS CRITIQUES A SEUIL DE DOSE ASSOCIES AUX VTR RETENUES SE RAPPORTENT AU MEME SYSTEME CIBLE 51
TABLEAU 22 - DETERMINATION DES SUBSTANCES DONT LES EFFETS CRITIQUES SANS SEUIL DE DOSE ASSOCIES AUX VTR RETENUES SE RAPPORTENT AU MEME SYSTEME CIBLE 52
TABLEAU 23 – QD OBTENUS DANS LE DOMAINE D'ETUDE 55
TABLEAU 24 : RESULTATS ASSOCIES AUX SUBSTANCES APPREHENDEES POUR LESQUELLES SEULE UNE VG EST RETENUE DANS L'ERS 58
TABLEAU 25 : CONTRIBUTION DES DIFFERENTES SOURCES D'EMISSION DANS LA FRACTION DE SUBSTANCE MODELISEE DANS LES ZONES OU DES DEPASSEMENTS DES VALEURS-GUIDES SONT ESTIMES 62
TABLEAU 26 : ERI OBTENUS POUR LA VOIE RESPIRATOIRE 73
TABLEAU 27 : CONTRIBUTION DES DIFFERENTES SOURCES D'EMISSION EN BENZENE DANS LA FRACTION DE SUBSTANCE MODELISEE DANS LA ZONE D'ETUDE ENTIERE (PAR RAPPORT AUX CONCENTRATIONS CORRIGEES PAR AIR PACA 78
TABLEAU 28 : RESULTATS OBTENUS POUR LES RISQUES CUMULES A SEUIL DE DOSE EN FONCTION DU SYSTEME-CIBLE 84
TABLEAU 29 : RESULTATS OBTENUS POUR LES RISQUES CUMULES SANS SEUIL DE DOSE EN FONCTION DU SYSTEME-CIBLE 86
TABLEAU 30 : RESULTATS OBTENUS POUR LES RISQUES CUMULES SANS SEUIL DE DOSE EN FONCTION DU SYSTEME-CIBLE 87
TABLEAU 31 : PRINCIPALES CONTRIBUTION DES SUBSTANCES DANS LA SOMME D'ERI TOUT SYSTEME CIBLE CONFONDU DANS LES ZONES DE DEPASSEMENT 88

TABLEAU 32 : VTR SANS SEUIL DE DOSE DES BENZO(A)PYRENE, DIBENZO(A,H)ANTHRACENE ET NAPHTALENE SELON LES RECOMMANDATIONS DE LA NOUVELLE NOTE DGS D'OCTOBRE 2014 AVEC OU SANS LA METHODOLOGIE DES FET 92
TABLEAU 33 : COMPARAISON ENTRE LES ERI OBTENUS AVEC ET SANS LA METHODOLOGIE DES FET POUR LA VOIE RESPIRATOIRE 93
TABLEAU 34 : DIFFERENCES OBSERVEES ENTRE LES ERS DE ZONES REALISEES A BERRE, FOS ET LAVERA AVEC LA PRESENTE ETUDE SCENARII 96
TABLEAU 35 : LIEUX D'ACCUEIL DES ENFANTS EN BAS-AGES SUR LA ZONE D'ETUDE 103
TABLEAU 36 : LISTE DES ECOLES SITUEES DANS LA ZONE D'ETUDE 105
TABLEAU 37 : LISTE DES COLLEGES SITUES DANS LA ZONE D'ETUDE 109
TABLEAU 38 : LISTE DES FOYERS ET MAISONS DE RETRAITE SITUEES SUR LA ZONE D'ETUDE 110
TABLEAU 39 : LISTE DES ETABLISSEMENTS SANITAIRES ET SOCIAUX 112
TABLEAU 40 : LISTE DES LIEUX SPORTIFS 113
TABLEAU 41 : RECAPITULATIF DES RESULTATS TRAITES POUR LES MESURES IQGL010, IQGL011 ET IQGL012 115
TABLEAU 42 : RECAPITULATIF DES RESULTATS TRAITES POUR LES MESURES IQHB001, IQHB002, IQHB003 118
TABLEAU 43 : SYNTHESE DES RESULTATS TRAITES POUR LES MESURES IQHC001 A IQHC004 121
TABLEAU 44 : SYNTHESE DES RESULTATS TRAITES POUR LES MESURES IQHE024 A IQHE027 125
TABLEAU 45 : SYNTHESE DES RESULTATS TRAITES POUR LES MESURES IQHF012 A IQHF015 129
TABLEAU 46 : SYNTHESE DES RESULTATS TRAITES POUR LES MESURES IQHG011 A IQHG013 133
TABLEAU 47 : SYNTHESE DES RESULTATS DE MESURES 136

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte de l'étude

Dans le cadre de la réalisation d'un système de simulation de scénarii de pollution atmosphérique pour l'évaluation des risques sanitaires dans la région de l'étang de Berre et de l'ouest des Bouches du Rhône, Air PACA a chargé la société NUMTECH de modéliser des substances recensées dans son registre d'émission pour l'année 2010 et d'en estimer les risques sanitaires associés. (Figure 1).

Figure 1 - Zone de surveillance d'Air PACA faisant l'objet de cette étude

Cette présente étude porte sur les données d'émission des différentes sources présentes sur la zone d'étude pour l'année 2010 et fait appel à des résultats de campagne de mesures réalisées en 2013. Elle fait suite à une étude de faisabilité intitulée Scénarii 1 qui appréhendait les données d'émission disponibles pour l'année 2007 et qui a permis le développement d'une méthode et d'un outil (OSIRIS) utilisés dans le cadre du projet Scénarii 2.

1.2 Cadre de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (ERS)

Définition de l'ERS et références méthodologiques

L'évaluation des risques sanitaires est une démarche structurée élaborée par le national research council (NRC) (l'Académie des sciences nord américaine) (NRC, 1983)[1] qui la décrit comme « …l'utilisation de faits scientifiques pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou des situations dangereuses ». Cette démarche suit une méthode définie permettant de fournir aux gestionnaires des estimations des risques pour la santé, en l'état actuel des connaissances scientifiques.

Concernant la méthodologie à suivre pour la réalisation d'une ERS, deux documents méthodologiques font référence en France :

- le « Guide de lecture du volet sanitaire d'une étude d'impact » publié par l'InVS[a] (InVS, 2000)[2],
- les guides méthodologiques de l'Ineris[b] « Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE – Substances chimiques » (2003)[3] et « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires (2013)[4]

Dans la présente étude, les aspects techniques de l'évaluation des risques sanitaires sont conformes aux recommandations de ces deux documents. De plus, sont également considérées les préconisations de l'observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact (OPERSEI).

Champ d'intervention

Dans la présente ERS, les risques sanitaires associés à l'inhalation des polluants émis par l'ensemble des émissions de la zone de surveillance d'Air PACA sont déterminés pour des expositions chroniques (une à plusieurs années, d'après l'INERIS) associées à des concentrations atmosphériques moyennes en polluants auxquelles sont exposées en continu les personnes.

L'exposition respiratoire aiguë, c'est-à-dire sur un pas de temps inférieur à 14 jours, n'a pas été prise en compte dans cette étude car jugée plus incertaine dans la mesure où elle se serait basée uniquement sur des résultats de dispersion et sur aucun résultat de mesure. La voie d'exposition digestive n'est pas présentée dans le corps du rapport en raison des sources d'incertitude importantes qui l'entâchent, toutefois, elle a fait l'objet d'une étude à part entière présentée en annexe 4.

Dans la présente ERS, seul le risque sur la santé des populations résident ou fréquentant la zone d'étude a été étudié. De même, l'étude n'évalue pas :

- les risques écotoxiques (impact sur la faune et la flore),

[a] Institut national de veille sanitaire
[b] Institut national de l'environnement industriel et des risques

- les impacts liés aux odeurs,
- les risques liés aux agents physiques et microbiologiques,
- les risques liés aux sources d'émission non atmosphériques,

Structure du rapport

La démarche d'évaluation des risques sanitaires s'appuie sur les 4 étapes suivantes :

- Etape 1 : l'identification des dangers qui consiste en l'identification et la description les plus exhaustives possible des substances capables de générer un effet sanitaire indésirable, ainsi que la description de cet effet sanitaire,
- Etape 2 : l'évaluation de la relation dose-réponse qui a pour but d'estimer le lien entre la dose d'une substance mise en contact avec l'organisme et l'incidence de l'apparition d'un effet toxique jugé critique pour l'organisme. Cette étape se caractérise par le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour chaque toxique étudié,
- Etape 3 : l'évaluation des expositions qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de caractériser les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci,
- Etape 4 : la caractérisation du risque qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposées.

Cette étape est suivie d'un récapitulatif des hypothèses et des incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires dans cette étude.

Comme le recommande l'INERIS, une étape préalable de « Caractérisation de la zone d'étude » a été réalisée. Elle doit permettre d'identifier les populations potentiellement exposées.

Principes conducteurs à la réalisation de l'étude

Plusieurs grands principes sont respectés dans l'ERS, conformément aux recommandations de l'InVS, de l'INERIS et de la circulaire du 17 février 1998 relative à l'application de l'article 19 de la loi LAURE[a], complétant le contenu des études d'impact des projets d'aménagement :

- la transparence : les sources de données et les méthodes utilisées, les choix réalisés et les incertitudes relevées sont explicités et référencés,
- la cohérence : les meilleures connaissances scientifiques du moment (cohérence externe) sont utilisées de même que des règles systématiques pour recueillir et traiter l'information, choisir les méthodes et les hypothèses de calcul (cohérence interne),
- la spécificité : l'étude s'appuie sur les connaissances scientifiques et les données propres au site ou qui s'en rapprochent le plus.
- la prudence scientifique : en l'absence de donnée reconnue, sont prises en compte des hypothèses raisonnablement majorantes,
- la proportionnalité : le degré d'approfondissement doit être cohérent avec l'importance des incidences prévisibles de la pollution.

Cette étude s'appuie sur les méthodes et les connaissances disponibles au moment de la rédaction du rapport. Sa validité est donc limitée par l'évolution des outils et des connaissances des sciences utilisées dans l'évaluation des risques sanitaires.

Le document produit par NUMTECH doit être diffusé dans son intégralité de façon à ce que les lecteurs disposent de l'ensemble des éléments ayant servi à établir les résultats. La responsabilité de NUMTECH ne pourra pas être engagée si les informations qui lui ont été fournies au cours de l'étude par le commanditaire sont erronées ou parcellaires ou si le rapport et ses annexes sont présentés de façon partielle ou utilisés à d'autres fins que celles prévues dans l'introduction de cette étude.

[a] Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie

2. CARACTERISATION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

D'après le guide méthodologique de l'INERIS, une étape préalable est nécessaire pour caractériser le domaine d'étude, tant en ce qui concerne les substances émises que les populations éventuellement exposées (INERIS, 2003)3.

2.1 Détermination et caractérisation du domaine d'étude

Le domaine d'étude considéré est l'ancienne zone de surveillance de la qualité de l'air d'Airfobep et correspond actuellement à une partie de la zone de surveillance d'Air Paca (Figure 1). Cette zone des Bouches-du-Rhône représente une superficie de 3 000 km² avec soixante-six communes présentes (Tableau 1).

Tableau 1 - liste des communes du domaine d'étude

Communes		
Alleins	Fos-sur-Mer	Port de Bouc
Arles	Gignac-la-Nerthe	Port-Saint-Louis-du-Rhône
Aureille	Grans	Rognac
Aurons	Graveson	Rognonas
La Barben	Istres	Le Rove
Barbentane	Lamanon	Saint-Andiol
Les-Baux-de-Provence	Lançon-Provence	Saint-Chamas
Berre-l'Étang	Maillane	St-Etienne-du-Grès
Boulbon	Mallemort	Saintes-Maries-de-la-Mer
Cabannes	Marignane	Saint-Martin-de-Crau
Carry-le-Rouet	Martigues	Saint-Mitre-les-Remparts
Charleval	Mas-Blanc-des-Alpilles	Saint-Rémy-de-Provence
Châteauneuf-les-Martigues	Maussane-les-Alpilles	Saint-Victoret
Châteaurenard	Saint-Pierre-de-Mézoargues	Salon-de-Provence
Cornillon-Confoux	Miramas	Sausset-les-Pins
Coudoux	Mollégès	Sénas
Ensuès-la-Redonne	Mouriès	Tarascon
Eygalières	Noves	Velaux
Eyguières	Orgon	Ventabren
Eyragues	Paradou	Vernègues
La Fare-les-Oliviers	Pélissanne	Verquières
Fontvieille	Plan-d'Orgon	Vitrolles

2.2 Caractérisation du site et des populations

Les populations susceptibles d'être exposées aux émissions des différentes sources localisées sur le domaine d'étude sont définies comme des populations résidant sur le domaine d'étude ou le fréquentant. L'évaluation des expositions de ces populations passe également par une description des usages des milieux dans le domaine d'étude afin de définir les scénarios d'exposition les plus appropriés.

Les données disponibles permettent d'appréhender les populations qui résident sur le domaine d'étude et celles qui le fréquentent régulièrement. Le recensement des personnes fréquentant le domaine d'étude s'est focalisé sur des lieux accueillant des personnes susceptibles d'avoir une sensibilité particulière à la pollution atmosphérique. Il s'agit des enfants et des personnes âgées, des personnes ayant un système immunitaire fragilisé par une hospitalisation et des personnes pratiquant une activité physique.

La localisation géographique de ces populations a été représentée sur la carte du domaine d'étude. Cependant, pour que cette carte soit visible, il n'a pas été possible de la reproduire dans son intégralité dans ce rapport. Un extrait de la carte est présenté en Figure 2.

Cette recherche présente des limites puisque le recensement de ces sites n'est probablement pas exhaustif étant donné la taille du domaine d'étude. D'autre part, une part de la population ne fréquente pas ces lieux pour des raisons personnelles ou financières (par exemple, les maisons de retraite pour les personnes âgées ou les crèches pour les enfants en bas-âge).

Population résidente

Le Tableau 2 présente les effectifs par classes d'âges de la population résidant sur la zone d'étude, soit 597 152 personnes réparties sur les 66 communes.

Tableau 2 : Effectif de population résidant sur la zone d'étude par classes d'âges (source Insee, 2008)

Communes	[0-3[	[3-6[	[6-11[	[11-15[	[15-18[	[18 et +	TOTAL
Alleins	87	94	166	146	123	1820	2437
Arles	1855	1781	3015	2547	1858	41674	52729
Aureille	53	58	79	75	55	1142	1462
Aurons	13	23	37	23	30	405	531
La Barben	20	12	42	56	36	536	703
Barbentane	111	109	198	181	136	3027	3763
Les-Baux-de-Provence	7	9	17	15	11	348	406
Berre-l'Étang	560	581	930	1045	538	10227	13881
Boulbon	52	51	105	67	53	1210	1538
Cabannes	147	172	268	222	151	3354	4314
Carry-le-Rouet	130	155	261	267	199	5317	6331
Charleval	107	97	169	132	91	1801	2397
Châteauneuf-les-Martigues	356	408	661	573	464	9102	11564
Châteaurenard	607	496	957	785	573	11399	14817
Cornillon-Confoux	39	53	96	60	44	1054	1345

Communes (suite)	[0-3[	[3-6[	[6-11[	[11-15[	[15-18[	[18 et +	TOTAL
Ensuès-la-Redonne	159	216	404	317	210	3918	5224
Eygalières	43	37	101	81	46	1521	1830
Eyguières	177	191	403	362	226	5018	6378
Eyragues	149	163	249	220	117	3441	4338
La Fare-les-Oliviers	212	227	374	317	276	5120	6526
Fontvieille	100	111	203	149	105	2864	3533
Fos-sur-Mer	517	553	1016	864	684	11814	15448
Gignac-la-Nerthe	327	303	563	500	333	7160	9186
Grans	136	141	276	199	151	3249	4153
Graveson	150	145	267	207	146	2922	3836
Istres	1632	1587	2776	2229	1705	32674	42603
Lamanon	58	48	101	103	75	1355	1740
Lançon-Provence	324	336	563	400	376	6011	8010
Maillane	88	82	138	103	57	1751	2219
Mallemort	188	211	409	344	263	4394	5809
Marignane	1300	1268	2146	1673	1295	26227	33909
Martigues	1565	1699	2734	2118	1555	36801	46471
Mas-Blanc-des-Alpilles	14	18	48	30	23	373	506
Maussane-les-Alpilles	51	56	96	67	74	1758	2102
Saint-Pierre-de-Mézoargues	6	7	14	14	9	205	256
Miramas	1101	1125	1724	1345	1049	19288	25632
Mollégès	92	86	162	130	105	1878	2453
Mouriès	96	113	190	143	110	2433	3085
Noves	198	188	297	248	189	3986	5106
Orgon	115	95	188	167	130	2335	3030
Paradou	39	43	78	55	48	1027	1290
Pélissanne	285	315	605	538	364	7114	9221
Plan-d'Orgon	118	105	201	164	117	2069	2774
Port de Bouc	626	598	944	767	658	13615	17207
Port-Saint-Louis-du-Rhône	305	313	517	381	322	6698	8535
Rognac	419	487	745	651	552	9340	12195
Rognonas	161	149	231	193	144	3244	4122
Le Rove	137	138	223	179	125	3371	4174
Saint-Andiol	118	128	225	192	129	2406	3198
Saint-Chamas	251	278	529	380	315	6037	7790
St-Etienne-du-Grès	54	71	134	116	92	1686	2152
Saintes-Maries-de-la-Mer	65	55	108	88	65	1913	2294
Saint-Martin-de-Crau	302	328	643	585	469	8651	10979
Saint-Mitre-les-Remparts	187	168	333	253	194	4237	5372
Saint-Rémy-de-Provence	266	315	530	469	382	8699	10662
Saint-Victoret	214	221	399	366	283	5053	6536
Salon-de-Provence	1408	1324	2561	2088	1657	32374	41411
Sausset-les-Pins	196	227	360	279	251	6021	7333
Sénas	254	257	394	354	238	4821	6317
Tarascon	428	422	709	612	639	10531	13340
Velaux	296	317	512	436	316	6526	8403
Ventabren	238	266	496	404	315	6380	8100
Vernègues	52	63	135	80	44	990	1365
Verquières	21	34	59	48	41	577	779
Vitrolles	1630	1555	2719	1876	1596	27232	36610
Coudoux	129	186	303	197	135	2441	3392

Populations fréquentant le domaine d'étude

- **Enfants en bas-âge**

Les effectifs des enfants de moins de 3 ans peuvent être appréhendés par l'intermédiaire des capacités des structures d'accueil de la petite enfance (crèche, halte-garderie). Au total, 108 lieux d'accueil d'enfants en bas-âge ont été répertoriés par l'intermédiaire de différentes sources documentaires. Les capacités d'accueil de ces structures ont été recensées principalement sur le site www.lescreches.fr. Quand l'information n'était pas disponible sur ce site, les effectifs ont été recherchés dans des médias locaux et notamment La Provence. Les structures d'accueil recensées peuvent accueillir environ 3 750 enfants. Ce chiffre est une sous-estimation de la réalité car il n'a pas été retrouvé les capacités d'accueil des 6 crèches de Vitrolles et que beaucoup d'enfants ne sont pas gardés en mode de garde collectif. Le tableau récapitulatif des structures d'accueil de la petite enfance recensées dans la zone d'étude est présenté en Annexe 1 (Tableau 36).

- **Enfants scolarisés**

Les effectifs des enfants entre 3 et 10 ans peuvent être appréhendés par l'intermédiaire des établissements scolaires (écoles maternelles, écoles primaires, publiques et privées). La liste des établissements scolaires et des capacités d'accueil associés ont été recherchés sur le site de l'éducation nationale[a] et le site www.lesecoles.fr. D'après les données collectées, 428 écoles maternelles et primaires ont été recensées soit environ 32 979 enfants. Le tableau récapitulatif des établissements scolaires recensés dans la zone d'étude est présenté en Annexe 1 (Tableau 37).

- **Adolescents scolarisés**

Les effectifs des adolescents (10-14 ans) peuvent être appréhendés par l'intermédiaire des collèges, publiques et privés. La liste des collèges et des capacités d'accueil associés ont été recherchés sur le site de l'éducation nationale[b] et le site www.lesecoles.fr. D'après les données collectées, 54 collèges ont été recensés soit environ 32 861 adolescents. Le tableau récapitulatif des établissements scolaires recensés dans la zone d'étude est présenté en Annexe 1 (Tableau 38).

- **Personnes âgées**

Les établissements accueillant les personnes âgées (foyers et maisons de retraite) ont été recensés sur le site FINESS[c] et sur le site des établissements hospitaliers[d]. Cette recherche a permis également de collecter le nombre de personnes pouvant être accueillis dans ces lieux. D'après les données collectées, 68 foyers ou maisons de retraite ont été recensés sur la zone d'étude soit environ 4425 personnes âgées vivant dans des résidences spécialisées. Le tableau récapitulatif de ces établissements recensés dans la zone d'étude est présenté en Annexe 1 (Tableau 39).

[a] http://www.education.gouv.fr/pid24301/annuaire-accueil-recherche.html
[b] http://www.education.gouv.fr/pid24301/annuaire-accueil-recherche.html
[c] http://finess.gouv.fr
[d] http://etablissement.hospitalier.net

- **Personnes fréquentant les établissements sanitaires et sociaux**

Le site FINESS et le site des établissements hospitaliers permettent également de recenser les cliniques, les hôpitaux et les structures accueillant des personnes handicapés. 49 établissements sanitaires et sociaux ont été recensés. Les effectifs n'ont pas pu être obtenus pour une majorité de ces établissements. Le tableau récapitulatif de ces établissements recensés dans la zone d'étude est présenté en Annexe 1 (Tableau 40).

- **Personnes exerçant une activité physique**

La pollution atmosphérique peut avoir des effets plus importants sur les personnes exerçant une activité physique par le fait que la ventilation pulmonaire est augmentée. Par conséquent, les lieux de pratique sportive et les lieux de baignade peuvent être considérés comme des sites sensibles. Ils ont été recensés *via* les sites des mairies des différentes communes, *via* le site des plages de France[a] et des stades[b]. 110 lieux de pratiques sportives ont été recensés sur le domaine d'étude. Le tableau récapitulatif de ces lieux de pratiques sportives est présenté en Annexe 1 (Tableau 41).

Finalement, l'ensemble des sites sensibles a été placé, de manière plus ou moins précise selon la connaissance exacte de l'adresse, sur la carte du domaine d'étude (Figure 2).

[a] Htt://www.plagesmed.fr
[b] http://france.stades.free.fr

Figure 2 - Extrait de la carte du domaine d'étude localisant les sites sensibles (IGN)

2.3 Inventaire et quantification des substances

Dans un premier temps, les substances retenues dans l'ERS correspondent aux 35 substances renseignées dans le registre d'émission d'Air PACA. Ces 35 substances ou familles de substances sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Liste des substances ou familles de substance retenues dans l'étude en première approche

Nom de la substance	Abréviation utilisée dans le rapport	N°CAS	Famille
Dioxyde de soufre	SO_2	7446-09-5	Polluants classiques de la pollution atmosphérique
Oxydes d'azote	NO_x	10102-44-0	
Protoxyde d'azote	-	10024-97-2	
Monoxyde de carbone	CO	630-08-0	
Poussières totales	PMtot	-	
Poussières de moins de 10 µm de diamètre	PM_{10}	-	
Poussières de moins de 2,5 µm de diamètre	$PM_{2,5}$	-	
Dioxyde de carbone	CO_2	124-38-9	
Ammoniac	-	7664-41-7	
Chlorure d'hydrogène	HCl	7647-01-0	
Fluorure d'hydrogène	HF	7664-39-3	
Composés organiques volatils non méthaniques	COVNM	-	Composés organiques volatils (COV)
Méthane	-	74-82-8	
Benzène	-	71-43-2	
Arsenic	As	7440-38-2	Eléments traces métalliques (ETM)
Cadmium	Cd	7440-43-9	
Chrome	Cr	7440-47-3	
Cuivre	Cu	7440-50-8	
Nickel	Ni	7440-02-0	
Mercure	Hg	7439-97-6	
Plomb	Pb	7439-92-1	
Sélénium	Se	7782-49-2	
Vanadium	V	7440-62-2	
Zinc	Zn	7440-66-6	
Hydrocarbures aromatiques totaux	HAPt	-	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
Benzo[a]pyrène	BaP	50-32-8	
Benzo[a]anthracène	BaA	56-55-3	
Benzo[b]fluoranthène	BbF	205-99-2	
Benzo[j]fluoranthène	BjF	205-82-3	
Benzo[k]fluoranthène	BkF	207-08-9	
Dibenzo[a,h]anthracène	DahA	53-70-3	
Fluoranthène	-	206-44-0	
Indéno[1,2,3-c,d]pyrène	IcdP	193-39-5	
Dioxines et furanes	PCDD et PCDF	-	Polluants organiques persistants (POP)
Polychlorobiphényls	PCB	-	

A ces 35 substances, 4 substances ont été ajoutées à la demande d'Air PACA car elles présentaient un risque sanitaire dans les différentes études de zone réalisées ces dernières années à l'intérieur ou à proximité du périmètre de compétence d'Air PACA. Les études de zone exploitées sont les études de Paillon[5], de Fos-Berre[6] et de Lavéra[7]. Les sources d'émission considérées pour ces 4 substances sont renseignées moins précisément que pour les 35 autres substances présentées dans le Tableau 3 car elles ne sont pas recensées dans le cadre de l'inventaire d'émission Air PACA.

Tableau 4 : Substances ajoutées en seconde approche

Nom de la substance	Abréviation utilisée dans le rapport	N°CAS	Famille
Particules diesel	-	-	Polluants classiques de la pollution atmosphérique
Hydrogène sulfuré	H_2S	7783-06-4	Composés organiques volatils (COV)
1,3-butadiène	-	106-99-0	
1,2-dichloroéthane	-	107-06-2	

Telle qu'appliquée actuellement, la démarche d'ERS ne permet d'appréhender que des substances prises individuellement, aussi, afin de pouvoir évaluer les risques susceptibles d'être induits par des familles de substances comme les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM), les hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux (HAPtotaux), les dioxines-furanes (PCDD et PCDF) et les polychlorobyphényles (PCB), il est nécessaire d'identifier les substances qui composent ces familles. En effet, les différentes substances qui composent chaque famille peuvent avoir des effets différents.

COVNM

Les sources d'émission en COVNM fournies par Air PACA à NUMTECH sont variées. Bien qu'étant principalement émis par des sources naturelles (51%), les COVNM sont aussi émis de manière significative par les industries de solvants (18%), l'agriculture (7%) et le secteur résidentiel (8%). En l'absence d'information plus précise sur les profils de substances de ces COVNM associés à ces différentes sources, cet ensemble de substances n'a pas été pris en compte dans le cadre de cette ERS. A noter toutefois que cette famille de substances reste représentée par le benzène, le méthane, le 1,3-butadiène et le 1,2-dichloroéthane pour lesquels des données d'émission spécifiques sont disponibles.

HAP

Comme indiqué dans le Tableau 3, la famille des HAP est renseignée dans l'inventaire d'émission d'Air PACA pour 8 congénères (le benzo[a]pyrène, le benzo[a]anthracène, le benzo[b]fluoranthène, le benzo[j]fluoranthène, le benzo[k]fluoranthène, le dibenzo[a,h]anthracène, le fluoranthène et l'indéno[1,2,3-c,d]pyrène). Cette spéciation est partielle puisqu'après comparaison des masses totales susceptibles d'être émises à l'atmosphère, la somme des 8 HAP ne représente qu'une faible

part des HAP totaux, à savoir moins de 3 % (280 kg/an *vs* 10 470 kg/an). Après étude des données du registre d'émission, il apparait que 2 sources contribuent à elles seules à hauteur d'environ 95% aux émissions en HAP totaux : le réseau routier secondaire (87%) et l'activité de distribution d'essence (8%). D'après les éléments fournis par Air PACA, l'activité de distribution d'essence est susceptible d'émettre uniquement du naphtalène, qui est un HAP non recensé dans le registre d'émission. Afin de permettre d'identifier les types de HAP susceptibles d'être présents dans les émissions du trafic routier, le guide des inventaires d'émission du trafic automobile COPERT a été utilisé. Comme indiqué dans le tableau suivant, le guide donne des profils de HAP susceptibles d'être émis en fonction du type de véhicule et du type de combustible :

Tableau 5 - Profil de HAP émis en fonction du type de véhicule et du combustible (COPERTIII)

HAP	Essence		Diesel		Poids lourds	Gaz liquéfié
	Conv*	EuroI et +	DI*	IDI***		
indéno[1,2,3-cd]pyrène	1,03	0,39	0,7	2,54	1,4	0,01
benzo[k]fluoranthène	0,3	0,26	0,19	2,87	6,09	0,01
benzo[b]fluoranthène	0,88	0,36	0,6	3,3	5,45	
benzo[ghi]perylène	2,9	0,56	0,95	6	0,77	0,02
fluoranthène	18,22	2,8	18	38,32	21,39	1,36
benzo[a]pyrène	0,48	0,32	0,63	2,85	0,9	0,01
pyrène	5,78	1,8	12,3	38,96	31,59	1,06
pérylène	0,11	0,11	0,47	0,41	0,2	
anthanthrene	0,07	0,01	0,07	0,17		
benzo[b]fluorène	4,08	0,42	24	5,21	10,58	0,71
benzo[e]pyrène	0,12	0,27	4,75	8,65	2,04	
triphénylène	7,18	0,36	11,8	5,25	0,96	0,48
benzo[j]fluoranthène	2,85	0,06	0,32	0,16	13,07	
dibenzo[aj]anthracène	0,28	0,05	0,11	0,12		
dibenzo[al]pyrène	0,23	0,01		0,12		
3,6 dimethyl-phénanthrène	4,37	0,09	4,85	1,25		0,18
benzo[a]anthracène	0,84	0,43	3,3	2,71	2,39	0,05
acénaphtylène			25,92	25,92		
acénaphtène			34,65	34,65		
fluorène					39,99	
chrysène	0,43	0,53	2,4	7,53	16,24	
phénanthrène	61,72	4,68	85,5	27,63	23	4,91
naphtalène	11,2	610,19	2100	650,5	56,66	40,28
anthracène	7,66	0,8	3,4	1,37	8,65	0,38
coronène	0,9	0,05	0,06	0,05	0,15	
dibenzo[ah]anthracène	0,01	0,03	0,24	0,56	0,34	

*conventional = norme de rejet pré-Euro
**injection directe
***injection indirecte

Comme indiqué dans le tableau suivant, les 8 HAP renseignés individuellement dans le registre d'émission Air PACA (indiqués en gras dans le Tableau 5) ne sont susceptibles de représenter qu'une partie des HAP émis par le trafic routier, entre 0,7% et 21%.

De manière générale, et comme indiqué plus loin dans l'ERS (dans la partie relative aux dangers et aux valeurs toxicologiques de référence), il est possible d'appréhender la toxicité de ces différentes substances *via* un facteur d'équivalence toxique (FET) qui les compare par rapport au HAP de référence, le plus toxique et le mieux connu qui est le benzo[a]pyrène (cf. Tableau 14). En croisant les quantités émises en différents HAP et leur toxicité relative, le naphtalène apparait comme la substance non prise en compte dans le registre d'émission mais dont les émissions sont les plus significatives d'un point de vue sanitaire. D'après COPERT, le naphtalène contribue entre 8,5% et 97,7% en masse des HAP susceptibles d'être émis par les différents types de véhicules. En considérant le FET qui lui est associé, le naphtalène est susceptible de représenter entre 1% et 58,7% des émissions du trafic routier en équivalent benzo[a]pyrène. Comme indiqué dans le Tableau 7, l'ajout du naphtalène en plus des 8 HAP déjà considérés dans le registre d'émissions Air PACA permet d'appréhender entre 82,2 % et 97,8 % de la toxicité du mélange de HAP induit par le trafic routier.

Tableau 6 - Contribution en masse des 8 HAP recensés dans le registre Air PACA et du naphtalène dans les HAP totaux émis par le trafic routier

	Essence		Diesel		Poids lourds	Gaz liquéfié
	Conv	**EuroI et +**	**DI**	**IDI**		
Somme 8 HAP Air PACA	18,7%	0,7%	1,0%	6,1%	21,1%	2,9%
Naphtalène	8,5%	97,7%	89,9%	75,0%	23,4%	81,4%
8 HAP + naphtalène	27,2%	98,4%	90,9%	81,1%	44,5%	84,3%

Tableau 7 - Contribution en masse et en toxicité des 8 HAP recensés dans le registre Air PACA et du naphtalène dans les HAP totaux émis par le trafic routier

	Essence		Diesel		Poids lourds	Gaz liquéfié
	Conv	**EuroI et +**	**DI**	**IDI**		
Somme 8 HAP Air Paca	81,1%	43,9%	37,0%	83,2%	87,3%	26,8%
Naphtalène	1,1%	53,9%	56,9%	11,8%	1,8%	58,7%
8 HAP + naphtalène	82,2%	97,8%	93,9%	95,0%	89,0%	85,5%

Afin d'estimer la contribution du naphtalène dans les HAP totaux émis par le trafic routier, NUMTECH s'est basé sur les données Air PACA qui permettent de distinguer la part de HAP émis par les véhicules diesel et des véhicules essence, et sur des données de l'Iffstar qui permettent d'estimer la part des véhicules diesel actuellement en circulation dont le moteur est à injection directe ou indirecte.

D'après les données Air PACA, les véhicules diesel (particuliers et utilitaires) représentent environ 85% des émissions en HAP totaux, contre environ 13% pour les véhicules essence et 2% pour les poids lourds. Les véhicules utilisant du gaz liquéfié présentés dans les différents tableaux précédents ne sont pas susceptibles de contribuer significativement aux émissions en HAP totaux émis par le trafic routier.

D'après l'Iffstar, environ 87% des véhicules diesel roulant en 2012 utilisent un moteur à injection directe contre seulement 13% de véhicules diesel qui utilisent un moteur à injection indirect. Cette estimation a pu être effectuée à partir de la composition du parc de véhicules diesel en France et de la proportion de moteurs diesel à injection directe ou indirecte pouvant être considérée en fonction de la norme euro à laquelle ils se rapportent. En effet, il a été considéré que les véhicules correspondants aux normes pré-Euro ou EuroI étaient intégralement équipés d'un moteur diesel à injection indirecte, que 50% des véhicules correspondants à la norme Euro2 étaient équipés d'un moteur à injection indirecte et 50% d'un moteur à injection directe ; et qu'enfin l'ensemble des véhicules correspondants aux normes postérieures à Euro2 étaient équipés d'un moteur à injection directe uniquement.

En considérant les différents éléments fournis par Air PACA et l'Iffstar, le naphtalène est susceptible de représenter de l'ordre de 88% des HAP totaux émis par le trafic routier (cf. Figure 3).

Figure 3 - Estimation de la contribution en masse du naphtalène dans les HAP totaux émis par le trafic routier

En considérant dans une hypothèse majorante pour le naphtalène que les 5% de HAP totaux émis par les sources autres que le réseau routier secondaire (87%) et l'activité de distribution d'essence (8%) soient du naphtalène, la prise en compte des éléments présentés précédemment permettent d'indiquer qu'en masse, le naphtalène représente environ 90% des HAP totaux non spécifiés dans le

registre d'émissions Air PACA (cf. Figure 4). Cette proportion a été retenue dans le cadre de cette ERS pour estimer les niveaux d'exposition liés au naphtalène.

Figure 4 - Estimation de la contribution en masse du naphtalène dans les HAP totaux recensés dans le registre Air PACA (*hypothèse simplificatrice)

Dioxines et furanes

Les données fournies par Air PACA correspondent à des dioxines-furanes en TEQ, c'est-à-dire en toxicité équivalente à de la 2,3,7,8-TCDD, toutefois, ces informations ne permettent pas d'appréhender le profil de cette famille de substances, à savoir les différents congénères plus ou moins toxiques qui la composent. Afin de pouvoir estimer la toxicité de ce mélange, des données de mesures Air PACA ont été appréhendées. Le profil moyen des dioxines-furanes mesurées sur la zone d'étude en 2011 et 2012 a été considéré comme représentatif des dioxines-furanes recensées dans le registre d'émission Air PACA. Les résultats des campagnes de mesures sont présentés en Annexe 2. Ces données permettent notamment d'estimer la part des différents congénères de dioxines furanes susceptibles de se trouver sous forme de concentration atmosphérique (Tableau 8).

Tableau 8 : Synthèse des résultats de mesures sur la composition de la famille dioxines-furanes en Iteq dans l'air

Congénère	I-TEF (OMS)	Moyenne concentrations	Fv
Dioxines			
2.3.7.8 TCDD	1	**4.5%**	66,4%
1.2.3.7.8 PeCDD	1	**17.0%**	11,7%
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	**1.3%**	2,4%
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	**4.1%**	2,9%
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	**2.9%**	1,6%
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	**4.6%**	0,3%
OCDD	0.001	**0.9%**	0,2%
Furanes			
2.3.7.8 TCDF	0.1	**6.6%**	77%
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	**1.7%**	26,8%
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	**34.4%**	22,1%
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	**5.7%**	4,9%
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	**5.2%**	5,2%
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	**6.7%**	5,5%
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	**1.8%**	9%
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	**2.2%**	1%
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	**0.3%**	5,7%
OCDF	0.001	**0.2%**	0,2%
TOTAL		**100%**	

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des substances retenues dans le cadre de cette étude :

Tableau 9 : Liste finale des substances retenues dans l'étude

Nom de la substance	Abréviation utilisée dans le rapport	N°CAS	Famille
Dioxyde de soufre	SO_2	7446-09-5	Polluants classiques de la pollution atmosphérique
Oxydes d'azote	NO_x	10102-44-0	
Protoxyde d'azote	-	10024-97-2	
Monoxyde de carbone	CO	630-08-0	
Poussières totales	PMtot	-	
Poussières de moins de 10 µm de diamètre	PM_{10}	-	
Poussières de moins de 2,5 µm de diamètre	$PM_{2,5}$	-	
Particules diesel	-	-	
Dioxyde de carbone	CO_2	124-38-9	
Ammoniac	-	7664-41-7	
Chlorure d'hydrogène	HCl	7647-01-0	
Hydrogène sulfuré	H_2S	7783-06-4	
Fluorure d'hydrogène	HF	7664-39-3	
Méthane	-	74-82-8	Composés organiques volatils (COV)
Benzène	-	71-43-2	
1,3-butadiène	-	106-99-0	
1,2-dichloroéthane	-	107-06-2	
Arsenic	As	7440-38-2	Eléments traces métalliques (ETM)
Cadmium	Cd	7440-43-9	
Chrome	Cr	7440-47-3	
Cuivre	Cu	7440-50-8	
Nickel	Ni	7440-02-0	
Mercure	Hg	7439-97-6	
Plomb	Pb	7439-92-1	
Sélénium	Se	7782-49-2	
Vanadium	V	7440-62-2	
Zinc	Zn	7440-66-6	
Benzo[a]pyrène	BaP	50-32-8	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
Benzo[a]anthracène	BaA	56-55-3	
Benzo[b]fluoranthène	BbF	205-99-2	
Benzo[j]fluoranthène	BjF	205-82-3	
Benzo[k]fluoranthène	BkF	207-08-9	
Dibenzo[a,h]anthracène	DahA	53-70-3	
Fluoranthène	-	206-44-0	
Indéno[1,2,3-c,d]pyrène	IcdP	193-39-5	
Naphtalène	-	91-20-3	
2.3.7.8 TCDD	2.3.7.8 TCDD	1746-01-6	Dioxines
1.2.3.7.8 PeCDD	1.2.3.7.8 PeCDD	40321-76-4	
1.2.3.4.7.8 HxCDD	1.2.3.4.7.8 HxCDD	39227-28-6	
1.2.3.6.7.8 HxCDD	1.2.3.6.7.8 HxCDD	57653-85-7	
1.2.3.7.8.9 HxCDD	1.2.3.7.8.9 HxCDD	19408-74-3	
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	35822-46-9	
OCDD	OCDD	3268-87-9	
2.3.7.8 TCDF	2.3.7.8 TCDF	51207-31-9	Furanes
1.2.3.7.8 PeCDF	1.2.3.7.8 PeCDF	51117-41-6	
2.3.4.7.8 PeCDF	2.3.4.7.8 PeCDF	51117-31-4	
1.2.3.4.7.8 HxCDF	1.2.3.4.7.8 HxCDF	70648-26-9	
1.2.3.6.7.8 HxCDF	1.2.3.6.7.8 HxCDF	57117-44-9	
2.3.4.6.7.8 HxCDF	2.3.4.6.7.8 HxCDF	60851-34-5	
1.2.3.7.8.9 HxCDF	1.2.3.7.8.9 HxCDF	72918-21-9	
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	67562-39-4	
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	55673-89-7	
OCDF	OCDF	39001-02-0	
Polychlorobiphényles	PCB	-	PCB

3. IDENTIFICATION DES DANGERS (ETAPE 1)

Cette première étape de l'évaluation des risques sanitaires a pour objectif de présenter les effets sur la santé humaine des substances émises par les différentes sources présentent sur la zone d'étude.

3.1 Méthode

Pour chacune des substances prises en compte dans cette étude, une recherche a été effectuée pour résumer les connaissances en toxicité disponible pour chaque substance, en fonction de la voie et de la durée d'exposition. Pour les expositions chroniques, il a été distingué les connaissances sur les effets cancérigènes génotoxiques et les effets non génotoxiques.

Les principales bases de données consultées sont les suivantes :

- « L'United-States Environmental Protection Agency » (US-EPA),
- L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS),
- « L'International Program on Chemical Safety » (IPCS),
- Santé Canada (« Health Canada »),
- L'institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS),
- L'institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).

La consultation de ces bases a permis de répertorier les dangers associés aux substances ou familles de substances inventoriées (certaines substances sont regroupées par famille). Le résultat de cette recherche est disponible en Annexe 3.

3.2 Etude des dangers

Le descriptif des dangers associés à chacune des substances appréhendées dans le cadre de cette étude est présenté en Annexe 3 dans les fiches toxicologiques associées aux substances.

Le Tableau 10 présente les principaux systèmes cibles et les substances associées à ces systèmes, selon la voie d'exposition. Ce tableau n'a pas pour ambition de lister l'ensemble des effets répertoriés dans la littérature mais de pointer le fait que chaque système est la cible de plusieurs substances étudiées. Ces substances peuvent agir sur une cible avec des mécanismes d'action différents ou similaires. Elles peuvent interagir pour potentialiser, neutraliser ou diminuer les effets néfastes de substances considérées individuellement. Les effets des mélanges de substances sont actuellement appréhendés dans les évaluations de risques sanitaires avec des hypothèses d'additivité des effets portant sur les mêmes cibles, ce qui est loin de représenter la variabilité de comportement des substances en mélange.

Tableau 10 : Principales substances inventoriées, voie et durée d'exposition et systèmes cibles associés

Substances	Systèmes cibles										
	Respiratoire	Oculaire	Hématologique et immunitaire	Métabolique, endocrinien et nutritionnel	Cardiovasculaire	Nerveux	Digestif	Musculo-squeletique	Urinaire	Cutané	Reproductif et développemental
1,2-dichloroéthane	AO					AR	AR, AO, CR,CO				
1,3-butadiène	AR, CR		CR		CR	AR					
Acide chlorhydrique	AR, CR	CR		CO			AO	CO			
Ammoniac	AR										
Arsenic	AR, CR	-	AO, CO	-	CR, CO	AO, CR, CO	AO, CO	-	-	AO, CR, CO	-
Benzène	-	-	CR, CO	-	-	AR, CR, CO	-	-	-	-	-
HAP		-	CO	-	-	-	CO	-	CO	-	-
Cadmium	AR, CR	-	-	-	-	-	AO	CR, CO	CR, CO	CO	CR, CO
Chrome	CR, CO	-	-	-	-	AO	AO	-	-	-	-
Cuivre	CR	-	-	-	-	AR, AO	CR, AO, CO	AR	-	-	-
Dioxines et furanes	AR						CR			AR, CR	
Dioxyde d'azote	AR, CR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dioxyde de soufre	AR, CR	CR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrogène sulfuré	AR, CR	CR				CR	CR				
Mercure	AR, AO, CR	-	-	-	AO, CO	AR, CR, CO	AR, AO, CR, CO	CR, CO	AR, AO, CR, CO	-	CR, CO
Monoxyde de carbone	-	-	-	-	CR	AR, CR	AR	-	-	-	-
Nickel	AR, CR	-	-	-	-	AR	AR, AO	-	-	-	CR, CO
Particules diesel	AR	A, CR									
Plomb	-	-	CR, CO	-	-	AO, CR, CO	AO	CR	AO, CR, CO	-	CR
Polychlorobiphényls		CO	AO			CO	AO, CO			AO, CO	
Poussières	AR, CR	-	-	-	AR	-	-	-	-	-	-
Protoxyde d'azote	-	-	CR	-	CR	CR	-	-	-	-	-
Sélénium	AR	-	-	-	-	AO	AO, CR	-	-	-	-
Vanadium	AR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc	AR	-	CO	-	-	-	AO, CO	-	-	-	-

* AR : aiguë respiratoire, AO : aiguë orale, CR : chronique respiratoire, CO : chronique orale

4. INVENTAIRE ET CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE (ETAPE 2)

Cette étape a pour objectif de réaliser l'inventaire des valeurs toxicologiques de référence pour chacune des substances, chacune des voies d'exposition et chacune les durées d'exposition retenues. La disponibilité de ces valeurs conditionne la possibilité de réaliser une caractérisation des risques pour une substance donnée pour une voie et une durée d'exposition données.

4.1 Inventaire des valeurs toxicologiques de référence

Définitions

Les valeurs toxicologiques de référence sont distinguées en fonction de leur mécanisme d'action :

- **Les toxiques à effet à seuil** : Les VTR sont les valeurs en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque.
- **Les toxiques à effet sans seuil** : Les VTR correspondent à la probabilité, pour un individu, de développer un effet néfaste (cancer) lié à une exposition égale, en moyenne sur sa durée de vie, à une unité de dose de la substance toxique. Ces probabilités sont exprimées par la plupart des organismes par un excès de risque unitaire (ERU). Un ERU de 10^{-5} signifie qu'une personne exposée en moyenne durant sa vie à une unité de dose, aurait une probabilité supplémentaire de 0,00001, par rapport au risque de base, de contracter un effet néfaste lié à cette exposition.

Sources de données

D'après la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 *relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués*, il est recommandé de sélectionner la VTR proposée par l'un des organismes suivant : Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA.

Par mesure de simplification, dans la mesure où il n'existe pas de méthode de choix faisant consensus, il est recommandé de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'ANSES même si des VTR plus récentes sont proposées par les autres bases de données. A défaut, si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors cette VTR doit être retenue, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente.

En l'absence d'expertise nationale, la VTR à retenir correspond à la plus récente parmi les trois bases de données suivantes : US-EPA, ATSDR ou OMS. A noter toutefois que dans ce dernier cas, il est nécessaire de s'assurer que l'organisme précise bien que la VTR est bien basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée.

Si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données précédemment citées (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA est utilisée.

En l'absence de VTR dans une de ces 8 bases de données, la note n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 indique qu'il est préférable d'éviter d'utiliser d'autres valeurs telles qu'une valeur toxicologique publiée par un autre organisme que ceux précédemment listés, ou une valeur limite d'exposition professionnelle ou encore une valeur guide de qualité des milieux.
Les VTR utilisées en évaluation de risques sanitaires doivent avoir des fondements uniquement sanitaires. Cependant, certaines valeurs émises par l'OMS (appelées « valeurs guides ») sont établies en tenant compte de considérations supplémentaires (environnementales, techniques, économiques…). Lorsque de telles valeurs guides sont utilisées (à défaut de VTR), elles sont traitées à part des VTR dans le reste de l'étude et il ne sera pas réalisé de caractérisation des risques comme avec une VTR mais seulement une comparaison des valeurs-guides (VG) avec les doses d'exposition. En revanche, si une VG peut être assimilée à une VTR de par sa construction, alors un calcul de risque sera réalisé.

La Figure 5 présente le logigramme permettant de choisir les VTR selon les recommandations de la note ministérielle.

Figure 5: Logigramme pour le choix des VTR (note n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014)

Les fiches toxicologiques associées aux différentes substances pour lesquelles au moins une VTR ou une VG est disponible sont présentées en Annexe 3.

Le Tableau 11 indique, pour l'ensemble des substances pour lesquelles des données d'émission étaient disponibles, si des VTR ont été retrouvées dans la littérature consultée pour la voie d'exposition respiratoire, et donc si une caractérisation des risques sanitaires peut être effectuée pour cette voie d'exposition.

Tableau 11 : Polluants pour lesquels une quantification des risques est possible pour la voie d'exposition respiratoire

Substances	N°CAS	Exposition Respiratoire Chronique	
		Substance à effet à seuil de dose	Substance à effet sans seuil de dose
Ammoniac (NH_3)	7664-41-7	X	-
Arsenic (As)	7440-38-2	X	X
Benzène	71-43-2	X	X
Benzo[a]anthracène	56-55-3	-	X
Benzo[a]pyrène	50-32-8	-	X
Benzo[b]fluoranthène	205-99-2	-	X
Benzo[k]fluoranthène	207-08-9	-	X
1,3-butadiène	7783-06-4	X	-
1,2-dichloroéthane	107-06-2	X	X
Cadmium (Cd)	7440-43-9	X	X
Chlorure d'hydrogène (HCl)	7647-01-0	X	-
Chrome (Cr)	7440-47-3	X	X
Cuivre (Cu)	7440-50-8	X	-
Dibenzo[a,h]anthracène	53-70-3	-	X
Dioxines et furanes	-	X	-
Dioxyde d'azote (NO_2)	10102-44-0	X (VG)	-
Dioxyde de soufre (SO_2)	7446-09-5	-	-
Fluoranthène	206-44-0	-	X
Fluorure d'hydrogène (HF)	7664-39-3	X	-
Hydrogène sulfuré (H_2S)	7783-06-4	X	-
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	193-39-5	-	X
Mercure (Hg)	7439-97-6	X	-
Monoxyde de carbone (CO)	630-08-0	-	-
Naphtalène	91-20-3	X	X
Nickel (Ni)	7440-02-0	X	X
Particules diesel	-	X	X
Plomb (Pb)	7439-92-1	X	
Polychlorobiphényle (PCB)	-	X	
Poussières de taille inférieure à 10 µm (PM_{10})	-	X (VG)	-
Poussières de taille inférieure à 2,5 µm ($PM_{2.5}$)	-	X (VG)	-
Sélénium (Se)	7782-49-2	X	-
Vanadium (Va)	7440-62-2	X	-
Zinc (Zn)	7440-66-6	-	-

Comme le montre le tableau précédent, il n'est pas possible de conduire une évaluation quantitative du risque sanitaire pour le monoxyde de carbone, pour le dioxyde de soufre et pour le zinc car il n'existe aucune VTR pour une exposition chronique par voie respiratoire. Dans le cas du dioxyde de soufre, en raison de l'importance de cette substance pour caractéristique les émissions industrielles,

une carte présentant les cancentrations obtenues par modélisation de la dispersion est présentée dans la partie 5 « Evaluation des expositions » à titre d'information, et ce, bien qu'aucune comparaison avec une VTR ou une VG ne puisse être effectuée.

4.2 Valeurs toxicologiques de référence retenues

Les Tableau 12 et Tableau 13 synthétisent les VTR retenues selon les recommandations de la note N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014[8].

Tableau 12 - VTR non cancérigènes ou valeurs-guides retenues pour l'exposition respiratoire chronique

	Substance	Numéro CAS	VTR (µg.m^{-3})	Effet critique	Références bibliographiques : Organisme de référence (Auteur de référence)
Polluants dits « classiques » de la pollution atmosphérique	Dioxyde d'azote	10102-44-0	40	Effets respiratoires – Valeur guide	OMS, 2006
	Poussières ($PM_{2,5}$)	-	10	Baisse de l'espérance de vie – Valeur guide	OMS, 2005
	Poussières (PM_{10})	-	20	Baisse de l'espérance de vie – Valeur guide	OMS, 2005
	Particules diesels	-	5	Effet histopathologique et inflammation pulmonair	EPA, 2003
	Ammoniac	7664-41-7	200	Effets sur le système respiratoire	INERIS, 2011 (OEHHA, 2000)
	Hydrogène sulfuré	7783-06-4	2	Lésions de l'épithélium nasal	EPA, 2003
	Chlorure d'hydrogène	7647-01-0²	20	Effets respiratoire : hyperplasie de la muqueuse nasale, du larynx et de la trachée	EPA, 1995
	Fluorure d'hydrogène	7664-39-3	14	Modification de la densité osseuse	OEHHA, 2003
Composés organiques volatils (COV)	Benzène	71-43-2	10	Diminution du nombre de lymphocytes B	ATSDR, 2007
	1,3-butadiène	106-99-0	2	Atrophie ovarienne	EPA, 2002
	1,2-dichloroéthane	107-06-2	2500	Effets hépatiques	ATSDR, 2001
Eléments Traces Métalliques (ETM)	Arsenic	7440-38-2	0.015	Effets sur le système nerveux	INERIS, 2010 (OEHHA, 2008)
	Cadmium	7440-43-9	0.45	Effets rénaux	ANSES, 2012 (EFSA, 2009)
	Chrome VI	7440-47-3	0.1	Présence de lactate déshydrogénase dans le liquide bronchoalvéolaire	EPA, 1998
	Cuivre	7440-50-8	1	Effets respiratoires et immunologiques	RIVM, 2001
	Mercure*	7439-97-6	0.03	Effets neurotoxiques	INERIS, 2010 (OEHHA, 2008)
	Nickel**	7440-02-0	0.014	Inflammation chronique active et fibrose des poumons	INERIS, 2007 (ATSDR, 2005)
	Plomb***	7439-92-1	0.9	Effets sur le système urinaire	ANSES, 2012
	Vanadium	7440-62-2	0.1	Effets sur le système respiratoire	ATSDR, 2012
Hydrocarbures aromatiques polycyclique	Naphtalène	91-20-3	37	Effets sur le système respiratoire	ANSES, 2013
Polluants organiques persistants	Dioxines et furanes	-	4 10^{-5}	Effets sur les systèmes : digestif, reproductif et développemental, endocrinien, respiratoire, hématopoïétique	OEHHA, 2000
	PCB (non coplanaires)	-	0.5	Effets hépatiques et une réduction du poids corporel	RIVM, 2001

*mercure élémentaire / ** nickel et ses composés excepté l'oxyde de nickel / *** estimation basée sur l'hypothèse que la voie respiratoire est la seule voie d'exposition au plomb

Tableau 13 - VTR cancérigènes retenues pour l'exposition respiratoire chronique

	Substance	Numéro CAS	VTR ($(\mu g.m^{-3})^{-1}$)	Effet critique	Références bibliographiques : Organisme de référence (Auteur de référence)
Polluants dits « classiques » de la pollution atmosphérique	Particules diesels	-	$3,4\ 10^{-5}$	Tumeurs pulmonaires	IPCS, 1996
Eléments Traces métalliques	Arsenic	7440-38-2	$4.3\ 10^{-3}$	Cancer pulmonaire	INERIS, 2010 (EPA, 1998)
	Cadmium*	7440-43-9	0.3	cancers de l'appareil respiratoire	ANSES, 2012
	Chrome VI	7440-47-3	$4.0\ 10^{-2}$	Cancer pulmonaire	OMS, 2000
	Nickel	7440-02-0	$3.8\ 10^{-4}$	Cancer pulmonaire	OMS, 2000
Composés organiques volatils	1,3-butadiène	7783-06-4	$1,7\ 10^{-4}$	Cancer pulmonaire	INERIS, 2011 (OEHHA, 2009)
	1,2-dichloroéthane	107-06-2	$3,4\ 10^{-6}$	Tumeur des glandes mammaires	ANSES, 2009
	Benzène	71-43-2	$2,6\ 10^{-5}$	Leucémie	ANSES, 2013
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Benzo[a]pyrène	50-32-8	$1,1\ 10^{-3}$	Tumeurs du tractus respiratoire	OEHHA, 2009
	Benzo[a]anthracène$	56-55-3	$1,10\ 10^{-4}$	Tumeurs du tractus respiratoire	OEHHA, 2009
	Benzo[b]fluoranthène$	205-99-2	$1,10\ 10^{-4}$	Tumeurs du tractus respiratoire	OEHHA, 2009
	Benzo[k]fluoranthène$	207-08-9	$1,10\ 10^{-4}$	Tumeurs du tractus respiratoire	OEHHA, 2009
	Dibenzo[a,h]anthracène	53-70-3	$1,2\ 10^{-3}$	Tumeurs du tractus respiratoire	OEHHA, 2009
	Fluoranthène$	206-44-0	$1,10\ 10^{-6}$	Tumeurs du tractus respiratoire	OEHHA, 2009
	Indéno[1,2,3-cd]pyrène$	193-39-5	$1,10\ 10^{-4}$	Tumeurs du tractus respiratoire	OEHHA, 2009
	Naphtalène	91-20-3	$5,6\ 10^{-6}$	Tumeurs du tractus respiratoire	ANSES, 2013

*pour cette substance, les risques cancérigènes sont établis pour des effets à seuil, par conséquent, la VTR est exprimée en $\mu g.m^{-3}$
$VTR calculées à partir de la méthode des FET et données en équivalent benzo[a]pyrène

Quelques précisions sont apportées pour les VTR de certaines substances.

Chrome

Dans l'environnement, le chrome existe sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement le chrome III et le chrome VI. Une première recherche de VTR n'a pas permis d'identifier de VTR pour l'élément chrome « total ».

Des VTR pour la voie respiratoire sont disponibles pour le chrome VI et le chrome III. De ces deux degrés d'oxydation, le chrome VI est le plus toxique, et est le seul retenu dans la présente ERS comme représentant du chrome et de ses composés.

D'après le HSDB, le chrome et ses composées émis dans l'air le sont sous forme particulaire, par conséquent, la VTR associée au chrome VI particulaire a été retenue dans le cadre de cette étude.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Pour les effets cancérigènes et pour les HAP pour lesquels il n'existe pas de VTR spécifique, il est choisi de suivre les recommandations de l'INERIS qui consistent à tenir compte des facteurs d'équivalence toxique pour calculer les VTR de chacun des HAP à partir de la VTR du benzo[a]pyrène (INERIS, 2006)[9]. Les facteurs d'équivalence toxique (FET) utilisés sont ceux qui ont été retenus en France par l'INERIS à l'issu d'un travail d'analyse des différents FET disponibles dans la littérature. Les valeurs de ces FET sont présentées dans le Tableau 14.

Tableau 14 : FET des HAP étudiés (INERIS, 2006)[9]

Substance	FET
Benzo[a]anthracène	0,1
Benzo[a]pyrène	VTR spécifique existante (FET=1)
Benzo[b]fluoranthène	0,1
Benzo[k]fluoranthène	0,1
Dibenzo[a,h]anthracène	VTR spécifique existante (FET=1)
Fluoranthène	0,001
Indéno[1,2,3,cd]pyrène	0,1
Naphtalène	VTR spécifique existante (FET=0.001)

Mercure

Dans l'air, le mercure peut se trouver sous forme élémentaire (Hg°) ou sous forme ionisée (Hg^{2+}). Dans les bases de données consultées, il existe une VTR pour chaque forme de mercure associée à des effets chroniques non cancérigènes. En l'absence d'information précise sur le type de mercure émis recensé dans le cadastre d'émissions Air PACA, la VTR la plus restrictive (celle qui mène aux risques les plus élevés) a été retenue : il s'agit de la VTR proposée en 2008 par l'OEHHA et recommandée par l'INERIS. Cette VTR est proposée pour du mercure élémentaire.

Nickel

En l'absence d'information précise sur le type de nickel émis recensé dans le cadastre d'émissions Air PACA, la VTR la plus restrictive (celle qui mène aux risques les plus élevés) a été retenue : il s'agit de la VTR proposée en 2005 par l'ATSDR. Cette VTR est proposée pour des formes de nickel autres que de l'oxyde de nickel.

Plomb

Comme indiqué dans la fiche toxicologique correspondante au plomb, l'Anses recommande une VTR interne de 15 µg/L afin d'éviter des effets urinaires chez les personnes exposées. Une dose d'exposition interne peut être déduite des doses d'exposition expterne par le biais d'une équation empirique qui considère l'ensemble des voies d'exposition potentielle des populations :

Plombémie (µg/L) = [exposition *via* la nourriture (µg/kg/jour) x poids x 0,4] + [concentration dans le sol et les poussières (mg/kg) x 0,025 x0,18] + [concentration atmosphérique (µg/m^3) x16,4]

Dans la mesure où la voie respiratoire est la seule voie d'exposition retenue dans le cadre de cette étude, les apports liés aux autres voies d'exposition peuvent être considérés comme négligeables afin d'estimer la concentration atmosphérique pouvant conduire à la VTR interne de 15 µg/L :

15 [µg/L] = [concentration atmosphérique (µg/m^3) x 16,4]

Concentration atmosphérique (µg/m^3) = 0.9 µg/m^3

Cette VTR est utilisée dans l'étude, toutefois, dans la mesure où en réalité, les populations ne sont pas seulement exposées par voie respiratoire, les niveaux de risques doivent être appréhendés avec précaution.

5. ÉVALUATION DES EXPOSITIONS

L'objet de ce chapitre est d'évaluer les concentrations auxquelles les populations humaines sont susceptibles d'être exposées. Ce chapitre décrit les caractéristiques d'exposition pris en compte pour la voie respiratoire en fonction du contexte local.

Les rejets de substances pris en compte pour l'ERS correspondent à l'ensemble des émissions atmosphériques recensées dans l'inventaire d'émission d'Air PACA dans le domaine d'étude. La pollution de fond présente dans la zone d'étude a aussi été prise en compte pour permettre l'estimation des concentrations « agrégées » (= pollution de fond + émissions des sources) auxquelles sont susceptibles d'être exposées les populations.

De manière générale, l'exposition d'une population est déterminée à partir du calcul de la concentration moyenne inhalée (CMI) en chaque substance, selon l'équation générale suivante :

Équation 1 :

$$CMI = \sum_i (C_i \cdot T_i) \cdot F \cdot \left(\frac{DE}{T_m}\right)$$

Avec :
CMI : Concentration moyenne inhalée (µg.m^{-3})
Ci : Concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps Ti (µg.m^{-3})
Ti : Taux d'exposition journalier à la concentration Ci pendant une journée (-)
F : Fréquence ou taux d'exposition annuel (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours) (-)
DE : Durée d'exposition, intervient uniquement dans le calcul des risques des polluants sans effet de seuil (années)
Tm : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années), intervient uniquement pour les effets sans seuil où cette variable est assimilée à la durée de la vie entière (Tm est pris égal à 70 ans)

5.1 Définition du scénario d'exposition

Les individus en contact avec les rejets atmosphériques sont d'abord les adultes et enfants résidant sur la zone d'étude. Aussi, un scénario d'exposition « résidentiel », tenant compte de l'exposition de ces personnes est retenu dans la présente ERS. A noter que les travailleurs des différentes zones industrielles n'ont pas été considérés par le biais d'un scénario spécifique.

5.2 Paramètres du scénario d'exposition

Taux d'exposition journalier (Ti)

Ne disposant d'aucune donnée locale sur le budget espace-(activités)-temps des populations présentes sur la zone d'étude, nous considérons par défaut que la fraction de temps Ti (Équation 1) est égale à 1, ce qui signifie que les individus sont exposés 100 % du temps aux seules concentrations Ci des polluants émis par les différentes sources recensées par Air PACA dans son registre.

Ti = 1

Fréquence d'exposition annuelle (F)

En raison du manque de données sur les caractéristiques propres à la population locale, il est considéré, dans une hypothèse simplificatrice, que l'ensemble des individus exposés aux émissions de la zone d'étude restent à proximité de leur domicile tout au long de l'année.

F = 1

Durée d'exposition (DE)

Pour les substances à effet sans seuil, la durée d'exposition (DE) est à intégrer au calcul de CMI (Équation 1). Une étude sur le temps de résidence des Français (basée sur la durée des abonnements privés à Electricité de France) (Nedellec *et al.*, 1998)[10] montre, que pour les données de 1993, 90 % de la population investiguée reste au plus 30 ans dans la même résidence (30 ans correspond au percentile 90 des durées d'exposition obtenues). Par ailleurs, la valeur de 30 ans est celle souvent utilisée par l'US-EPA dans les scénarios dits résidentiles (95ème percentile des durées de résidence aux Etats-Unis) (EPA, 1997)[11]. Dans notre étude, seul le scénario d'exposition résidentiel étant considéré, nous attribuons la valeur 30 ans au paramètre d'exposition DE.

DE = 30 ans

Estimation des concentrations en polluants à l'intérieur et à l'extérieur des locaux (Ci)

En l'absence de données sur le taux de pénétration des polluants émis, nous supposons que leurs concentrations dans l'air (paramètre Ci de l'Équation 1) des milieux intérieurs (habitations par exemple) est la même que celle obtenue à l'extérieur.

Ci intérieur = Ci extérieur

En réalité, le taux de pénétration des polluants dans les intérieurs n'est pas de 100 % et il est variable d'un polluant à l'autre. Pour certaines substances (dioxyde de soufre, poussières), les concentrations en intérieur sont susceptibles d'être inférieures aux concentrations en extérieur du fait des capacités de filtration des bâtiments (cas des poussières) (Mosqueron et Nedellec, 2001)[12]. Pour d'autres (COV), les concentrations en intérieur sont susceptibles d'être supérieures aux concentrations en extérieur, notamment en raison de la présence de source(s) d'émission à l'intérieur des locaux. Enfin, certaines substances (dioxyde d'azote) sont retrouvées dans des concentrations équivalentes à l'intérieur et à l'extérieur (Mosqueron et Nedellec, 2001)[12]. A noter

toutefois que ces informations, indiqués dans un rapport du LHVP[a] ne considèrent pas spécifiquement les habitations dans lesquelles des sources importantes de NO_x ou de poussières sont présentes, mais plus généralement l'ensemble des habitations.

Le Tableau 15 synthétise les paramètres relatifs au scénario d'exposition retenu.

Tableau 15 - Paramètres du scénario d'exposition

Nom du scénario	Point pour la caractérisation du risque	Voies d'exposition	Durée d'exposition	Durée d'exposition
Résidentiel	Ensemble des points de calcul	Respiratoire	Chronique	24 heures/24 365 jours/an 30 ans

5.3 Calculs des doses d'exposition

Pour déterminer les concentrations moyennes inhalées (CMI) de chaque substance retenue dans l'ERS pour lesquelles des valeurs guides ou des VTR sont disponibles, les concentrations (C_i) estimées par modélisation[b], sur l'ensemble de la zone d'étude, sont intégrées dans l'Équation 1. L'exposition chronique étant la seule retenue par Air PACA, les valeurs de concentrations dans l'air C_i considérées sont les concentrations moyennes annuelles.
Pour certaines substances, susceptibles de se disperser sous forme particulaire et gazeuse, comme le mercure, les HAP et les dioxines-furanes, il a été fait appel aux caractéristiques physico-chimiques de celles-ci afin d'évaluer leur fractions particulaire et gazeuse.

Mercure
D'après les données disponibles et présentées dans le modèle d'exposition utilisé dans le cadre de cette ERS[c], 80% du mercure émis est considéré comme se trouvant sous forme gazeuse dans l'atmosphère, le reste se dispersant sous forme particulaire.

HAP
Les HAP peuvent se trouver dans l'air ambiant sous forme gazeuse ou particulaire selon leur nature et les conditions environnementales. Plus précisément, cette répartition entre les deux phases est fonction du poids moléculaire du composé, de sa tension de vapeur et de la température ambiante (les composés à deux noyaux benzéniques se trouvent principalement en phase gazeuse, ceux à quatre noyaux en phase particulaire, les HAP à trois noyaux pouvant se trouver en phase gazeuse ou particulaire)[13]. D'après la base de données proposée dans la méthodologie HHRAP, la fraction

[a] Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris
[b] A la hauteur de 1,5 m du sol et à partir de données horaires pour 1 année météorologique (2009).
[c] Donnée issue du modèel d'exposition HHRAP

gazeuse (Fv) de chaque HAP est déterminée à partir de l'équation de Junge. Le tableau suivant récapitule la forme physique, à température ambiante, de chaque HAP pris en compte dans le cadre de cette ERS.

Tableau 16 - Fraction gazeuse des différents HAP considérés dans l'ERS

HAP	N°CAS	Fraction gazeuse considérée dans l'ERS (Fv) en %	Source
Benzo[a]anthracène	56-55-3	48	Base de données HHRAP
Benzo[a]pyrène	50-32-8	29	Base de données HHRAP
Benzo[b]fluoranthène	205-99-2	97	Base de données HHRAP
Benzo[k]fluoranthène	207-08-9	27	Base de données HHRAP
Dibenzo[a,h]anthracène	53-70-3	0	Fiche toxicologique INERIS
Fluoranthène	206-44-0	99	Base de données HHRAP
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	193-39-5	0	Base de données HHRAP
Naphtalène	91-20-3	100	Base de données HHRAP

Dioxines-furanes

En moyenne, et comme détaillé en Annexe 2, les dioxines-furanes estimées pour la voie respiratoire sont à 20% sous forme gazeuse et à 80% sous forme particulaire lorsqu'elles sont considérées en ITEQ. Cette proportion correspond à la moyenne des proportions gazeuses/particulaires obtenues sur les différents points de mesures Air PACA comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Fractions particulaire et gazeuse estimées pour les dioxines-furanes dans l'air en équivalent 2,3,7,8-TCDD

Site	Fraction gazeuse	Fraction particulaire
IQGL	18%	82%
IQHB	16%	84%
IQHC	19%	81%
IQHE	24%	76%
IQHF	17%	83%
IQHG	21%	79%
Moyenne	**20%**	**80%**

Autres substances

En plus des substances susceptibles de se disperser simultanément sous forme particulaire et gazeuse, des hypothèses simplificatrices ont dues être appréhendées pour les polychlorobyphényles (PCB). En effet, en l'absence de précision sur les congénères en présence, et notamment les PCB « dioxin-like », cette famille de substance a été considérée sans distinguer les substances qui la compose dans la mesure où des VTR relatives à cette famille de substances sont disponibles dans la littérature (cf. Tableau 12).

5.4 Prise en compte du bruit de fond

La prise en compte du niveau de fond correspond à la correction des résultats de modélisation avec des données de mesures sur le terrain.

Comme indiqué dans le rapport de dispersion associé à cette étude, des résultats de campagnes de mesures ont permis d'appréhender les niveaux de fond ambiants, après qu'ils aient été mis en regard des résultats de dispersion qui ne considéraient que les émissions inventoriées dans l'inventaire Air PACA. Parmi l'ensemble des substances pour lesquelles des risques peuvent être quantifiés (Tableau 11), le niveau de fond associé à 8 d'entre elles n'a pas pu être pris en compte (Tableau 18). En effet, en l'absence de mesures effectuées pour ces 8 substances, la caractérisation des risques n'a été effectuée que pour les seules émissions des sources recensées dans le registre Air PACA. Le fait de ne pas prendre en compte les niveaux de fond en plus des sources d'émission du registre Air PACA est susceptible d'induire une sous-estimation ou une surestimation de la réalité.

Tableau 18 - Disponibilité des niveaux en fond des substances considérées dans l'ERS

Substances pour lesquelles un niveau de fond a été appréhendé	Substances pour lesquelles aucun niveau de fond n'a été appréhendé
Dioxyde de soufre	Ammoniac
Dioxyde d'azote	Chlorure d'hydrogène
Dioxines et furanes	Fluorure d'hydrogène
Poussières (PM_{10} & $PM_{2,5}$)	Fluoranthène
Benzène	Hydrogène sulfuré
1,3-butadiène	Naphtalène
Benzo[a]pyrène	Polychlorobiphényles
Benzo[a]anthracène	Particules diesel
Benzo[b]fluoranthène	
Benzo[k]fluoranthène	
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	
Dibenzo[a,h]anthracène	
Arsenic	
Cadmium	
Chrome	
Cuivre	
Mercure (particulaire et gazeux)	
Nickel	
Plomb	
Sélénium	
Vanadium	
Zinc	
1,2-dichloroéthane	

5.5 Résultats obtenus par la modélisation de la dispersion

Les tableaux suivants présentent les concentrations moyennes modélisées pour les substances retenues pour la caractérisation du risque. L'intervalle de variation des valeurs est présenté pour se rendre compte de la variabilité des résultats obtenus sur le domaine d'étude. A noter toutefois que ces informations ne sont pas représentatives des concentrations pouvant être observées sur l'ensemble du domaine d'étude, mais représentatives des zones où des points ont été placés par NUMTECH, lesquels se situent préférentiellement à proximité de sources d'émission. Pour information, les substances pour lesquelles un niveau de fond a été appréhendé ont été distinguées des autres substances.

Tableau 19 : Intervalles de concentrations obtenues dans le domaine d'étude

Substances appréhendées sans niveau de fond	CMI (µg/m^3)
Ammoniac (NH_3)	[0.1; 1.9]
Chlorure d'hydrogène (HCl)	[$4.7.10^{-4}$; 0.2]
Fluoranthène	[$1.9.10^{-5}$; $3.4.10^{-3}$]
Fluorure d'hydrogène (HF)	[$2.4.10^{-4}$; $4.1.10^{-2}$]
Hydrogène sulfuré (H_2S)	[$5.3.10^{-6}$; $3.0.10^{-2}$]
Monoxyde de carbone (CO)	[3.3; 1496.0]
Naphtalène	[$8.4.10^{-4}$; 0.2]
Particules diesel	[1.10^{-2}; 11.6]
Poychlorobyphényles (PCB)	[$1.8.10^{-7}$; $9.1.10^{-4}$]

Substances appréhendées avec un niveau de fond	CMI (µg/m^3)
Arsenic	[3.9.10^{-4}, 2.0.10^{-3}]
Benzène	[0.7; 6.6]
Benzo[a]anthracène	[7.4.10^{-5}; 4.5.10^{-4}]
Benzo[a]pyrène	[1.2.10^{-4}; 3.4.10^{-4}]
Benzo[b]fluoranthène	[1.2.10^{-5}; 3.2.10^{-4}]
Benzo[k]fluoranthène	[1.0.10^{-4}; 3.6.10^{-4}]
1,3-butadiène	[0.5; 4.3]
Cadmium	[1.4.10^{-4}; 9.5.10^{-4}]
Chrome VI	[1.4.10^{-4}; 4.6.10^{-4}]
Cuivre	[3.9.10^{-3}; 0.1]
Dibenzo[a,h]anthracène	[4.2.10^{-5}; 8.6.10^{-5}]
Dioxines et furanes (TEQ OMS 1997)	[2.2.10^{-5} ; 3.4.10^{-5}]
1,2-dichloroéthane	[7.6.10^{-3}; 25.2]
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	[2.3.10^{-4}; 4.2.10^{-4}]
Mercure	[8.5.10^{-4}; 2.2.10^{-2}]
Nickel	[8.8.10^{-5}; 2.5.10^{-2}]
NO_2	[5.4; 80.0]
Plomb	[4.1.10^{-3}; 1.8.10^{-2}]
PM_{10}	[15.7; 54.2]
$PM_{2,5}$	[9.6; 33.1]
Sélénium	[3.7.10^{-4}; 7.0.10^{-3}]
SO_2	[0.5; 15.1]
Vanadium	[2.6.10^{-3}; 4.6.10^{-2}]
Zinc	[2.0.10^{-2}; 0.1]

Dans le cas particulier du dioxyde de soufre pour lequel aucune comparaison à une VTR ou à une VG ne peut être effectuée, la figure suivante présente la distribution spatiale de ce composé à titre d'information. En effet, cette substance est souvent retenue comme un traceur des émissions industrielles.

Figure 6 : Concentrations moyennes estimées pour le dioxyde de soufre

Comme indiqué sur la figure ci-dessus, les moyennes maximales en dioxyde de soufre de l'ordre de 15 µg/m^3 sont obtenues au niveau des sites industriels du golfe de Fos, de la Mède et de Berre-l'Etang. La figure confirme que les sources industrielles sont *a priori* les principales sources d'émission en SO_2 dans la zone d'étude.

5.6 Exposition cumulée

Les expositions cumulées correspondent aux expositions faisant intervenir plusieurs substances simultanément. Actuellement, la démarche des ERS ne permet pas de prendre en compte la synergie ou l'antagonisme des effets. En effet, comme indiqué dans les différents guides (InVS, INERIS) publiés en France, les risques cumulés sont appréhendés par une simple addition des risques déterminés pour différentes substances.

5.6.1 EXPOSITION CUMULES A SEUIL DE DOSE

Dans son guide, l'InVS recommande de sommer les quotients de danger lorsque le mécanisme de toxicité et l'organe-cible des composés présents sont similaires. En l'absence d'information suffisante sur le mécanisme de toxicité pour chacune des substances retenue dans cette étude, ce paramètre n'a pas été pris en compte par NUMTECH. Par ailleurs, comme indiqué dans le chapitre 3 « Identification des dangers (Étape 1) », les effets critiques associés aux différentes substances retenues dans cette ERS ont été regroupés par système-cible, qui peuvent regrouper plusieurs organes-cibles.
Comme indiqué dans le Tableau 20, parmi les 22 substances pour lesquelles des quotients de danger peuvent être déterminés pour la voie respiratoire (cf. Tableau 12), les effets critiques associés à chaque VTR retenue concernent 7 systèmes cibles.
Pour une VTR, plusieurs effets critiques sont parfois mentionnés par les organismes producteurs de VTR, par conséquent, une même substance peut être intégrée dans plusieurs sommes de risques.

Tableau 20 - Détermination des substances dont les effets critiques à seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même système cible

Système cible	Substance dont l'effet critique de la VTR retenue se rapporte au système-cible
Respiratoire	ammoniac, chlorure d'hydrogène, dioxines et furanes, nickel, chrome, cuivre, particules diesel, hydrogène sulfuré, vanadium, naphthalene
Nerveux	mercure, arsenic
Reproductif et développemental	dioxines et furanes, 1,3-butadiène
Hématologique et immunitaire	benzène, cuivre, dioxines et furanes
Métabolique, endocrinien et nutritionnel	1,2-dichloroéthane, PCB, dioxines et furanes
Digestif	dioxines et furanes, PCB
Urinaire	cadmium, plomb

Les risques cumulés ont été estimés indépendamment du fait qu'une partie des substances n'ait pas fait l'objet d'un travail sur les niveaux de fond. Autrement dit, ces sommes de risques peuvent comprendre des risques agrégés associés à des substances pour lesquelles le niveau de fond a été appréhendé, et des risques non agrégés associés à des substances pour lesquelles seules les émissions du registre Air PACA ont été prises en compte. Par rapport à la réalité, il en résulte une

sous-estimation ou une surestimation des sommes de risques (en effet, le calage entre la modélisation et la mesure peut conduire à une revue des concentrations modélisées à la hausse ou à la baisse).

5.6.2 EXPOSITION CUMULEE SANS SEUIL DE DOSE

Comme indiqué dans le guide de l'InVS, « tous les risques de cancer peuvent être associés entre eux quant bien même les organes cibles diffèrent, dans le but d'apprécier globalement le risque cancérigène qui pèse sur la population ». A noter toutefois qu'à la demande de la Cire Sud, un calcul de somme de risques à effet sans seuil a été effectué par système-cible en plus de la somme de risque sans considérer le système-cible.

Comme indiqué dans le tableau suivant, parmi les 9 substances ou famille de substances pour lesquelles des excès de risque individuels peuvent être déterminés pour la voie respiratoire (cf. Tableau 13), les effets critiques associés à chaque VTR retenue concernent 3 systèmes cibles.

Tableau 21 - Détermination des substances dont les effets critiques sans seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même système cible

Système cible	Substance dont l'effet critique de la VTR retenue se rapporte au système-cible
Respiratoire	particules diesel, arsenic, chrome, nickel, HAP, 1.3-butadiène
Hématologique et immunitaire	benzène
Métabolique, endocrinien et nutritionnel	1.2-dicholoéthane

A l'image des sommes de risques à effet à seuil de dose, les sommes de risques à effets sans seuil de dose peuvent faire intervenir des substances pour lesquelles un niveau d'exposition agrégé a pu être appréhendé et d'autres substances pour lesquelles cela n'était pas le cas. Comme indiqué pour les sommes d'effet à seuil de dose, il en résulte une sous-estimation ou une surestimation des sommes de risques.

6. CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES (ETAPE 4)

La caractérisation des risques consiste à confronter les doses auxquelles les populations sont exposées avec les valeurs toxicologiques de référence retenues.

6.1 Méthode

6.1.1 QUOTIENTS DE DANGER POUR LES SUBSTANCES A EFFETS A SEUIL DE DOSE

Pour les polluants à effets à seuil de dose (principalement des effets non cancérigènes), le dépassement de la VTR sélectionnée suite à l'exposition considérée peut entraîner l'apparition de l'effet critique associé à la VTR. Dans le cas d'exposition par inhalation, ceci peut être quantifié en faisant le rapport entre la dose d'exposition (CMI) et la VTR associée. Ce rapport est appelé quotient de danger (QD) et s'exprime selon la relation suivante :

Équation 2 :

$$QD = \frac{CMI}{VTR}$$

voie inhalation

Avec :
QD : Quotient de danger associé à la voie d'exposition considérée (-)
CMI : Concentration moyenne inhalée (µg.m^{-3})
VTR : Valeur toxicologique de référence retenue (unité : µg.m^{-3})

Si le QD est inférieur à 1, alors l'exposition considérée ne devrait pas entraîner l'effet toxique associé à la VTR. Un QD supérieur ou égal à 1 signifie que les personnes exposées peuvent développer l'effet sanitaire indésirable associé à la VTR. Dans son rapport[14], le haut conseil de la santé publique (HCSP) parle quant à lui de seuil de conformité lorsque QD est inférieur à 1, de seuil de vigilance lorsque le QD est compris entre 1 et 10 et de seuil d'action rapide lorsque le QD est supérieur à 10.

6.1.2 EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL POUR LES SUBSTANCES A EFFETS SANS SEUIL DE DOSE

Pour les effets sans seuil de dose, on calcule un « excès de risque individuel » (ERI) de développer l'effet associé à la VTR (appelée aussi souvent ERU : excès de risque unitaire). L'ERI représente, pour les individus exposés, la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste (comme un cancer) induit par l'exposition à la substance considérée durant la vie entière.

Pour la voie inhalation, l'ERI est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire par inhalation (ERUi) par la concentration moyenne inhalée vie entière.

Équation 3 :

$$ERI_i = CMI \cdot ERU_i$$

voie inhalation

Avec :

ERI : Excès de risque individuel pour la voie d'exposition inhalation (-)

ERUi : Excès de risque unitaire pour l'inhalation $(mg.m^{-3})^{-1}$ *ou* $(\mu g.m^{-3})^{-1}$

CMI : Concentration moyenne inhalée $(mg.m^{-3})$ *ou* $(\mu g.m^{-3})$

Il n'existe pas un niveau d'excès de risque individuel qui permette d'écarter les risques pour les populations exposées. Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de 10^{-5} (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les valeurs guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) (OMS, 2004)[15].

La circulaire du 8 février 2007[16] relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, du Ministère chargé de l'environnement, recommande le niveau de risque, « usuellement (retenu) au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5}. Dans son guide, le haut conseil de la santé publique (HCSP) parle quant à lui de seuil de conformité lorsque l'ERI est inférieur à 10^{-5}, de seuil de vigilance lorsque l'ERI est compris entre 10^{-5} et 10^{-4} et de seuil d'action rapide lorsque l'ERI est supérieur à 10^{-4}.

6.2 Estimation des quotients de danger

6.2.1 Calcul des QD

Pour chaque substance retenue, un calcul de QD est effectué à partir de l'Équation 2 en chacun des nœuds du domaine d'étude. Lorsqu'un dépassement du seuil de conformité est observé (QD>1), la zone correspondante est localisée sur une carte. Dans ce cas, une estimation du nombre de personnes concernées est présentée, ainsi qu'une précision sur le nombre de sites sensibles se trouvant dans la zone de dépassement et des populations susceptibles d'y séjourner.

A noter qu'une distinction a été effectuée entre les substances pour lesquelles aucun niveau de fond n'a pu être appréhendé et les autres substances pour lesquelles des niveaux de risques agrégés (intégrant un niveau de fond) ont pu être estimés à l'étape de l'étude de dispersion. Le Tableau 22 présente ces différents résultats pour chaque substance retenue.

Tableau 22 – QD obtenus dans le domaine d'étude

Substances appréhendées sans niveau de fond	QD > 10	QD > 1
Ammoniac (NH_3)		
Chlorure d'hydrogène (HCl)		
Fluorure d'hydrogène (HF)		
Hydrogène sulfuré (H_2S)		
Naphtalène		
Particules diesel		87 hectares 12 personnes 0 site sensible
Polychlorobiphényles (PCB)		

Substances appréhendées avec niveau de fond	QD > 10	QD > 1
Arsenic		
Benzène		
1,3-butadiène		
Cadmium		
Chrome VI		
Cuivre		
1,2-dichloroéthane		
Dioxines et furanes (TEQ OMS 1997)		
Mercure		
Nickel		150 hectares 45 personnes 0 site sensible
Plomb		
Vanadium		

D'après les résultats obtenus, les QD associés aux particules diesel et au nickel atteignent des niveaux correspondants à l'intervalle de vigilance active selon le HCSP. Pour ces substances, des effets sur le système respiratoire ne sont pas exclus. En fonction de la substance, entre 12 et 45 personnes sont susceptibles d'habiter dans les zones de dépassement.

Pour les particules diesel, les zones de dépassement sont situées à proximité des axes routiers près des agglomérations. Les zones de dépassement sont présentées sur la Figure 7.

Pour le nickel, la zone de dépassement est située entre le port de Ponteau et la centrale électrique de Martigues-Ponteau.

Figure 7 : Voie respiratoire - QD obtenus pour les particules diesel – 87 hectares et 12 personnes sont concernés par une concentration supérieure au seuil de conformité

Figure 8 : Voie respiratoire - QD obtenus pour le nickel – 150 hectares et 45 personnes sont concernés par une concentration supérieure au seuil de conformité

Pour les polluants pour lesquels seule une valeur-guide est disponible (dioxyde d'azote, plomb, $PM_{2,5}$ et PM_{10}), une comparaison avec les CMI obtenues sur le domaine d'étude a été effectuée. A l'image des QD, l'outil OSIRIS a permis de visualiser les zones de dépassement (CMI > VG), et d'estimer statistiquement le nombre de personnes susceptibles d'habiter dans cette zone. Le nombre de sites sensibles est aussi recensé ainsi que les populations pouvant y être accueillies. Le Tableau 23 présente les résultats obtenus.

Tableau 23 : Résultats associés aux substances appréhendées pour lesquelles seule une VG est retenue dans l'ERS

Substances appréhendées avec niveau de fond	CMI > VG
NO_2	811 hectares 1 083 personnes 0 site sensible
Plomb	
PM_{10}	L'ensemble de la population Tous les sites sensibles
$PM_{2,5}$	L'ensemble de la population Tous les sites sensibles

D'après les résultats obtenus, les valeurs guide associées au dioxyde d'azote et aux poussières sont susceptibles d'être dépassées.

Environ 1 083 personnes sont susceptibles d'habiter dans la zone où les niveaux moyens en dioxyde d'azote dépassent la valeur-guide de 40 $\mu g.m^{-3}$ associée à cette substance. Les zones de dépassement associées au dioxyde d'azote s'étendent de part et d'autres des axes routiers les plus fréquentés, principalement au sud-est de la zone étudiée (Figure 9).

Dans le cas particulier des poussières, l'ensemble de la population de la zone d'étude est exposé à un niveau supérieur aux valeurs guides de 20 $\mu g.m^{-3}$ (PM_{10}) et 10 $\mu g.m^{-3}$ ($PM_{2,5}$). Comme indiqué sur la Figure 10 et la Figure 11, les niveaux les plus élevés sont obtenus au sud-est de la zone d'étude, à proximité des voies de circulation.

Figure 9 : Voie respiratoire - Niveaux d'exposition obtenus en dioxyde d'azote – 811 hectares et 1083 personnes concernés par une concentration supérieure à la valeur guide

Figure 10 : Voie respiratoire - Niveaux d'exposition obtenus en $PM_{2,5}$ – toute la zone d'étude est concernée par une concentration supérieure à la valeur guide

Figure 11 : Voie respiratoire - Niveaux d'exposition obtenus en PM_{10} – toute la zone d'étude est concernée par une concentration supérieure à la valeur guide

6.2.2 PRINCIPALES SOURCES CONTRIBUTRICES

L'outil OSIRIS permet de se rendre compte de la proportion des différentes sources d'émission dans les concentrations modélisées dans la mesure où chaque source d'émission a été modélisée indépendamment les unes des autres. A noter toutefois que les corrections apportées par Air PACA rendent plus délicates l'exploitation de ces données dans la mesure où il est difficile d'associer une origine au nickel, au dioxyde d'azote ou aux poussières :

- Pour le nickel, les émissions modélisées représentent entre 99.5% et 100.5% des concentrations appréhendées dans l'étude. Les concentrations modélisées sont donc susceptibles d'être très proche des concentrations corrigées par Air PACA.

- Pour le dioxyde d'azote, les émissions modélisées représentent entre 28% et 190%[a] des concentrations appréhendées dans l'étude. En fonction de la localisation géographique, les concentrations modélisées sont donc susceptibles de surestimer ou de sous-estimer les concentrations corrigées par Air PACA. Compte tenu de l'importance des corrections

[a] Après extraction des données corrigées par AirPACA aux points modélisés par NUMTECH, le cas échéant en associant la valeur la plus proche entre le point de modélisation NUMTECH au point corrigé par AirPACA.

apportées par Air PACA, il semble difficile de présenter cartographiquement la contribution des différentes sources d'émission en NO_2, dans la mesure où ces sources sont estimées uniquement *via* la modélisation. La surestimation ponctuelle des estimations proposée par la modélisation est principalement liée au fait que le NO_2 est une substance active dans l'environnement. En effet, cette substance est estimée à partir des émissions en oxydes d'azote (NOx) et d'une hypothèse sur l'importance du phénomène d'oxydation (en réalité, ces conditions doivent faire intervenir les caractéristiques météorologiques comme l'ensoleillement, et la présence de composés chimiques actifs dans ce phénomène comme le NO_2, les composés organiques volatils ou l'ozone).

- Pour les poussières, les émissions modélisées représentent entre 0.4% et 39.7% ($PM_{2.5}$) et entre 0.1% et 29.2% (PM_{10}) des concentrations appréhendées dans l'étude, les concentrations complémentaires ayant été rajoutées par Air PACA pour s'accorder avec les résultats de mesures. **La Figure 14 à la Figure 21 permettent de se rendre compte de la contribution des principales sources d'émission estimées par le biais de la modélisation de la dispersion. Les niveaux ambiants totaux en poussières sont quant à eux estimés à l'aide des campagnes de mesures** (modélisation « corrigée » par Air PACA). D'après ces figures, les émissions liées aux voies de circulation, au résidentiel tertiaire et aux grandes installations de combustion sont susceptibles de contribuer de manière significative aux émissions de poussières en fonction de la localisation géographique.

Tableau 24 : Contribution des différentes sources d'émission dans la fraction de substance modélisée dans les zones où des dépassements du seuil de conformité ou des valeurs-guides sont estimés

Source d'émission	Nickel	NO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$
Routier	< 1% – 81%	< 1% – 98%	< 1% – 27%	< 1% – 37%
Résidentiel-tertiaire	< 1% – 5%	< 1% – 3%	< 1% - 3%	< 1% - 8%
Grandes sources ponctuelles	10% – 100%	< 1% – 22%	< 1% - 7%	< 1% - 7%
Maritime	< 1%	< 1% – 1%	< 1%	< 1%
Cc° modélisée/Cc° corrigée	99.5% – 100.5%	28% – 190%	< 1% - 29.2%	< 1% - 39.7%

Les 2 figures suivantes présentent la distribution spatiale des 2 sources d'émissions principales qui contribuent aux concentrations atmsophériques en nickel (les émissions routières et les grandes sources ponctuelles). D'après ces cartes, la zone de dépassement observée sur la Figure 8 est liée quasi-exclusivement aux émissions des grandes sources ponctuelles.

Figure 12 : Voie respiratoire - Contribution des émissions des grandes sources ponctuelles dans les concentrations totales estimées pour le nickel

Figure 13 : Voie respiratoire - Contribution des émissions du trafic routier dans les concentrations totales estimées pour le nickel

Les figures suivantes donnent des informations sur la contribution des quatre différentes sources d'émission considérées comme les plus importantes dans les zones où des dépassements de valeur-guide sont estimés. Dans le cas particulier du dioxyde d'azote, aucune carte n'est présentée en raison des incertitudes évoquées plus haut.

Figure 14 : Voie respiratoire - Contribution des émissions du trafic routier dans les $PM_{2.5}$ totales

Figure 15 : Voie respiratoire - Contribution des émissions des grandes installations de combustion (GSP) dans les $PM_{2.5}$ totales

Figure 16 : Voie respiratoire - Contribution des émissions du résidentiel-tertiaire dans les $PM_{2.5}$ totales

Les zones de faibles contributions localisées aux centres de certaines agglomérations (Arles, Salon-de-Provence, Miramas, Istres, etc.) peuvent être expliquées par une correction plus forte effectuée par Air PACA à ces endroits en particulier.

Figure 17 : Voie respiratoire - Contribution des émissions maritimes dans les $PM_{2.5}$ totales

Figure 18 : Voie respiratoire - Contribution des émissions du trafic routier (RO) dans les PM_{10} totales

Figure 19 : Voie respiratoire - Contribution des émissions des grandes installations de combustion (GSP) dans les PM_{10} totales

Figure 20 : Voie respiratoire - Contribution des émissions du résidentiel-tertiaire dans les PM_{10} totales

Figure 21 : Voie respiratoire - Contribution des émissions maritimes- dans les PM_{10} totales

De manière générale, on observe que pour les poussières, les émissions routières représentent la source d'émissions la plus importante parmi les quatre sources spécifiées dans le cadre de cette étude. A noter toutefois que cette source d'émission n'est susceptible de représenter au maximum qu'environ un tiers des concentrations en $PM_{2.5}$ et PM_{10} modélisées par NUMTECH et corrigées par Air PACA.

6.3 Excès de risque individuels (ERI)

6.3.1 Calcul des ERI

Pour chaque traceur retenu dans le cas d'exposition chronique par inhalation, un calcul d'ERI est effectué à partir de l'Équation 3 en chacun des nœuds du domaine d'étude. Lorsqu'un dépassement de valeur seuil de conformité est observé (ERI>10^{-5}), la zone correspondante est localisée sur une carte. Dans ce cas, une estimation du nombre de personnes concernées est présentée, ainsi qu'une précision sur le nombre de sites sensibles se trouvant dans la zone de dépassement.
A noter qu'une distinction a été effectuée entre les substances pour lesquelles aucun niveau de fond n'a pu être appréhendé et les autres substances pour lesquelles des niveaux de risques agrégés (intégrant un niveau de fond) ont pu être estimés à l'étape de l'étude de dispersion. Le Tableau 25 présente ces différents résultats pour chaque substance retenue.

Tableau 25 : ERI obtenus pour la voie respiratoire

Substances appréhendées sans niveau de fond	**ERI > 10^{-5}**	**ERI > 10^{-4}**
Fluoranthène		
Naphtalène		
Particules diesel	7 488 hectares 33 624 personnes 48 sites sensibles (5 277 personnes)	10 hectares 0 personne 0 site sensible

Substances appréhendées avec niveau de fond	ERI > 10^{-5}	ERI > 10^{-4}
Arsenic		
Benzène	17 893 hectares 124 295 personnes 196 sites sensibles (21 689 personnes)	
Benzo[a]anthracène		
Benzo[a]pyrène		
Benzo[b]fluoranthène		
Benzo[k]fluoranthène		
1,3-butadiène	15 806 hectares 165 566 personnes 278 sites sensibles (35 196 personnes)	24 hectares 28 personnes 0 site sensible
Cadmium		
Chrome VI		
Dibenzo[a,h]anthracène		
1,2-dichloroéthane	381 hectares 146 personnes 0 site sensible	
Indéno[1,2,3-cd]pyrène		
Nickel		

D'après les résultats présentés, les valeurs d'ERI estimés pour les particules diesel, le benzène, le 1.3-butadiène et le 1,2-dichloroéthane dépassent le seuil de conformité (ERI>10^{-5}). Parmi ces différentes substances, les particules diesel atteignent le seuil d'action rapide (ERI>10^{-4}) dans certaines zones.

Les zones de dépassement du seuil de conformité associées aux particules diesel s'étendent de part et d'autre des axes routiers présents dans le domaine d'étude (cf. Figure 22). Les zones concernées sont densément peuplées ce qui explique le nombre de personnes estimé dans le Tableau 25. Les zones où le seuil d'action rapide est atteint sont situées au plus proche des voies de circulation, dans des zones très restreintes qui ne sont pas visibles sur la figure et ou aucune population n'est susceptible d'habiter.

Figure 22 : Voie respiratoire - ERI particules diesel – 7 488 hectares et 33 624 personnes concernés par un dépassement du seuil de confromité (ERI > 10^{-5})

Concernant le benzène, les zones de dépassement du seuil de conformité se situent autour du golf de Fos, vers la zone industrielle de Berre-l'Etang, au niveau de la ville de Marignane et de la zone industrielle de La Mède (cf.Figure 23). Les zones concernées sont densément peuplées ce qui explique le nombre de personnes estimé dans le Tableau 25.

Figure 23 : Voie respiratoire - ERI benzène – 17 893 hectares et 124 295 personnes concernés par un dépassement du seuil de confromité (ERI > 10^{-5})

La zone de dépassement associée au 1.3-butadiène couvre une partie de la zone sud-est du domaine d'étude, à proximité des différentes zones industrielles présentes dans le golfe de Fos et vers l'Etang de Berre. A noter la présence d'une zone de risque dépassant le seuil d'action rapide (ERI>10^{-4}). Cette zone, située à proximité immadiate des sources d'émission industrielle et de l'aéroport de Marseille Provence couvre une surface de 24 hectares, soit environ 0.1% de la zone où l'ERI dépasse le seuil de conformité (ERI>10^{-5}). Les zones concernées sont densément peuplées ce qui explique le nombre de personnes estimé dans le Tableau 25.

Figure 24 : Voie respiratoire - ERI 1.3-butadiène – 15 806 hectares et 165 566 personnes concernés par un dépassement du seuil de confromité (ERI > 10^{-5})

La zone de dépassement du seuil de conformité associée au 1,2-dichloroéthane est située autour du Golfe de Fos aux niveaux de deux sites industriels, à savoir les activités sidérurgiques de Fos-sur-Mer d'une part au niveau des installations industrielles de Martigues-Lavéra d'autre part (cf. Figure 25). Cette substance est uniquement associée aux grandes sources ponctuelles, c'est-à-dire aux sites industriels.

Figure 25 : Voie respiratoire - ERI 1.2-dichloroéthane – 381 hectares et 146 personnes concernés par un dépassement du seuil de confromité (ERI > 10^{-5})

6.3.2 PRINCIPALES SOURCES CONTRIBUTRICES

Parmis les 4 substances pour lesquelles des dépassements du seuil de conformité sont observés, le benzène et le 1.3-butadiène sont les seules substances induites par plusieurs sources d'émission. En effet, les particules diesel sont appréhendées comme uniquement émises par le trafic routier et le 1.2-dichloroéthane comme uniquement émis par les grandes sources ponctuelles (GSP).

Les sources de benzène et d'1.3-butadiène identifiées par la modélisation de la dispersion sont le trafic routier, le résidentiel tertiaire et les grandes sources ponctuelles. Une démarche similaire aux poussières est proposée pour cette substance :

Tableau 26 : Contribution des différentes sources d'émission en benzène et en 1.3-butadiène dans la fraction de substance modélisée dans la zone d'étude entière (par rapport aux concentrations corrigées par Air PACA

Source d'émission	Benzène	1.3-butadiène
Routier	< 1% – 99%	< 1% – 99%
Résidentiel-tertiaire	< 1% – 47%	< 1% – 10%
Grandes sources ponctuelles	< 1% – 99%	< 1% – 98%
Maritime	0%	< 1% – 9%
Cc° modélisée/Cc° corrigée	< 1% – 85%	< 1 % - 47%

Pour le benzène et le 1.3-butadiène, la contribution des 4 sources d'émission principales renseignées dans le modèle de dispersion varie entre < 1% et 85%, autrement dit, en fonction de l'endroit où on se trouve, les résultats de la modélisation peuvent soit fortement sous-estimer la réalité, soit en être relativement proche. On remarque que le benzène n'a pas été appréhendé pour le trafic maritime et que pour le 1.3-butadiène, une correction significative a été appliquée, laquelle a eu pour impact une augmentation des niveaux modélisés.

Les figures suivantes permettent d'indiquer que les GSP apparaissent comme les sources d'émissions contribuant le plus dans une grande partie sud de la zone d'étude. Les zones d'impact les plus importantes se situent au droit des sites industriels. D'après les résultats de dispersion, les voies routières contribuent elles aussi de manière importante aux concentrations totales en benzène et en 1.3-butadiène.

Concernant le benzène, les dépassements observés sur la Figure 23 peuvent donc être associés principalement aux émissions des grandes sources ponctuelles.

D'après les résultats obtenus, les principales sources d'émissions qui contribuent aux dépassements du seuil de conformité associé au 1.3-butadiène sont les grandes sources ponctuelles et le trafic routier. La source qui contribue le plus change en fonction du lieu considéré.

Figure 26 : Voie respiratoire - Contribution des émissions des GSP dans les concentrations totales estimées en benzène

Figure 27 : Voie respiratoire - Contribution des émissions du résidentiel tertiaire dans les concentrations totales estimées en benzène

Figure 28 : Voie respiratoire - Contribution des émissions du routier dans les concentrations totales estimées en benzène

Figure 29 : Voie respiratoire - Contribution des émissions du routier dans les concentrations totales estimées en 1.3-butadiène

Figure 30 : Voie respiratoire - Contribution des émissions des grnades sources ponctuelles dans les concentrations totales estimées en 1.3-butadiène

6.4 Risques cumulés

6.4.1 RISQUES CUMULES A SEUIL DE DOSE

Comme indiqué dans le Tableau 20, des risques cumulés peuvent être appréhendés via la sommation de QD associés à certaines substances pour les systèmes-cibles suivants :

- respiratoire,
- nerveux,
- reproductif et développemental,
- hématologique et immunitaire,
- métabolique, endocrinien et nutritionnel,
- digestif et
- urinaire.

Pour ces différents systèmes-cibles, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 27 : Résultats obtenus pour les risques cumulés à seuil de dose en fonction du système-cible

Système-cible	QD > 10	QD > 1
respiratoire		4 495 hectares 12 419 personnes 26 sites sensibles (3 074 personnes)
nerveux		6 hectares 0 personne 0 site sensible
reproductif et développemental		
hématologique et immunitaire		
métabolique, endocrinien et nutritionnel		
digestif		
urinaire		

D'après les résultats présentés dans le Tableau 27, les sommes de QD effectuées dépassent le seuil de conformité (QD>1) pour des effets sur le système respiratoire.

Les résultats obtenus permettent d'indiquer que les substances qui contribuent le plus à ces dépassements sont les dioxines-furanes, les particules diesel et le nickel (Tableau 28). Les zones concernées par ces dépassements sont observées à proximité des zones industrielles et des voies de circulation (Figure 31). Comme indiqué dans le Tableau 27, environ 4 495 personnes sont susceptibles d'habiter dans cette zone.

Tableau 28 : Contribution de chaque substance pour les dépassements observés pour la somme de QD associée au système respiratoire

Substance	Part moyenn dans les zones de dépassement
Dioxines-furanes	46.3%
Particules diesel	33.8%
Nickel	14.0%
Vanadium	3.7%
Cuivre	1.7%
Ammoniac	0.2%
Chrome VI	0.2%
Naphtalène	0.1%
Sulfure d'hydrogène	0.0%

Figure 31 : Risque cumulé – QD système respiratoire – 4 495 hectares et 12 419 personnes concernées par un dépassement du seuil de confromité (QD > 1)

6.4.2 RISQUES CUMULES SANS SEUIL DE DOSE

6.4.2.1 Effets sans seuil portant sur le même système-cible

Comme indiqué dans le Tableau 21, des risques cumulés sans seuil de dose peuvent être appréhendés *via* la sommation d'ERI associés à certaines substances uniquement pour le système respiratoire, en effet, les 2 autres systèmes-cibles ne concernent qu'une seule substance chacun (aucune somme de risque n'est possible, se repporter aux résutlats obtenus avec les substances concernées).
Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 29 : Résultats obtenus pour les risques cumulés sans seuil de dose et le système respiratoire

Système-cible	ERI $>10^{-5}$	ERI $> 10^{-4}$
respiratoire	L'ensemble de la population Tous les sites sensibles	155 hectares 142 personnes 0 site sensible

D'après les résultats présentés dans le Tableau 29, les sommes d'ERI effectuées dépassent le seuil de conformité (ERI$>10^{-5}$) sur l'ensemble de la zone d'étude. Comme indiqué dans le tableau suivant, c'est le butadiène qui contribue le plus (en moyenne) lorsque la somme d'ERI est supérieure à 10^{-5}. Lorsque le seuil d'action rapide (ERI$>10^{-4}$) est atteint, ce sont les particules diesel qui contribuent le plus à la somme d'ERI. Dans ce dernier cas, les dépassements se situent presque exclusivement à proximité immédiate des voies de circulation, principalement au sud-est de la zone d'étude (Figure 32).

Tableau 30 : Contribution de chaque substance pour les dépassements observés pour la somme d'ERI associée au système respiratoire

	ERI$>10^{-5}$	ERI$>10^{-4}$
1.3-butadiène	56%	30%
Particules diesel	24%	66%
Chrome VI	14%	4%
Arsenic	4%	1%
Nickel	1%	<1%
HAP	1%	<1%
TOTAL	**100%**	**100%**

Figure 32 : Voie respiratoire – somme d'ERI associée à des effets sur le système respiratoire – l'ensemble de la population est concerné par un dépassement du seuil de confromité (ERI > 10^{-5}) et 142 personnes concernées par un seuil d'action rapide (ERI>10^{-4})

6.4.2.2 Effets sans seuil quel que soit le système-cible

Comme recommandé dans les différents guides méthodologiques sur lesquels s'appuie cette étude, les ERI peuvent être sommés pour appréhender la somme des risques à effet sans seuil de dose sans distinction du système-cible concerné, et pour l'ensemble des voies d'exposition prises en compte.

Tableau 31 : Résultats obtenus pour les risques cumulés sans seuil de dose en fonction du système-cible

Système-cible	ERI >10^{-5}	ERI > 10^{-4}
Tous les systèmes cibles confondus	L'ensemble de la population Tous les sites sensibles	302 hectares 323 personnes 0 site sensible

Le seuil de conformité est dépassé sur l'ensemble du domaine d'étude (ERI>10^{-5}). Le seuil d'action rapide (ERI>10^{-4}) est atteint dans une zone plus restreinte, au niveau des voies de circulation ou à proximité immédiate de celles-ci. Après croisement des données par OSIRIS, 323 personnes sont susceptibles d'habiter dans les zones où le seuil d'action rapide est atteint (Figure 33). Le tableau suivant présente les principales substances contributrices aux dépassements estimés :

Tableau 32 : Principales contribution des substances dans la somme d'ERI tout système cible confondu dans les zones de dépassement

	ERI>10^{-5}	ERI>10^{-4}
1.3-butadiène	37%	27%
Benzène	32%	12%
Particules diesel	17%	56%
Chrome VI	9%	4%
Arsenic	3%	1%
1.2-dichloroéthane	1%	<1%
Nickel	<1%	<1%
HAP	<1%	<1%
TOTAL	**100%**	**100%**

D'après les résultats présentés dans le tableau, le 1.3-butadiène, le benzène et les particules diesel contribuent à hauteur d'environ 90% à eux seuls en moyenne. Dans les zones où le seuil d'action rapide est atteint, ce sont ces mêmes substances qui contribuent aux niveaux de risques estimés, toutefois l'ordre d'importance change et ce sont les particules diesel qui contribuent le plus à la somme de risques.

Figure 33 : Voie respiratoire – somme d'ERI quel que soit le système cible – toute la population concernée par un dépassement du seuil de conformité (ERI>10^{-5}) et 323 personnes concernées par un seuil d'action rapide (ERI>10^{-4})

7. DISCUSSION

7.1 Analyse des incertitudes

L'incertitude affectant les résultats de l'évaluation des risques provient des différents termes et hypothèses de calcul, des défauts d'information ou de connaissance, et de la variabilité vraie des paramètres utilisés dans l'étude (ceci se réfère à la plus ou moins grande amplitude de valeurs numériques que peuvent prendre ces paramètres). L'analyse des incertitudes a pour objectif de comprendre dans quel sens ces divers facteurs peuvent influencer l'évaluation des risques.
Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables, seul un jugement qualitatif peut généralement être rendu. Néanmoins, ces incertitudes ont été classées selon leur impact majorant ou minorant sur les risques calculés, les incertitudes dont l'effet est inconnu ont été présentées à part.

7.1.1 INCERTITUDES AYANT POUR EFFET DE SOUS-ESTIMER LES RISQUES

Inventaire des substances en présence et liste des substances étudiées
Cette étude porte sur les 39 substances ou familles de substances du registre Air PACA. Sur ces 39 substances ou familles de substances, la quantification des risques a porté sur 29 d'entre elles. En effet, plusieurs substances n'ont pas été retenues pour la quantification des risques, en l'absence de VTR. Cette incertitude constitue une sous-estimation des risques déterminés dans cette étude.

7.1.2 INCERTITUDES AYANT POUR EFFET DE SURESTIMER LES RISQUES

Aucune hypothèse appréhendée dans le cadre de cette étude n'est susceptible d'induire uniquement une surestimation des risques sanitaires.

7.1.3 INCERTITUDES DONT L'EFFET SUR LES RISQUES EST INCONNU (OU VARIABLE)

Sont listées ici les incertitudes dont on ne peut pas dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques.

Prise en compte des niveaux de fond
La concentration de fond dans l'air n'a pas été appréhendée pour 9 substances parmi celles qui ont été traitées par NUMTECH, bien que pour ces substances, une VTR ou une VG était disponible (Tableau 18). Pour ces substances, la non prise en compte du niveau de fond *via* les résultats de campagnes de mesures est susceptible de sous-estimer ou de surestimer les risques auxquels est exposée la population en réalité. En effet, les résultats de campagnes de mesures ont été utilisés pour caler le modèle de dispersion. En fonction de la substance, les concentrations mesurées sur le

domaine d'étude ont parfois entraîné une révision, à la hausse ou à la baisse, des concentrations calculées pour les substances pour lesquelles des données de mesures étaient disponibles.

Enfin, parmi les différentes sommes de risques calculées, certaines d'entre elles ont considéré des substances pour lesquelles aucun niveau de fond n'avait pu être appréhendé. Ces risques cumulés sont donc susceptibles de sous-estimer ou de surestimer la réalité au même titre que les substances considérées séparément.

Taux d'exposition journalier

Dans la présente étude, en l'absence de données de budget espace-(activités)-temps disponibles localement correspondant aux temps journaliers passés dans des environnements autres que le domicile, nous avons fait l'hypothèse que les personnes passaient toute la journée sur un lieu unique du domaine d'étude (soit T égal à 1). Dans la réalité, le taux d'exposition journalier peut conduire à une surestimation ou à une sous-estimation du niveau d'exposition réel d'un individu en fonction d'où il se trouve. A titre d'exemple, une étude française a montré que des résultats d'une ERS peuvaient être minorés de 30% par rapport à une hypothèse « 100% du temps passé au domicile » (Boudet, 1999)[17].

Fréquence d'exposition annuelle pour des expositions chroniques

Il a été fait l'hypothèse, pour ce type d'exposition, que la fréquence d'exposition (paramètre F de l'*Équation 1*) était égale à 1, c'est-à-dire que les personnes restent 100% de leur temps sur leur lieu d'habitation (ou leur lieu de travail). Dans la réalité, les populations résidentielles sont souvent amenées à se déplacer pour des raisons professionnelles ou personnelles (congés, week-end…). Dans le cas où ils fréquenteraient des lieux où les niveaux d'exposition sont plus faibles que leur site d'habitation (ou leur lieu de travail), leur niveau d'exposition annuel moyen devrait être inférieur au niveau d'exposition annuel moyen correspondant à 100% du temps de séjour dans leur habitation (ou leur lieu de travail). Dans ce cas, la prise en compte d'une fréquence d'exposition de 1 tendrait à surestimer les expositions réelles des individus. *A contrario*, s'ils fréquentent des lieux où les niveaux d'exposition sont plus élevés qu'au niveau de leur site d'habitation (ou leur lieu de travail ou leur site de baignade), le niveau d'exposition annuel moyen devrait être supérieur au niveau d'exposition annuel moyen correspondant à 100% du temps de séjour dans le domaine d'étude. Dans ce deuxième cas, la prise en compte d'une fréquence d'exposition de 1 tendrait à sous-estimer les expositions réelles des individus.

Mélanges de substances

Les risques sanitaires liés aux mélanges de substances chimiques ont été pris en compte par les calculs de somme de QD et de somme d'ERI pour des effets critiques se produisant sur un ensemble d'organes appartenant au même système ou quelque soit le système cible concerné. Ces substances peuvent avoir des interactions qui modifient leur(s) effet(s) considéré(s) individuellement (synergie, antagonisme). Les effets des mélanges sont encore mal appréhendés et la méthode d'évaluation des risques sanitaires actuellement disponible ne permet pas de les prendre en compte si ce n'est

dans l'hypothèse d'une somme des effets des substances ayant les mêmes cibles et les mêmes mécanismes d'action (INERIS, 2003)3. Dans le cadre de cette étude et plus généralement dans le cadre des ERS, le manque de données sur les mécanismes d'action des substances ne permet pas de prendre en compte ce paramètre lors des sommes de QD ou d'ERI, par conséquent, seul le système cible a été considéré.
Comme cela est rappelé dans le rapport de l'INERIS sur l'évaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de natures chimiques (INERIS, 2006)[18], la démarche d'ERS telle qu'elle est appliquée actuellement en France fournit des résultats pour chaque substance prise individuellement. D'après l'INERIS, le cadre des pratiques méthodologiques proposées par l'US-EPA et l'ATSDR pour évaluer les risques sanitaires liés à des mélanges de polluants chimiques ne remet pas en cause à court terme les pratiques françaises actuelles menées dans les volets sanitaires des études d'impact.

Incertitude par rapport à la méthodologie des FET

L'établissement de valeurs toxicologiques de référence (VTR), pour la population entière à partir d'études épidémiologiques (principalement en milieu professionnel) ou animales, et présentant des conditions particulières d'exposition (doses administrées, durée et voie d'exposition, etc.) induit un grand nombre de sources d'incertitude qu'il est difficile de quantifier. Concernant les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ayant des similitudes sur le plan toxicologique, une démarche particulière pour le choix de la VTR a été considérée.
Dans cette étude, la toxicité sans seuil des HAP a été évaluée en appliquant à chaque HAP pour lequel il n'existait pas de VTR spécifique, un facteur d'équivalence toxique (FET) par rapport à la toxicité du benzo(a)pyrène. Une autre approche consiste en la prise en compte des FET y compris pour les HAP pour lesquels il existe une VTR spécifique, c'est-à-dire pour le dibenzo(a)anthracène et le naphtalène.

Ainsi, et d'après les recherches de VTR ayant été menées au niveau des organismes élaborateurs de VTR (RIVM exclu), des VTR spécifiques ont pu être recueillies pour 3 HAP (Tableau 33).

Tableau 33 : VTR sans seuil de dose des benzo(a)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène et naphtalène selon les recommandations de la nouvelle note DGS d'octobre 2014 avec ou sans la méthodologie des FET

Substance	VTR	Effet critique	Références bibliographiques Organisme de référence (Auteurs de l'étude clef)
Benzo(a)pyrène	$1,1.10^{-3}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$	Tumeurs du tractus respiratoire	Expertise INERIS, 2004
Dibenzo(a,h)-anthracène	$1,2.10^{-3}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$	carcinome alvéolaire	OEHHA, 2009
Dibenzo(a,h)-anthracène FET	$1,1.10^{-3}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$	Tumeurs du tractus respiratoire	Expertise INERIS, 2004
Naphtalène	$5.6.10^{-6}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$	Tumeurs du tractus respiratoire	ANSES, 2013
Naphtalène FET	$1.1.10^{-6}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$	Tumeurs du tractus respiratoire	Expertise INERIS, 2004

Tableau 34 : Comparaison entre les ERI obtenus avec et sans la méthodologie des FET pour la voie respiratoire

Substance	ERI (-)
Benzo(a)pyrène	$< 10^{-5}$
Dibenzo(a,h)anthracène avec ou sans FET	$< 10^{-5}$
Naphtalène avec ou sans FET	$< 10^{-5}$
Approche par VTR spécifiques (Somme des ERI de 3 HAP)	$< 10^{-5}$
Approche FET (Somme des HAP)	$< 10^{-5}$

Le choix de l'approche par FET (permettant de prendre en compte l'ensemble des HAP étudiés) ou par VTR spécifiques (permettant de prendre en compte 3 HAP) n'a pas d'impact significatif sur les résultats de la caractérisation des risques dans cette étude : la somme des HAP considérées par les deux approches amène aux mêmes conclusions, à savoir des niveaux de risques inférieurs au seuil de conformité de 10^{-5}.

Modélisation de la dispersion des émissions

Les concentrations atmosphériques en substances gazeuses et particulaires proviennent de l'étude de dispersion basée sur la modélisation des phénomènes d'émission et de dilution dans l'atmosphère des polluants rejetés par les différentes sources d'émission. Or par définition, la modélisation simplifie les phénomènes et génère des incertitudes. Ces incertitudes sont liées d'une part au modèle et à sa conception, et d'autre part aux données d'entrée (conditions météorologiques, scénarios d'émission, etc.). A noter qu'une analyse plus fine de ces incertitudes a été réalisée dans l'étude de dispersion associée à cette étude.

Estimation du nombre de personnes exposées à un niveau de risque

Le nombre de personnes exposées à un niveau de risque donné (ex : QD > 1, ERI > 10^{-5}) a été estimé à partir d'une base de données permettant de localiser géographiquement la population dans la zone d'étude. Cette base de données à été développée par les AASQA de la fédération ATMO pour estimer l'exposition des populations à la pollution atmosphérique. Il est possible d'indiquer que de manière générale, il s'agit d'une estimation de la réalité, et non d'une donnée exacte. Le nombre de personnes concernées par un dépassement de seuil sanitaire correspond donc à une estimation des populations situées dans la zone impactée et doit donc être appréhendé avec recul.

7.2 Comparaison aux ERS de zone

Une comparaison entre l'étude Scénarii et les 3 ERS de zone, déjà effectuées depuis 2005 dans l'environnement de l'Etang de Berre, a été effectuée. Il s'agit des ERS de zone de Berre réalisée en 2005 et mise à jour en 2008 ; de Fos-sur-Mer réalisée en 2008 et de Lavéra-La Mède réalisée en 2011.
Cette comparaison, présentée sous forme d'un tableau, appréhende les différences observées dans les étapes clés de la méthodologie appliquée aux évaluations quantitative des risques sanitaires. Les points qui ont fait l'objet d'une comparaison sont les suivants :

- Le nombre et type de substances retenues dans l'étude,
- Le choix des VTR appréhendées,
- La méthode d'estimation des niveaux d'exposition
- Les résultats obtenus dans l'étape de caractérisation des risques et l'estimation des populations concernées par des dépassements des seuils sanitaires le cas échéant

D'après les résultats de cette comparaison présentés dans le Tableau 35, entre 11 et 12 substances communes ont été traitées dans les différentes ERS de zone par rapport aux substances retenues dans l'étude Scénarii. Parmi ces substances communes figurent les substances pour lesquelles des dépassements avaient été estimés dans les différentes ERS de zone, à savoir le 1.3-butadiène, le benzène et les particules diesel. Autrement dit, l'étude Scénarii a bien appréhendée les substances identifiées comme potentiellement « à risque » lors des différentes ERS de zone.

Le choix des VTR a changé entre les différentes ERS de zone et l'étude Scénarii. Cette différence peut être expliquée par la parution de nouvelles VTR par les organismes producteurs de VTR, et aussi par de nouvelles recommandations sur le choix de ces valeurs en date d'octobre 2014 émanant de la direction générale de la santé (DGS). Parmi les nouvelles recommandations, l'ANSES devient un organisme producteur de VTR et un organisme de référence pour le choix de VTR. Une simple comparaison entre les VTR retenues dans les ERS de zone et l'étude Scénarii montre que le seul choix de la VTR peut conduire à l'estimation de risques entre 67 fois plus élevé et 22 fois plus faible en fonction de la substance et du type d'effet.

Pour 2 des 3 ERS de zone, les niveaux d'exposition des populations aux substances sont estimés uniquement *via* une modélisation de la dispersion atmosphérique avec le modèle ADMS. Un calage du modèle de dispersion est effectué pour une substance dans l'étude Lavéra-La-Mède. De manière générale, une sous-estimation a été observée entre les résultats de modélisation et des mesures dans les études de zone. Ces observations n'ont toutefois pas donné suite à des calages entre le modèle et les mesures. Dans le cas de l'étude Scénarii, la majeure partie des substances ont fait l'objet de campagnes de mesure qui ont permis de corriger (par le haut ou par le bas) les résultats obtenus par modélisation de la dispersion.

Les 3 ERS de zone ont conclu à l'absence de dépassements du seuil sanitaire pour les effets à seuil de dose (QD < 1). Pour les effets sans seuil de dose, des dépassements (ERI > 10^{-5}) ont été estimés pour le benzène et le 1.3-butadiène dans le cadre de l'étude de Berre et pour les particules diesel dans le cadre de l'étude Lavéra-La-Mède. L'estimation des populations potentiellement concernées par des dépassements des seuils de conformité n'est pas la même entre les études de zone et l'étude Scénarii. Pour les premières, cette estimation se base sur une densité de population

homogène par unité de surface au sein de chaque IRIS. L'étude Scénarii a quant à elle tenté d'estimer le nombre de personnes exposées à des risques supérieur au seuil de conformité à l'échelle des bâtiments. Cette dernière méthode, *a priori* plus précise, permet notamment de s'affranchir de la problématique des zones industrielles faiblement habitées.

Finalement, les dépassements observés dans les ERS de zone apparaissent comme significativement plus faibles que ceux obtenus dans l'étude Scénarii. L'amplitude de ces écarts est difficile à quantifier dans la mesure où les zones d'étude retenues sont très différentes et où le nombre de personnes potentiellement concernées par des dépassements du seuil sanitaire est estimé différemment entre les études de zone et l'étude Scénarii. Seule une comparaison des résultats obtenus dans le cadre de l'étude Scénarii au niveau des zones retenues dans les ERS de zones permettrait de quantifier l'écart observé.

Tableau 35 : Différences observées entre les ERS de zones réalisées à Berre, Fos et lavéra avec la présente étude Scénarii

Paramètres/Etape	ERS de Berre 2008	ERS de Fos 2008	ERS de Lavéra – La Mède 2011
Substances appréhendées dans l'ERS de zone pour la voie respiratoire et parmi celles-ci, nombre de substances identiques à celles retenues dans Scénarii *(détail des substances identiques)*	**28 substances appréhendées dont 11 identiques à celles retenues dans Scénarii** *(poussières, 1.3-butadiène, benzène, arsenic, cadmium, chrome VI, cuivre, mercure, plomb, sélénium, nickel)*	**24 substances appréhendées dont 12 identiques à celles retenues dans Scénarii** *(benzène, benzo(a)pyrène, naphtalène, arsenic, cadmium, chrome VI, mercure, nickel, plomb, PM2.5, 1.3-butadiène, 1,2-dichloroéthane)*	**31 substances appréhendées dont 12 identiques à celles retenues dans Scénarii** *(arsenic, cadmium, chrome VI, mercure, nickel, plomb, benzo(a)pyrène, naphtalène, hydrogène sulfuré, particules diesel, 1.2-dichloroéthane, 1.3-butadiène, benzène)*
Choix des VTR et comparaison par rapport à celles retenues dans Scénarii (impact si on avait retenu les VTR de l'étude Scénarii dans les ERS de zone) Exemple : *dans le cas de l'ERS de Fos sur mer, les risques à seuil de dose associés à l'inhalation de benzène devraient être multipliés par 3 si la VTR de l'étude Scénarii avait été prise en compte*	**Effets à seuil de dose :** Benzène : x3 Arsenic : x67 Cadmium : /22 Chrome VI : identique Cuivre : identique Mercure : x6.7 Nickel : x6.5 PM2.5 : /1.5 (VG) 1.3-butadiène : identique **Effet sans seuil de dose :** Benzène : x3.3 Arsenic : x2.9 Cadmium : § Chrome VI : identique Nickel : identique Plomb : §§ 1.3-butadiène : x17	**Effets à seuil de dose :** Benzène : x3 Naphtalène : /12 Arsenic : x67 Cadmium : /22 Chrome VI : identique Mercure : x6.7 Nickel : *6.5 PM2.5 : /1.5 (VG) 1.3-butadiène : identique 1,2-dichloroéthane : /6.3 **Effet sans seuil de dose :** Benzène : x4.3 Benzo(a)pyrène : identique Naphtalène : identique Arsenic : x2.9 Cadmium : § Chrome VI : identique Nickel : identique Plomb : §§ 1.3-butadiène : x17 1.2-dichloroéthane : /7.6	**Effets à seuil de dose :** Benzène : x3 Naphtalène : /12 Arsenic : x67 Cadmium : /22 Chrome VI : identique Hydrogène sulfuré : identique Mercure : x6.7 Nickel : x6.5 Particules diesel : identique 1.3-butadiène : identique 1,2-dichloroéthane : /6.3 **Effet sans seuil de dose :** Benzène : x3.3 Benzo(a)pyrène : identique Naphtalène : identique Arsenic : x2.9 Cadmium : § Chrome VI : identique Nickel : identique Particules diesel : identique Plomb : §§ 1.3-butadiène : x17 1.2-dichloroéthane : identique
Estimation des niveaux d'exposition par rapport à Scénarii	Utilisation d'ADMS 4 Pas d'utilisation de données de mesures pour la correction de la modélisation.	Utilisation d'ADMS Urban Constat de la différence, notamment la sous-estimation entre modélisation et mesures d'Air PACA. Pas d'utilisation de données de mesures pour la correction de la modélisation	Utilisation d'ADMS 4.1 Calage du modèle avec les mesures SO2 d'Air PACA. Sous-estimation constatée pour les autres polluants (NO_x, PM10 et benzène) par rapport aux mesures Air PACA mais d'utilisation de données de mesures pour la correction de la modélisation

Paramètres/Etape	ERS de Berre 2008	ERS de Fos 2008	ERS de Lavéra – La Mède 2011
Caractérisation des risques et estimation des populations concernées	**Effets à seuil de dose (2011*)** Aucun dépassement estimé ⇨ Aucun dépassement supplémentaire si un choix de VTR similaire à l'étude Scénarii avait été suivi Aucun dépassement des sommes de QD ⇨ Aucun dépassement supplémentaire si un choix de VTR similaire à l'étude Scénarii avait été suivi **Effets sans seuil de dose (2011) :** Dépassements estimés pour le 1.3-butadiène et le benzène ⇨ Aucun dépassement supplémentaire si un choix de VTR similaire à l'étude Scénarii avait été fait (mais augmentation significative pour le benzène et le 1.3-butadiène) Dépassement estimé pour la somme d'ERI. Dépassement estimé sur 10 km² où 5 180 personnes résident ⇨ La somme maximale d'ERI estimée en retenant les VTR de l'étude Scénarii augmente d'un facteur 3.5 par rapport à la somme obtenue dans l'étude de Berre. Estimation du nombre de personnes en considérant une densité de population homogène sur chaque Ilot de l'Insee.	**Effets à seuil de dose (2011*)** Aucun dépassement estimé ⇨ Aucun dépassement supplémentaire si un choix de VTR similaire à l'étude Scénarii avait été suivi Aucun dépassement des sommes de QD ⇨ Aucun dépassement supplémentaire si un choix de VTR similaire à l'étude Scénarii avait été suivi **Effets sans seuil de dose (2011) :** Aucun dépassement estimé ⇨ Aucun dépassement supplémentaire si un choix de VTR similaire à l'étude Scénarii avait été fait Aucun dépassement observé pour la somme d'ERI ⇨ La somme maximale d'ERI estimée en retenant les VTR de l'étude Scénarii est proche de la somme obtenue dans l'étude de Fos. Elle augmente légèrement à cause du benzène et du 1.3-butadiène mais reste en deçà de 10^{-5}. Pas de dépassement et pas de précision sur l'estimation du nombre de personnes concernées par un dépassement.	**Effets à seuil de dose (2012*) :** Aucun dépassement estimé ⇨ Aucun dépassement supplémentaire si un choix de VTR similaire à l'étude Scénarii avait été suivi Aucun dépassement des sommes de QD ⇨ Aucun dépassement supplémentaire si un choix de VTR similaire à l'étude Scénarii avait été suivi **Effets sans seuil de dose (2012) :** Dépassement estimé pour les particules diesel. ⇨ Unedépassement supplémentaire aurait été estimé pour le 1.3-butadiène si un choix de VTR similaire à l'étude Scénarii avait été fait Dépassement observés pour la somme d'ERI. Dépassement estimé pour 12 000 personnes ⇨ La somme maximale d'ERI estimée en retenant les VTR de l'étude Scénarii augmente de 80% par rapport à la somme obtenue dans l'étude Lavéra. Le nombre de personnes concernées n'est pas estimable à partir des informations du rapport. Estimation du nombre de personnes en considérant une densité de population homogène sur chaque Ilot de l'Insee.

*entre parenthèse est indiqué l'année du scénario appréhendé dans l'étude de zone dont les résultats ont été présentés dans le tableau, en effet, 2 horizons sont développés dans les études de zone (ex : 2005 et 2011).
§ dans le cadre du rapport Scénarii, une VTR à seuil a été retenu pour les effets cancérigènes susceptibles d'être induits par le cadmium. Une comparaison par rapport au calcul réalisé n'est pas possible
§§ dans le cadre du rapport Scénarii, une VTR interne a été retenue pour les effets sur le système urianire. L'Anses et l'EFSA recommandent de ne pas considérer le plomb comme une substance cancérigène sans seuil de dose.

8. CONCLUSION

La présente étude a permis de caractériser les risques sanitaires liés à l'inhalation de 29 substances ou familles de substances émises par différents types d'activités recensées à l'Ouest des Bouches du Rhône (ancienne zone de surveillance Airfobep) par le registre Air PACA, et ce conformément à la démarche d'évaluation des risques sanitaires (ERS) préconisée par l'InVS et l'INERIS. Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes.

8.1 Exposition chronique à effet de seuil

Les expositions respiratoires chroniques aux particules diesel et au nickel sont susceptibles de dépasser le seuil de conformité (QD>1). L'exploitation géographique de ces résultats a permis d'estimer quantitativement les populations présentes dans ces zones ainsi que le nombre de sites susceptibles d'accueillir des populations sensibles. Ainsi, pour les particules diesel, les dépassements de seuil ont été estimés à proximité de certains axes routiers et environ 12 personnes qui habitent ces zones sont susceptibles d'être concernées. Dans le cas du nickel, la zone de dépassement est située à proximité du port de Ponteau et de la centrale électrique de Martigues-Ponteau. A noter que pour cette substance en particulier, en l'absence d'information sur sa forme chimique (forme oxydée ou non oxydée), une hypothèse majorante a été prise en compte selon laquelle les formes de nickel ne correspondaient pas à l'oxyde de nickel mais aux autres composés du nickel.

Pour les substances pour lesquelles des valeurs guide (VG) ont été retenues en l'absence de valeurs toxicologiques de référence (VTR), des dépassements de VG annuelles ont été observés pour dioxyde d'azote (NO_2) et les poussières (PM_{10} et $PM_{2,5}$). Les zones où des dépassements sont observés varient fortement en fonction de la substance et sont susceptibles de concerner 1083 personnes pour le NO_2 et l'ensemble de la population présente dans la zone d'étude pour les poussières.

8.2 Exposition chronique sans effet de seuil

Les expositions respiratoires chroniques aux particules diesel, au benzène, au 1.3-butadiène et au 1,2-dichloroéthane sont suscetpibles de dépasser le seuil de conformité (ERI>10^{-5}).

Les dépassements de seuil ont été observés soit autour du Golfe de Fos où de nombreuses activités industrielles sont présentes (cas du 1,2-dichloroéthane, du benzène et du 1.3-butadiène), soit à proximité des axes routiers (cas des particules diesel et du 1.3-butadiène). Le nombre de personnes concernées varie en fonction de la substance et des niveaux de risque considérés. D'après le traitement cartographique des résultats, entre 146 et 33 624 personnes seraient susceptibles d'habiter les zones de dépassement.

8.3 Risques cumulés

Les risques cumulés correspondent aux effets sanitaires susceptibles d'être induits par l'exposition des populations à plusieurs substances simultanément. Actuellement, la démarche des ERS ne permet pas de prendre en compte la synergie ou l'antagonisme des effets. En effet, comme indiqué dans les différents guides (InVS, INERIS) publiés en France, les risques cumulés sont appréhendés par une simple addition des risques déterminés individuellement pour chacune des substances.

Exposition chronique à effet de seuil

Pour ce type d'effet, des riques cumulés ont été estimés pour 7 systèmes-cibles, à savoir les systèmes-cibles respiratoire, nerveux, reproductif et développemental, hématologique et immunitaire, métabolique, endocrinien et nutritionnel, digestif et urinaire. Un dépassement de la valeur de conformité (QD > 1) a été obtenu pour le système cible respiratoire. En moyenne, les dioxines-furanes, les particules diesel et le nickel contribuent ensemble à hauteur de 94% aux sommes de risques estimées pour le système respiratoire, dans les zones de dépassement du seuil de conformité, où environ 4 495 personnes sont susceptibles d'habiter. Les zones de dépassement sont situées au niveau des sites industriels du golfe de Fos et de l'Etang de Berre et aussi à proximité des voies de circulation les plus importantes.

Exposition chronique sans effet de seuil

Les risques à effet sans seuil de dose ont été sommés selon le système-cible, et ce, en parallèle d'une somme globale des ERI comme recommandé par l'INERIS.

Lorsque les ERI sont sommés en considérant le système-cible, le seul système cible pour lequel des sommes de risque peuvent être effectués est le système respiratoire. Un dépassement du seuil de conformité (ERI > 10^{-5}) est obtenu sur l'ensemble de la zone d'étude. Le seuil d'action rapide est atteint sur une surface restreinte, à proximité des voies de circulation. Les particules diesel et le 1.3-butadiène sont les substances qui contribuent le plus dans ces sommes d'ERI.

Lorsque l'on somme tous les ERI estimés sans tenir compte des systèmes-cibles, l'ensemble de la population de la zone d'étude est concernée par un dépassement du seuil de conformité (ERI > 10^{-5}). Le seuil d'action rapide (ERI > 10^{-4}) est aussi atteint dans une zone plus restreinte, au niveau des voies de circulation ou à proximité immédiate de celles-ci. Après croisement avec les données de population, environ 323 personnes pourraient habiter dans une zone d'action rapide (ERI > 10^{-4}). D'après les résultats obtenus, le 1,3-butadiène, les particules diesel et le benzène contribuent majoritairement aux dépassements observés à l'échelle de la zone d'étude. Dans les zones où le seuil d'action rapide est atteint, ce sont les particules diesel qui contribuent le plus aux niveaux de risque estimés.

8.4 Comparaison aux ERS de zone

Une comparaison a été effectuée entre les ERS de zones réalisées à proximité de l'Etang de Berre et l'étude Scénarii. Les résultats obtenus indiquent 4 points qui rendent la comparaison difficile en termes de risques sanitaires :

1. l'application de nouvelles recommandations relatives au choix des valeurs toxicologiques de référence (recommandations parues en 2014, après la réalisation des 3 études de zones investiguées),
2. la sortie de nouvelles données toxicologiques est susceptible d'induire une différence importante, parfois d'un facteur supérieur à 10, lors de la caractérisation des risques, et ce, même si des niveaux identiques en substances avaient été estimés.
3. Par rapport à l'étude Scénarii, l'estimation des niveaux d'exposition dans les études de zone s'est principalement basée sur les résultats du modèle de dispersion ADMS (sans calage sur des résutlats de mesures) alors qu'en parallèle, une sous-estimation de ceux-ci par rapport aux mesures avait été observée.
4. Enfin, le mode d'estimation du nombre de personnes concernées par des dépassements des seuils de conformité est différent entre les etudes de zone et l'étude Scénarii. L'outil OSIRIS développé dans le cadre du projet Scénarii devrait permettre d'homogénéiser les méthodes suivies dans de futures études sanitaires, et le cas échéant, faciliter une mise à jour des études de zone déjà réalisées.

Un tableau de comparaison a toutefois été proposé en termes de risques sanitaires. Il a montré qu'à substances équivalentes, les niveaux de risques ont tendance à augmenter entre les ERS de zone et l'étude Scénarii.

Annexes

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : TABLEAUX DE SYNTHESE DES SITES SENSIBLES RECENSES DANS LE DOMAINE D'ETUDE 103

ANNEXE 2 : EXPLOITATION DES RESULTATS DE MESURES RELATIVES AUX DIOXINES-FURANES 115

ANNEXE 3 : FICHES TOXICOLOGIQUES 137

ANNEXE 4 : RESULTATS OBTENUS POUR LA VOIE DIGESTIVE 138

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 140

Annexe 1 : Tableaux de synthèse des sites sensibles recensés dans le domaine d'étude

- **Enfants en bas-âge**

Tableau 36 : Lieux d'accueil des enfants en bas-âges sur la zone d'étude

Communes	Nom de la crèche	Effectifs	Communes	Nom de la crèche	Effectifs
Alleins	Crèche "Les Pitchounets"	30	Martigues	Mac De Carro	12
Arles	Crèche collective Lou Pitchounet	37	Martigues	Mac Des Rayettes	20
Arles	Halte-garderie Van-Gogh	25	Martigues	Jardin D'enfants Camille Pelletan	30
Arles	Halte-garderie Gribouille	10	Martigues	Mac Amavet	20
Arles	Multi-accueil La Poule rousse	20	Martigues	Mac De Paradis-saint Roch	20
Arles	Multi-accueil La Souris verte	20	Martigues	Mac Du 8 Mai	33
Arles	Multi-accueil Pigeon vole	20	Maussane-les-Alpilles	Mac Le Rendez-vous Des Tous-petits	21
Arles	Crèche familiale Les Petits nids	50	Miramas	MAC Ancel	15
Arles	Mac Les P'tits Flamants	30	Miramas	MAC Jean GIONO	40
Barbentane	Mac Les Pequelets	25	Miramas	Micro crèche La Carraire	25
Berre-l'Étang	Maf La Baleine Bleue	30	Miramas	Crèche familiale	-
Berre-l'Étang	Mac La Baleine Bleue	42	Miramas	MAF / MAC Carraire	109
Cabannes	Creche L'eau Vive	32	Miramas	Jardin Maternel La Clé bleue	20
Carry-le-Rouet	Mac Lei Pitchoun	60	Mollégès	Mac Les Pommes Reinettes	25
Châteauneuf-les-Martigues	Halte-garderie Les Oisillons 2	20	Noves	Multi Accueil BEABA	35
Châteauneuf-les-Martigues	Crèche Collective les Oisillons 1	52	Pélissanne	Mac L'arc En Ciel	72
Châteauneuf-les-Martigues	Creche Familiale Les Canaris	15	Plan-d'Orgon	Mac Li Parpaiou	18
Châteaurenard	Creche Familiale La Marelle	78	Port de Bouc	Halte-garderie municipale	20
Eyguières	Mac Les Canaillous	55	Port de Bouc	Crèche de l'ADALE - Le petit jardin des Aigues Douces	35
Eyragues	Mac La Cabriole	25	Port-Saint-Louis-du-Rhône	Mac Les Petits Poussins	20
Fontvieille	Crèche Lou Belen	37	Rognac	Le Petit Prince	60
Fos-sur-Mer	Multi-accueil La Farandole	30	Rognac	Maf Le Petit Prince	16
Fos-sur-Mer	Multi-accueil Familial L'ilot Calins	77	Rognonas	Mac La Poupounette	35
Fos-sur-Mer	Multi-accueil Les Canaillous	30	Saint-Andiol	Crèche les Papetons	28
Gignac-la-Nerthe	Les Jardins des Myrtes	60	Saint-Martin-de-Crau	Mac Les Petits Pas	20
Grans	Crèche Les Feuillantines	25	Saint-Martin-de-Crau	Mac Les Lutins	50
Graveson	Mac Les Lutins	25	Saint-Mitre-les-Remparts	Mac Pin'prunelle	33
Istres	La Ribambelle	70	Saint-Mitre-les-Remparts	Mac Croque La Vie	25
Istres	Mac Les Heures Claires	20	Saint-Rémy-de-Provence	Mac Le Club Du Tout Petit	35
Istres	Les Minipouss'	50	Saint-Victoret	Les Ptits Loups	50

Communes (suite)	Nom de la crèche	Effectifs	Communes	Nom de la crèche	Effectifs
Istres	La Tonnelle 2	50	Salon-de-Provence	Mac La Farandole	40
Istres	La Souris Verte	-	Salon-de-Provence	Mac Croc La Vie	20
Istres	Mac Le Toboggan	20	Salon-de-Provence	Mac Francois Blanc	20
Istres	Mac La Terroulette	66	Salon-de-Provence	Crèche Collective Croix Rouge	35
Istres	Multi accueil Familial 1 et 2	180	Salon-de-Provence	Halte-garderie Le Petit Prince	20
Istres	Mac Les Pitchounets	20	Salon-de-Provence	Maf Les P'tits Lous	65
Istres	Mac Les Petits Rires	20	Salon-de-Provence	Mac La Durance	70
Lançon-Provence	Multi accueil Les Pinsons	62	Salon-de-Provence	Mac Les Ecureuils	50
Mallemort	Creche Les Auceau	34	Salon-de-Provence	Mac Meli Meo	15
Marignane	Mac Cap Frimousse	32	Sausset-les-Pins	Le Grand Chêne	60
Marignane	Mac L'Ile des Enfants	39	Sausset-les-Pins	Halte-garderie Carry-sausset	12
Marignane	Maf La Planete Bleue	55	Sénas	Mac Les Farfadets	50
Marignane	Mac Le Petit Prince	45	Tarascon	Creche Les Capucins	45
Marignane	Mac Alain Roche	42	Tarascon	MAF Les Lutins	21
Martigues	Maf Le Coteau 1	68	Tarascon	Mac Les Pequelets	20
Martigues	Mac La Navale	35	Velaux	La Bressarelle	24
Martigues	Jardin D'enfants Le Coteau	20	Velaux	La Poucinade	62
Martigues	Maf Le Coteau 2	60	Ventabren	Crèche les Farfadets	45
Martigues	Jardin D'enfants Louise Michel	40	Vitrolles	Crèche Auguste Renoir	-
Martigues	Mac Andrée Feller	45	Vitrolles	Crèche Ploum	-
Martigues	Mac De Ferrieres	20	Vitrolles	Crèche La Plaine	-
Martigues	Mac De Croix Sainte	30	Vitrolles	Crèche Lou Pitchoun	-
Martigues	Mac Camille Pelletan	25	Vitrolles	Crèche le Nid	-
Martigues	Mac De Canto-perdrix	17	Vitrolles	Crèche Frescoule	-

Mac : multi-accueil collectif *Maf : multi-accueil familiale*

- **Enfants scolarisés**

Tableau 37 : Liste des écoles situées dans la zone d'étude

Communes	Nom de l'Etablissement	Effectif	Communes	Nom de l'Etablissement	Effectif
Alleins	EP PU Victor Hugo	168	Istres	EM PU Réné Calamand	121
Alleins	EM PU Victor Hugo	108	Istres	EM PU Sainte Catherine	117
Arles	EP PU AmédéEPichot	171	Istres	EP PU Elise & Jean MILLE	113
Arles	EP PU Marie Curie	98	Istres	EM PU Terroulette (La)	49
Arles	EP PU Jules Vallès	152	Istres	EM PU Jean Moulin	131
Arles	EP PU Yves Montand	137	Istres	EM PU Jules Ferry	81
Arles	EP PU Louis Aragon	155	Istres	EM PU La Buissonière	168
Arles	EP PR Saint-Etienne	171	Istres	EM PU Pierre Armanet	105
Arles	EP PU Alyscamps	87	La Barben	EP PU Palamede de Forbin	50
Arles	EP PU Paul Langevin	150	La Fare-les-Oliviers	EP PU Saint-Exupéry	211
Arles	EP PU Salin de Giraud	120	La Fare-les-Oliviers	EP PU Paul Doumer	249
Arles	EP PU Albert Camus	247	La Fare-les-Oliviers	EM PU Saint-Exupéry	129
Arles	EP PU Émile Loubet	145	La Fare-les-Oliviers	EM PU Paul Doumer	140
Arles	EP PU Sambuc	61	Lamanon	EM PU Lamanon	80
Arles	EP PU André Benoît	315	Lamanon	EP PU Lamanon	115
Arles	EP PU Henri Wallon	191	Lançon-Provence	EEPU Les Pinèdes	217
Arles	EP PU Louis Pergaud	60	Lançon-Provence	EP PU Marie Mauron	200
Arles	EP PU MariEMauron	122	Lançon-Provence	EP PU Val de Sibourg	89
Arles	EP PU Marinette Carletti	80	Lançon-Provence	EM PU Val de Sibourg	48
Arles	EP PU Montplaisir	141	Lançon-Provence	EM PU Lei Cigaloun	165
Arles	EP PU Mouleyres	113	Lançon-Provence	EP PU Baïsses	98
Arles	EP PU Clos de la Roche	269	Lançon-Provence	EP PU Moulin de Laure	171
Arles	EP PU Alphonse Daudet	96	Le Rove	EP PU François Bessou	220
Arles	EM PU Jeanne Géraud	106	Le Rove	EM PU Jacques Duclos	150
Arles	EM PU Les Cantarelles	123	Les-Baux-de-Provence	EP PU Vallon de la Fontaine	20
Arles	EM PU LouisEMichel	98	Maillane	EP PRe Notre Dame de Grâce	134
Arles	EM PU Les Bartavelles	123	Maillane	EP PU Frédéric Mistral	169
Arles	EM PU Pauline Kergomard	106	Mallemort	EEPU Camille Claudel	172
Arles	EM PU Victoria Lyles	125	Mallemort	EP PU Frédéric Mistral	240
Arles	EM PU Alphonse Daudet	112	Mallemort	EP PR Saint-Michel	93
Arles	EM PU Alyscamps	55	Mallemort	EM PU l'Espélido	104
Arles	EM PU Marinette Carletti	40	Mallemort	EM PU Joliot-Curie	113
Arles	EM PU Petit Prince (Le)	99	Marignane	EP PU Carestier (Le)	255
Arles	EM PU Roquette (La)	92	Marignane	EP PRe Sainte-Marie	224
Arles	EM PU Anaïs Gibert	172	Marignane	EP PU Albert Camus	86
Arles	EM PU du Cloître	83	Marignane	EP PU Guynemer 2	228
Arles	EM PU Magnanarelles (Les)	85	Marignane	EP PU Jean Moulin	178
Arles	EM PU Montmajour	125	Marignane	EP PU MariEMadeleine Fourcade	234
Arles	EM PU Claire Fontaine	112	Marignane	EP PU Fontinelles (Les)	289
Arles	EM PU Salin de Giraud	63	Marignane	EP PU Marie Curie	193
Arles	EP PR Saint-Vincent dEPaul	311	Marignane	EP PU Alderic Chave	193
Arles	EP PU Albaron	74	Marignane	EP PU Guynemer 1	134
Arles	EP PU Gimeaux	142	Marignane	EP PU Marcel Pagnol	230
Arles	EP PU Gageron	28	Marignane	EP PU Raumettes (Les)	147
Aureille	EP PU Aureille	106	Marignane	EM PU Hélène Boucher	137
Aureille	EM PU Aureille	53	Marignane	EM PU Guynemer	160
Aurons	EP PU Aurons	45	Marignane	EM PU Albert Camus	66
Barbentane	EP PR Notre-Dame	147	Marignane	EM PU La Cadière	130
Barbentane	EP PU cours (Le)	161	Marignane	EM PU Carestier (Le)	132
Barbentane	EM PU cours (Le)	83	Marignane	EM PU Marie-Madeleine Fourcade	133
Berre-l'Étang	EP PR Notre-Dame de Caderot	142	Marignane	EM PU MéditerranéEParc	70

Communes (suite)	Nom de l'Etablissement	Effectif	Communes	Nom de l'Etablissement	Effectif
Berre-l'Étang	EP PU Émile Zola	208	Marignane	EM PU Fontinelles (Les)	142
Berre-l'Étang	EP PU Pablo Picasso	182	Marignane	EM PU Jean Moulin	83
Berre-l'Étang	EP PU Paul Langevin	94	Marignane	EM PU Marcel Pagnol	118
Berre-l'Étang	EP PU Frédéric Mistral	119	Marignane	EM PU Marie Curie	90
Berre-l'Étang	EP PU Georges Dezarnaud	108	Marignane	EM PU Raumettes (Les)	77
Berre-l'Étang	EP PU Vaillant-Couturier	103	Martigues	EP PU Henri Tranchier	269
Berre-l'Étang	EM PU Émile Zola	88	Martigues	EP PU Canto Perdrix 2	172
Berre-l'Étang	EM PU Irène Joliot Curie	67	Martigues	EP PU Canto Perdrix 1	114
Berre-l'Étang	EM PU Danielle Casanova	92	Martigues	EP PU LouisEMichel	250
Berre-l'Étang	EM PU Pablo Picasso	111	Martigues	EP PU Robert Desnos	159
Berre-l'Étang	EM PU Paul Langevin	81	Martigues	EP PU Paul di Lorto	175
Berre-l'Étang	EM PU Georges Dezarnaud	69	Martigues	EP PU Robert Daugey	128
Boulbon	EP PU Saules (Des)	107	Martigues	EP PU Saint-Julien	118
Boulbon	EM PU Boulbon	68	Martigues	EP PU Saint-Pierre	94
Cabannes	EP PU Cabannes	231	Martigues	EP PU Tourrel	217
Cabannes	EP PRe Sainte-Madeleine	175	Martigues	EP PU Aupecle	293
Cabannes	EM PU Cabannes	162	Martigues	EP PU Couronne (La)	135
Carry-le-Rouet	EP PU Simone Thoulouze	316	Martigues	EP PU Henri Damofli	154
Carry-le-Rouet	EM PU Simone Thoulouze	173	Martigues	EP PU Jean Jaurès	221
Port de Bouc	EP PU Les Arcades	77	Charleval	EM PU Charleval	96
Port-Saint-Louis-du-Rhône	EP PU Jules Verne	200	Châteauneuf-les-Martigues	EP PU Jean Jaurès	309
Port-Saint-Louis-du-Rhône	EP PU Romain Rolland	184	Châteauneuf-les-Martigues	EP PU Réné Perrin	188
Port-Saint-Louis-du-Rhône	EP PU Paul Eluard	202	Châteauneuf-les-Martigues	EP PU Roger Salengro	291
Port-Saint-Louis-du-Rhône	EM PU Anne Frank	121	Châteauneuf-les-Martigues	EM PU Marie Mauron	105
Port-Saint-Louis-du-Rhône	EM PU France Bloch	99	Châteauneuf-les-Martigues	EM PU Marie et Pierre Curie	242
Port-Saint-Louis-du-Rhône	EM PU Louise Michel	79	Châteauneuf-les-Martigues	EM PU Pierre Brossolette	124
Port-Saint-Louis-du-Rhône	EM PU Danielle Casanova	72	Châteaurenard	EP PU Gabriel Péri	317
Rognac	EP PU Jean Giono	142	Châteaurenard	EP PU Pic Chabaud	300
Rognac	EP PU Lamartine	145	Châteaurenard	EP PR St-Denis-St-Joseph	320
Rognac	EP PU Gérald Kraemer	142	Châteaurenard	EM PU Roquecoquille	113
Rognac	EP PU Marcel Pagnol	210	Châteaurenard	EM PU Pavillone (La)	190
Rognac	EP PU Romain Rolland	112	Châteaurenard	EM PU Argelier (L')	109
Rognac	EM PU Jean Giono	83	Châteaurenard	EP PU Crau (La)	142
Rognac	EM PU Romain Rolland	72	Cornillon-Confoux	EP PU Cornillon Confoux	114
Rognac	EM PU Gérald Kraemer	85	Coudoux	EP PU Danielle Germond	309
Rognac	EM PU Jardins (Les)	46	Coudoux	EM PU Henri Bosco	131
Rognac	EM PU Lamartine	82	Ensuès-la-Redonne	EP PU Frédéric Mistral	336
Rognac	EM PU Marcel Pagnol	79	Ensuès-la-Redonne	EM PU Ensues la Redonne	172
Rognonas	EP PRe Alpilles-Durance	211	Eygalières	EP PU Eygalières	157
Rognonas	EP PU Jean Giono	171	Eyguières	EP PU Andrieux et André Gilous	203
Rognonas	EM PU Mireille	105	Eyguières	EP PU Gabriel Péri	212
Saint-Andiol	EP PU Jean Moulin	195	Eyguières	EM PU Emmanuel Nicaise	138
Saint-Andiol	EM PU Jean Moulin	109	Eyguières	EM PU Trecastaux	82
Saint-Chamas	EP PU Irène Joliot Curie	247	Eyragues	EP PU Gabriel Péri	255
Saint-Chamas	EP PU Gabriel Péri	228	Eyragues	EM PU Eyragues	147
Saint-Chamas	EM PU Loir (Du)	58	Fontvieille	EP PU Yvan Audouard	245
Saint-Chamas	EM PU Elsa Triolet	111	Fontvieille	EM PU Fontvieille	129
Saint-Chamas	EM PU Danielle Casanova	90	Fos-sur-Mer	EP PU Léonce Herail	263

Communes (suite)	Nom de l'Etablissement	Effectif	Communes	Nom de l'Etablissement	Effectif
Saintes-Maries-de-la-Mer	EP PU Roger Delagnes	127	Fos-sur-Mer	EP PU Joseph d'Arbaud	215
Saintes-Maries-de-la-Mer	EM PU Roger Delagnes	72	Fos-sur-Mer	EP PU Jean Giono	170
Saint-Martin-de-Crau	EP PR Sacré-Coeur	103	Fos-sur-Mer	EP PU Michel Gerachios	247
Saint-Martin-de-Crau	EP PU Caphan	142	Fos-sur-Mer	EP PU Mazet	198
Saint-Martin-de-Crau	EE PU du Logisson	245	Fos-sur-Mer	EM PU Léonce Herail	130
Saint-Martin-de-Crau	EE PU du Lion d'Or	194	Fos-sur-Mer	EM PU Le Mazet	109
Saint-Martin-de-Crau	EP PU Marcel Pagnol	168	Fos-sur-Mer	EM PU Jonquière	114
Saint-Martin-de-Crau	EM PU du Lion d'Or	113	Fos-sur-Mer	EM PU MariEMauron	99
Saint-Martin-de-Crau	EM PU du Logisson	137	Fos-sur-Mer	EM PU Michel Gerachios	123
Saint-Martin-de-Crau	EM PU Marcel Pagnol	87	Gignac-la-Nerthe	EP PU Céléstin Arigon	141
Saint-Mitre-les-Remparts	EP PU Jean Rostand	222	Gignac-la-Nerthe	EP PRe Saint-Louis	260
Saint-Mitre-les-Remparts	EP PU Édouard Vaillant	138	Gignac-la-Nerthe	EP PU Marcel Pagnol	234
Saint-Mitre-les-Remparts	EM PU Jean Rostand	110	Gignac-la-Nerthe	EP PU David Douillet	190
Saint-Mitre-les-Remparts	EM PU Édouard Vaillant	87	Gignac-la-Nerthe	EM PU Marcel Pagnol	116
Saint-Pierre-de-Mézoargues	EP PU Mezoargues	14	Gignac-la-Nerthe	EM PU David Douillet	91
Saint-Rémy-de-Provence	EP PU de l'Argelier	233	Gignac-la-Nerthe	EM PU Michel Gouiran	88
Saint-Rémy-de-Provence	EP PR Saint-Martin	218	Gignac-la-Nerthe	EM PU Jules Ferry	60
Saint-Rémy-de-Provence	EP PU République	222	Grans	EP PU Georges Brassens	302
Saint-Rémy-de-Provence	EM PU Marie Mauron	134	Grans	EM PU Jacques Prévert	165
Saint-Rémy-de-Provence	EM PU Mas Nicolas	108	Graveson	EP PU Graveson	148
Saint-Victoret	EE Jean Cocteau	121	Graveson	EP PRe Jeanne d'Arc	154
Saint-Victoret	EE Carbonel	277	Graveson	EM PU Graveson	105
Saint-Victoret	EM Carbonel	111	Istres	EP PU Gouin 1	229
Saint-Victoret	EM Anne-Marie Piteau	57	Istres	EP PU Gouin 2	252
Saint-Victoret	EM Jean Cocteau	82	Istres	EP PU Jacqueline Auriol	223
Salon-de-Provence	EP PU Canourgues 1	123	Istres	EP PU Clos de la Roche	208
Salon-de-Provence	EP PRe Viala-Lacoste	154	Istres	EP PU Camille Pierron	174
Salon-de-Provence	EP PU Saint-Norbert	106	Istres	EP PU Elise & Jean MILLE	167
Salon-de-Provence	EP PRe la Présentation	424	Istres	EP PU Raoul Ortollan	217
Salon-de-Provence	EP PU Canourgues 2	131	Istres	EP PU Jean Moulin	209
Salon-de-Provence	EP PU Crau-Bel Air (La)	207	Istres	EP PU Pierre Armanet	190
Salon-de-Provence	EP PU Bastide haute	147	Istres	EP PU Pierre Mendès-France	167
Salon-de-Provence	EP PU Capucins	305	Istres	EP PU Réné Calamand	284
Salon-de-Provence	EP PU Marceau Ginoux	192	Istres	EP PU Jules Ferry	172
Salon-de-Provence	EP PU Bressons (Les)	281	Istres	EP PU La Clé des Champs	292
Salon-de-Provence	EP PU David	136	Istres	EM PU RMC Gouin	182
Salon-de-Provence	EP PU Jules Michelet	276	Istres	EM PU Carmes (Des)	59
Salon-de-Provence	EP PU Lurian 1	263	Istres	EM PU Camille Pierron	120

Communes (suite)	Nom de l'Etablissement	Effectif	Communes	Nom de l'Etablissement	Effectif
Salon-de-Provence	EP PU Lurian 2	126	Istres	EM PU Clos de la Roche	120
Salon-de-Provence	EM PU Bastide haute	77	Istres	EM PU Raoul Ortollan	168
Salon-de-Provence	EM PU Canourgues	107	Istres	EM PU PierrEMendès-France	121
Charleval	EP PU ChantEPié	168	Istres	EM PU Jacqueline Auriol	105
Martigues	EP PU Lavera	116	Salon-de-Provence	EM PU Alliés (Des)	84
Martigues	EP PU Lucien Toulmond 1	80	Salon-de-Provence	EM PU Docteur François Blanc	97
Martigues	EP PU Lucien Toulmond 2	134	Salon-de-Provence	EM PU Lurian	132
Martigues	EM PU Ferrières	140	Salon-de-Provence	EM PU pavillon	73
Martigues	EM PU Font Sarade	140	Salon-de-Provence	EM PU Jules Michelet	135
Martigues	EM PU Lucien Toulmond	139	Salon-de-Provence	EM PU Marceau Ginoux	112
Martigues	EM PU Canto Perdrix 1	82	Salon-de-Provence	EM PU Paul Cézanne	79
Martigues	EM PU Canto Perdrix 2	86	Salon-de-Provence	EM PU Saint-Norbert	77
Martigues	EM PU Henri Tranchier	140	Salon-de-Provence	EM PU Bressons (Les)	113
Martigues	EM PU Saint-Pierre	49	Salon-de-Provence	EM PU Capucins	110
Martigues	EM PU Couronne (La)	97	Salon-de-Provence	EM PU Jean Moulin	76
Martigues	EM PU LouisEMichel	128	Salon-de-Provence	EM PU Lucie Aubrac	117
Martigues	EM PU Robert Daugey	86	Sausset-les-Pins	EP PU Victor Hugo	132
Martigues	EM PU Jonquières	197	Sausset-les-Pins	EP PU Jules Ferry	247
Martigues	EM PU Paul di Lorto	130	Sausset-les-Pins	EM PU Jules Ferry	139
Martigues	EM PU Robert Desnos	119	Sausset-les-Pins	EM PU Victor Hugo	102
Martigues	EP PU Carro	125	Sénas	EP PU Jean Moulin 1	255
Mas-Blanc-des-Alpilles	EP PU Mas-Blanc-des-alpilles	49	Sénas	EP PU Jean Moulin 2	148
Maussane-les-Alpilles	EP PU Charles Piquet	125	Sénas	EM PU Senas	239
Maussane-les-Alpilles	EM PU Charles Piquet	69	St-Etienne-du-Grès	EP PU Saint-Etienne du Grès	132
Miramas	EP PU Marcel Gresset	220	St-Etienne-du-Grès	EM PU Saint-Etienne du Grès	80
Miramas	EP PRe Jeanne d'Arc	218	Tarascon	EP PU Jean Macé	126
Miramas	EP PU Jean Moulin	143	Tarascon	EE PU Marcel Batlle	127
Miramas	EP PU Gérard Philipe	323	Tarascon	EP PR Petit Castelet	210
Miramas	EP PU Chantegrive	102	Tarascon	EP PR Sainte-Marthe	218
Miramas	EP PU Jean Macé	284	Tarascon	EP PU Marcel Pagnol	177
Miramas	EP PU Carraire (La)	131	Tarascon	EP PU Jules Ferry	182
Miramas	EP PU Jean Giono	148	Tarascon	EM PU Jean Giono	77
Miramas	EP PU Jules Ferry	125	Tarascon	EM PU Marcel Batlle	120
Miramas	EP PU la Maille	135	Tarascon	EM PU Marie Curie	163
Miramas	EP PU Paul Cézanne	108	Velaux	EP PU Jean Giono	318
Miramas	EP PU Vincent Van Gogh	156	Velaux	EP PU Jean Jaurès	308
Miramas	EM PU Garouvin	18	Velaux	EM PU Jean Giono	173
Miramas	EM PU Molières (Les)	131	Velaux	EM PU Jean Jaurès	177
Miramas	EM PU Paul Cézanne	107	Ventabren	EP PU La Crémade	322
Miramas	EM PU Carraire (La)	128	Ventabren	EM PU Édouard Peisson	167
Miramas	EM PU Chantegrive	53	Vernègues	EP PU Vernegues	107
Miramas	EM PU Jean Giono	113	Vernègues	EM PU Cazan	65
Miramas	EM PU Jourdan	113	Verquières	EP PU Verquières	75
Miramas	EM PU Vincent Van Gogh	118	Vitrolles	EP PU Jean-Jacques Rousseau	125
Miramas	EP PU Village	24	Vitrolles	EP PU Les Pinchinades	138
Mollégès	EP PU Molleges	165	Vitrolles	EP PU Plan de la Cour	166
Mollégès	EM PU Molleges	101	Vitrolles	EP PU La Conque	145
Mouriès	EP PU Louis Pasteur	209	Vitrolles	EP PU Lucie Aubrac	159
Mouriès	EM PU Mouries	105	Vitrolles	EP PU Pablo Picasso	121
Noves	EP PRe Saint-Joseph	77	Vitrolles	EP PU Jean de la Fontaine	130
Noves	EP PU Paluds de Noves	114	Vitrolles	EP PU Prairial	144
Noves	EP PU Jules Ferry	223	Vitrolles	EP PU Jules Raimu	228
Noves	EM PU RéPU (La)	147	Vitrolles	EP PU Francine Claret Mateos	128
Orgon	EP PU Orgon	162	Vitrolles	EP PU Georges Lapierre	149
Orgon	EM PU Louis Rostand	93	Vitrolles	EP PU Louis Pergaud	134
Paradou	EP PU Paradou	108	Vitrolles	EP PU MartinEMorin	235
Pélissanne	EP PU Vincent Garcin	147	Vitrolles	EP PU Paul Cézanne	116
Pélissanne	EP PU Enjouvenes	182	Vitrolles	EP PU Paul Gauguin	165
Pélissanne	EP PU Yvette Besson	167	Vitrolles	EP PU Victor Martin	264
Pélissanne	EP PRe Jeanne d'Arc	168	Vitrolles	EP PU Vignettes (Les)	160
Pélissanne	EP PU Plan de Clavel	181	Vitrolles	EM PU Jean de la Fontaine	81
Pélissanne	EM PU Parc Roux de Brignoles	108	Vitrolles	EM PU Georges Lapierre	80

Communes (suite et fin)	Nom de l'Etablissement	Effectif	Communes	Nom de l'Etablissement	Effectif
Pélissanne	EM PU Plan de Clavel	83	Vitrolles	EM PU Paul Gauguin	106
Pélissanne	EM PU Enjouvenes	130	Vitrolles	EM PU MartinEMorin	135
Plan-d'Orgon	EP PU Plan d'Orgon	200	Vitrolles	EM PU Frédéric Mistral	170
Plan-d'Orgon	EM PU Plan d'Orgon	130	Vitrolles	EM PU Pinchinades (Les)	83
Port de Bouc	EP PU Marcel Pagnol	144	Vitrolles	EM PU Lucie Aubrac	121
Port de Bouc	EP PU Romain Rolland	314	Vitrolles	EM PU Pablo Picasso	78
Port de Bouc	EP PU Anatole France	264	Vitrolles	EM PU Prairial	81
Port de Bouc	EP PU Jean Jaurès	106	Vitrolles	EM PU F. Claret Mateos	78
Port de Bouc	EP PU Victor Hugo	101	Vitrolles	EM PU Paul Cézanne	90
Port de Bouc	EM PU Louise Michel / Andrea Gaultier	98	Vitrolles	EM PU Plan de la Cour	111
Port de Bouc	EM PU Lucia Tichadou	142	Vitrolles	EM PU Vignettes (Les)	99
Port de Bouc	EM PU Marcel Pagnol	71	Vitrolles	EM PU Jean-Jacques Rousseau	87
Port de Bouc	EM PU Marguerite Blouvat	131	Vitrolles	EM PU La Conque	99
Port de Bouc	EM PU Victor Hugo	69	Vitrolles	EM PU Louis Pergaud	109
Port de Bouc	EM PU Josette Reibaut	144	Vitrolles	EM PU Jules Raimu	135

- **Adolescents scolarisés**

Tableau 38 : Liste des collèges situés dans la zone d'étude

Communes	Nom du collège	Effectif
Arles	Collège Ampère	566
Arles	Collège Frédéric Mistral	605
Arles	Collège Robert Morel	660
Arles	Collège Saint-Charles	578
Arles	Collège Vincent Van Gogh	742
Berre-l'Étang	Collège Fernand Léger	626
Châteauneuf-les-Martigues	Collège les Amandeirets	632
Châteaurenard	Collège Roquecoquille	828
Châteaurenard	Collège Saint-Joseph	437
Eyguières	Collège Lucie Aubrac	633
La Fare-les-Oliviers	Collège Louis Leprince-Ringuet	701
Fos-sur-Mer	Collège André Malraux	882
Gignac-la-Nerthe	Collège Le Petit Prince	671
Gignac-la-Nerthe	Collège Saint-Louis	377
Istres	Collège Alain Savary	690
Istres	Collège Alphonse Daudet	578
Istres	Collège Elie Coutarel	730
Istres	Collège Louis Pasteur	660
Mallemort	Collège Collines Durance	577
Marignane	Collège Emilie de Mirabeau	781
Marignane	Collège Georges Brassens	718
Marignane	Collège Sainte-Marie	635
Martigues	Collège Gérard Philipe	471
Martigues	Collège Henri Wallon	468
Martigues	Collège Honoré Daumier	522
Martigues	Collège Marcel Pagnol	467
Miramas	Collège Albert Camus	523
Miramas	Collège La Carraire	385

Communes (suite)	Nom du collège	Effectif
Miramas	Collège Miramaris	425
Orgon	Collège Mont-Sauvy	633
Pélissanne	Collège Roger Carcassonne	665
Port-de-Bouc	Collège Frédéric Mistral	374
Port-de-Bouc	Colège Paul Eluard	521
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Collège Maximilien Robespierre	540
Rognac	Collège Commandant Cousteau	633
Rognonas	Collège Alpilles-Durance	332
Saint-Andiol	Collège Françoise Dolto	604
Saint-Chamas	Collège René Seyssaud	494
Saint-Martin-de-Crau	Collège Charloun Rieu	920
Saint-Rémy-de-Provence	Collège Glanum	770
Saint-Victoret	Collège Jacques Prévert	598
Salon-de-Provence	Collège Jean Bernard	660
Salon-de-Provence	Collège Jean Moulin	523
Salon-de-Provence	Collège Joseph d'Arbaud	920
Salon-de-Provence	Collège Viala Lacoste	553
Salon-de-Provence	Collège La Présentation	710
Sausset-les-Pins	Collège Pierre Matraja	803
Tarascon	Collège René Cassin	756
Tarascon	Collège Sainte-Marthe	228
Velaux	Collège Roquepertuse	773
Vitrolles	Collège Camille Claudel	441
Vitrolles	Collège Henri Bosco	742
Vitrolles	Collège Henri Fabre	572
Vitrolles	Collège Simone de Beauvoir	528

- **Personnes âgées**

Tableau 39 : Liste des foyers et maisons de retraite situées sur la zone d'étude

Communes	Nom de l'établissement	Effectif
Arles	Résidence Griffeuille	90
Barbentane	Résidence La Montagnette	55
Les-Baux-de-Provence	Résidence Le Mes de Mai	28
Châteaurenard	Résidence Les Baumes	-
Châteaurenard	Résidence Le Clos Réginel	-
Istres	Résidence Edilys	96
Marignane	Foyer résidence Les Maisons du Soleil	72
Miramas	Résidence Les Jardins Fleuris	80
Rognonas	Résidence Foyer La Ben Vengudo	56
Saint-Rémy-de-Provence	Résidence Mas de Sarret	65
Salon-de-Provence	Résidence l'Ensouleiado	-
Salon-de-Provence	Logement Foyer M. Lyon	14
Tarascon	Résidence La Margarido	-
Arles	EHPAD Les Tournesols	76
Arles	EHPAD Résidence Sauvaire	52
Arles	Enclos Saint Césaire	60
Arles	EHPAD Les Iris	86
Arles	EHPAD Public du Lac	106
Arles	EHPAD Public Jeanne Calment	67

Communes (suite)	Nom de l'établissement	Effectif
Barbentane	EHPAD PUB La Raphaele de Barbentane	27
Les-Baux-de-Provence	EHPAD La Bastide du Chevrier	42
Berre-l'Étang	MDR Les Jardins de Maurin	51
Cabannes	EHPAD Intercommunal La Durance	38
Charleval	EHPAD Résidence Les Pins	60
Châteauneuf-les-Martigues	EHPAD La Bastide	84
Châteauneuf-les-Martigues	EHPAD Résidence Les Temps Bleus	-
Châteaurenard	EHPAD Public Canto Cigalo	85
Eyragues	Un Hameau Pour la Retraite	93
La Fare-les-Oliviers	EHPAD Public Saint Jean	60
Fontvieille	EHPAD Henri Bellon	31
Fos-sur-Mer	EHPAD Les Jardins du Mazet	80
Grans	EHPAD Résidence Saint Antoine	28
Istres	EHPAD MDR PUB d'Istres Les Cardalines	82
Istres	EHPAD Amaryllis	80
Maillane	EHPAD Ousteau Di Daillan	68
Mallemort	EHPAD Résidence Les Lavandins	21
Mallemort	Maison de Retraite La Loinfontaine	41
Marignane	EHPAD Les Amandier	80
Marignane	EHPAD Marignane Résidence	65
Marignane	Maison de Retraite PUB de Marignane	82
Martigues	EHPAD Du CH de Martigues	24
Martigues	EHPAD Résidence Les Joncas	65
Martigues	EHPAD Val Soleil	94
Maussane-les-Alpilles	EHPAD Public Vallée des Baux	55
Maussane-les-Alpilles	Maison de Retraite Jardins de Cybele	70
Miramas	EHPAD Les Jardins de La Crau	80
Noves	MDR Publique intercommunale La Durance	78
Pélissanne	EHPAD Résidence Clos Saint Martin	80
Plan-d'Orgon	EHPAD L'Oustalet	42
Port de Bouc	EHPAD La Presqu'ile	66
Port-Saint-Louis-du-Rhône	EHPAD Les Magnolias	46
Rognac	EHPAD Rognac Résidence	69
Saint-Chamas	EHPAD Public La Pastourello	94
St-Etienne-du-Grès	EHPAD Res La Mourgue des Alpilles	84
Saint-Martin-de-Crau	EHPAD La Rimandière	84
Saint-Rémy-de-Provence	EHPAD Les Oliviers	27
Saint-Rémy-de-Provence	EHPAD Publique Saint Rémy de Provence	125
Saint-Victoret	EHPAD La Filosette	80
Salon-de-Provence	EHPAD Enclos Saint Léon	72
Salon-de-Provence	EHPAD L'Amandière	85
Salon-de-Provence	EHPAD L'Esterel	93
Salon-de-Provence	EHPAD Verte Prairie	85
Salon-de-Provence	EHPAD du CH de Salon de Provence	57
Sénas	EHPAD Résidence Le Grand Pré	99
Tarascon	EHPAD Public Clerc de Molières	111
Velaux	EHPAD Résidence l'Arbois	80
Vitrolles	La Bastide des Oliviers	160
Vitrolles	Maison de retraite les Alpilles	119

- **Personnes fréquentant les établissements sanitaires et sociaux**

Tableau 40 : Liste des établissements sanitaires et sociaux

Communes	Nom de l'établissement	Effectif
Istres	Foyer de vie Le Mas des Aiguebelles	42
Istres	Accueil de Jour A.R.F.	12
Martigues	Accueil de Jour Alzheimer du CH	8
Salon-de-Provence	Accueil de Jour Alzheimer CH Salon	12
Berre-l'Étang	Centre Santé Médical Pierre Gabrielli	-
Martigues	Centre Santé Médical de Martigues	-
Miramas	Centre Santé Médical ZAC St-Suspy	-
Port de Bouc	Centre Santé Médical Michel Borio	-
Port-Saint-Louis-du-Rhône	Centre Santé Médical Joliot-Curie	-
Saint-Rémy-de-Provence	HJ Pole Avignon Sud Durance	-
Salon-de-Provence	CHS Montperrin HJ Villa Blanche S19	-
Vitrolles	CHS Montperrin CPI Vitrolles S7	-
Vitrolles	CMP Villa Mélodie	-
Martigues	Centre Médico-social Cantoperdrix	-
Arles	CH Joseph Imbert D'Arles	-
Martigues	CH de Martigues Hôpital du Vallon	-
Martigues	CH de Martigues Hôpital des Rayettes	-
Port de Bouc	CH De Martigues HJ Secteurs 24-25	-
Port-Saint-Louis-du-Rhône	CMP de Port Saint Louis du Rhône	-
Salon-de-Provence	CH Salon de Provence	-
Tarascon	Hôpital Local de Tarascon	-
Martigues	Clinique chirurgicale de Martigues	-
Arles	Clinique Jean Paoli	-
Arles	Clinique Jeanne d'Arc	-
Istres	Clinique de l'étang de l'Olivier	-
Marignane	Clinique générale de Marignane	-
Eyguières	Centre Cardio vasculaire Notre Dame	-
Saint-Rémy-de-Provence	Clinique les Alpilles	-
Salon-de-Provence	Clinique Vignoli	-
Tarascon	Hôpitaux des Portes de Camargue SLD	-
Istres	EEAP Les Heures Claires	15
Marignane	EEAP L'Envol	36
Arles	FAM Le Hameau du Phare	65
Pélissanne	FAM La Route du Sel	27
Salon-de-Provence	Foyer d'accueil médicalisé La Sauvado	36
Rognac	FAM Les Bories	30
Arles	Foyer de Vie Le Mas Saint-Pierre	60
Châteauneuf-les-Martigues	Foyer Raymond Jacquemus	20
Lançon-Provence	Foyer de Vie Bois Joli	44
Marignane	Foyer de Vie l'Envol	28
Saint-Chamas	Foyer de vie Les Alcides	94
Salon-de-Provence	Foyer de vie Lou Calen	42
Velaux	Foyer de Vie Mon Village	54
Marignane	Foyer hébergement EAST La Garrigue	40
Martigues	Foyer Hébergement regroupé	8
Martigues	Foyer l'Adret	40
Salon-de-Provence	Foyer d'hébergement Hand. La Sousto	24
Ventabren	Foyer Peyreplantade	17
Salon-de-Provence	Intern. La Pinède-ime Les Cyprès	20

- **Personnes exerçant une activité physique**

Tableau 41 : Liste des lieux sportifs

Communes	Nom établissement	Communes	Nom établissement
Alleins	Stade du Bastidon	Marignane	Gymnase Saint Pierre
Arles	Plage	Marignane	Gymnase Marie Curie
Barbentane	Stade Le Pigeonnier	Marignane	Gymnase de Bolmon
Les-Baux-de-Provence	Ensemble Sportif	Marignane	Stade Saint-Exupéry
Les-Baux-de-Provence	Golf des Baux de Provence	Martigues	plages
Berre-l'Étang	Stade Roger Martin	Maussane-les-Alpilles	piscine municipale
Berre-l'Étang	Stade des Gordes	Miramas	Gymnase municipal
Berre-l'Étang	Piscine Municipale Claude Jouve	Miramas	Piscine Couverte
Boulbon	Stade Municipal	Miramas	Golf Club de Miramas
Cabannes	Complexe sportif	Miramas	Stade des Molières
Charleval	Tennis Club de Charleval	Miramas	Stade Francis Méano
Charleval	Piscine des Bois	Miramas	Stade du Couvent
Châteauneuf-les-Martigues	Gymnase du Grand-Jas	Mollégès	stade + tennis
Châteauneuf-les-Martigues	Espace Michel-Blasco - Gymnase	Mouriès	Golf Country Club
Châteauneuf-les-Martigues	Le Cosec	Noves	Stade du Moulin Arènes
Châteauneuf-les-Martigues	Stade Parfait-Blanc	Noves	Stade des Journettes
Châteauneuf-les-Martigues	Stade municipal de La Mède	Orgon	Stade Municipal
Châteauneuf-les-Martigues	Stade des Amanderaies	Pélissanne	plages
Châteaurenard	Complexe Pierre de Coubertin	Port de Bouc	plages
Châteaurenard	piscine municipale	Port-Saint-Louis-du-Rhône	Stade
Ensuès-la-Redonne	Complexe sportif	Rognac	complexe Jean Monnet
Ensuès-la-Redonne	Stade municipal	Rognac	piscine
Eyguières	piscine municipale	Rognac	Stade Henri Giraud
Eyguières	Stade André Lombard	Rognonas	Stade
Eyragues	Stade + tennis	Le Rove	gymnase municipal
La Fare-les-Oliviers	Stade Xavier Foubert	Le Rove	Stade Municipal
Fontvieille	piscine municipale	Saint-Andiol	Stade
Fos-sur-Mer	Etoile Sportive Fosséenne	Saint-Chamas	Stade du Molleton
Fos-sur-Mer	Gymnase de la Roquette	St-Etienne-du-Grès	Stade
Fos-sur-Mer	piscine	Saintes-Maries-de-la-Mer	Stade
Fos-sur-Mer	Stade Parsemain	Saint-Martin-de-Crau	piscine municipale
Fos-sur-Mer	Stade de l'Allée des Pins	Saint-Martin-de-Crau	Stade Marius Combier
Fos-sur-Mer	Stade du Marais	Saint-Mitre-les-Remparts	Complexe sportif René Jauras
Gignac-la-Nerthe	Halle des Sports	Saint-Rémy-de-Provence	Stade de la Petite Crau
Gignac-la-Nerthe	Stade Georges Carnus	Saint-Rémy-de-Provence	piscine
Grans	Stade Municipal	Saint-Victoret	Gymnase Clamony
Graveson	Stade municipal	Salon-de-Provence	plages
Istres	Stade nautique	Sausset-les-Pins	Stade Michel Hidalgo
Istres	Le gymnase	Sausset-les-Pins	gymnase Alain Calmat
Istres	Complexe sportif	Sausset-les-Pins	Golf Practice Côte Bleue
Istres	Stade A. Delerue	Sénas	Stade
Istres	Stade Bernard Bardin	Tarascon	stade provençal
Lamanon	Stade Municipal	Tarascon	gymnase municipal
Lançon-Provence	Gymnase Val de Sibourg	Velaux	salle omnisports Bastide Bertin
Lançon-Provence	piscine municipale	Velaux	Stade Municipal
Lançon-Provence	Stade Bernard Casoni	Ventabren	Stade
Maillane	stade	Vitrolles	Le temple du Foot
Mallemort	Golf international	Vitrolles	base nautique municipale
Mallemort	piscine municipale	Vitrolles	piscine des hermès
Mallemort	Stade municipal	Vitrolles	Foot Inside
Mallemort	Gymnase municipal	Vitrolles	gymnase Carpentier

Communes (suite)	Nom établissement	Communes	Nom établissement
Marignane	Complexe sportif	Vitrolles	Cheval et nature
Marignane	Gymnase Le Carestier	Vitrolles	Piscine du pays d'Aix Alex Jany
Marignane	Piscine des Cannetons	Vitrolles	Association du Fleurogolf
Communes	Nom établissement	Vitrolles	Stade Jules Ladoumègues

Annexe 2 : Exploitation des résultats de mesures relatives aux dioxines-furanes

Tableau 42 : Récapitulatif des résultats traités pour les mesures IQGL010, IQGL011 et IQGL012

Congénère (IQGL010)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme Gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	5.801	3.851864	1.949136	5.801	5.6%	Total TCDD	562
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	19.274	2.255058	17.018942	19.274	18.8%	Total PeCDD	1247
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	25.8889	0.06213336	2.52675664	2.58889	2.5%	Total HxCDD	802
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	67.2746	0.19509634	6.53236366	6.72746	6.5%	Total HpCDD	887
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	66.9869	0.10717904	6.59151096	6.69869	6.5%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	472.5322	0.01417597	4.71114603	4.725322	4.6%		
OCDD	0.001	0.002	894.4657	0.00178893	0.89267677	0.8944657	0.9%		
Bilan Dioxines			**1552.22**					**Total PCDD**	4392
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	52.8166	4.0668782	1.2147818	5.28166	5.1%	Total TCDF	1526
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	42.9134	0.57503956	1.57063044	2.14567	2.1%	Total PeCDF	872
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	59.0307	6.52289235	22.9924577	29.51535	28.7%	Total HxCDF	531
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	45.887	0.2248463	4.3638537	4.5887	4.5%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	47.7152	0.24811904	4.52340096	4.77152	4.6%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	62.5707	0.34413885	5.91293115	6.25707	6.1%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	17.0684	0.1536156	1.5532244	1.70684	1.7%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	151.5315	0.01515315	1.50016185	1.515315	1.5%	Total HpCDF	267
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	17.9372	0.0102242	0.1691478	0.179372	0.2%		
OCDF	0.001	0.002	86.5539	0.00017311	0.08638079	0.0865539	0.1%	**Total PCDF**	3282
Bilan Furannes			**584.02**						
Somme				**18.65**	**84.11**	**102.75**			**7674**
Moyenne				**18%**	**82%**	**1.3%**			

Congénère (IQGL011)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme Gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	28.1838	18.7140432	9.4697568	28.1838	11.7%	Total TCDD	931
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	52.3639	6.1265763	46.2373237	52.3639	21.8%	Total PeCDD	1124
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	48.2638	0.11583312	4.71054688	4.82638	2.0%	Total HxCDD	1630
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	156.6417	0.45426093	15.2099091	15.66417	6.5%	Total HpCDD	2051
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	104.9108	0.16785728	10.3232227	10.49108	4.4%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	1160.4883	0.03481465	11.5700684	11.604883	4.8%		
OCDD	0.001	0.002	1942.9027	0.00388581	1.93901689	1.9429027	0.8%		
Bilan Dioxines			**3493.76**					**Total PCDD**	7680
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	94.8356	7.3023412	2.1812188	9.48356	3.9%	Total TCDF	2837
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	61.943	0.8300362	2.2671138	3.09715	1.3%	Total PeCDF	1460
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	130.1531	14.3819176	50.6946325	65.07655	27.1%	Total HxCDF	863
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	85.418	0.4185482	8.1232518	8.5418	3.6%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	96.1933	0.50020516	9.11912484	9.61933	4.0%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	122.6681	0.67467455	11.5921355	12.26681	5.1%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	33.4548	0.3010932	3.0443868	3.34548	1.4%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	285.4208	0.02854208	2.82566592	2.854208	1.2%	Total HpCDF	632
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	52.9885	0.03020345	0.49968156	0.529885	0.2%		
OCDF	0.001	0.002	206.3393	0.00041268	0.20592662	0.2063393	0.1%	**Total PCDF**	5998
Bilan Furannes			**1169.41**						
Somme				**50.09**	**190.01**	**240.10**			13678
Moyenne				**21%**	**79%**	**1.8%**			

Congénère (IQGL012)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme Gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	10.2254	6.7896656	3.4357344	10.2254	4.0%	Total TCDD	1118
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	45.7685	5.3549145	40.4135855	45.7685	18.1%	Total PeCDD	1495
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	54.9667	0.13192008	5.36474992	5.49667	2.2%	Total HxCDD	1651
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	135.3973	0.39265217	13.1470778	13.53973	5.3%	Total HpCDD	3165
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	227.281	0.3636496	22.3644504	22.7281	9.0%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	1675.4865	0.0502646	16.7046004	16.754865	6.6%		
OCDD	0.001	0.002	4185.8387	0.00837168	4.17746702	4.1858387	1.7%		
Bilan Dioxines			**6334.96**					**Total PCDD**	11615
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	122.7772	9.4538444	2.8238756	12.27772	4.8%	Total TCDF	1980
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	78.8842	1.05704828	2.88716172	3.94421	1.6%	Total PeCDF	1693
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	136.983	15.1366215	53.3548785	68.4915	27.0%	Total HxCDF	1333
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	121.0076	0.59293724	11.5078228	12.10076	4.8%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	95.0052	0.49402704	9.00649296	9.50052	3.8%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	142.1416	0.7817788	13.4323812	14.21416	5.6%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	83.7894	0.7541046	7.6248354	8.37894	3.3%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	462.7654	0.04627654	4.58137746	4.627654	1.8%	Total HpCDF	985
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	81.5765	0.04649861	0.7692664	0.815765	0.3%		
OCDF	0.001	0.002	249.6418	0.00049928	0.24914252	0.2496418	0.1%	**Total PCDF**	6240
Bilan Furannes			**1574.57**						
Somme				**41.46**	**211.84**	**253.30**			17855
Moyenne				**16%**	**84%**	**1.4%**			

Tableau 43 : Récapitulatif des résultats traités pour les mesures IQHB001, IQHB002, IQHB003

Congénère (IQHB001)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	14.4903	9.6215592	4.8687408	14.4903	7.7%	Total TCDD	538
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	69.5957	8.1426969	61.4530031	69.5957	36.9%	Total PeCDD	763
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	43.1799	0.10363176	4.21435824	4.31799	2.3%	Total HxCDD	1578
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	175.2943	0.50835347	17.0210765	17.52943	9.3%	Total HpCDD	2219
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	125.4336	0.20069376	12.3426662	12.54336	6.7%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	1302.6355	0.03907907	12.9872759	13.026355	6.9%		
OCDD	0.001	0.002	1462.5399	0.00292508	1.45961482	1.4625399	0.8%		
Bilan Dioxines			**3193.17**					**Total PCDD**	6560
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	53.2869	4.1030913	1.2255987	5.32869	2.8%	Total TCDF	1523
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	37.1845	0.4982723	1.3609527	1.859225	1.0%	Total PeCDF	813
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	58.1048	6.4205804	22.6318196	29.0524	15.4%	Total HxCDF	493
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	44.5775	0.21842975	4.23932025	4.45775	2.4%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	46.9534	0.24415768	4.45118232	4.69534	2.5%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	55.9102	0.3075061	5.2835139	5.59102	3.0%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	23.6525	0.2128725	2.1523775	2.36525	1.3%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	167.9883	0.01679883	1.66308417	1.679883	0.9%	Total HpCDF	333
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	36.3175	0.02070098	0.34247403	0.363175	0.2%		
OCDF	0.001	0.002	102.6042	0.00020521	0.10239899	0.1026042	0.1%		
Bilan Furannes			**626.58**					**Total PCDF**	3264
Somme				**30.66**	**157.80**	**188.46**			9824
Moyenne				16%	84%	1.9%			

Congénère (IQHB002)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	7.677	5.097528	2.579472	7.677	6.7%	Total TCDD	363
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	31.3487	3.6677979	27.6809021	31.3487	27.3%	Total PeCDD	447
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	24.9197	0.05980728	2.43216272	2.49197	2.2%	Total HxCDD	1031
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	108.017	0.3132493	10.4884507	10.8017	9.4%	Total HpCDD	1821
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	34.8528	0.05576448	3.42951552	3.48528	3.0%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	1095.6908	0.03287072	10.9240373	10.956908	9.6%		
OCDD	0.001	0.002	1299.0407	0.00259808	1.29644262	1.2990407	1.1%		
Bilan Dioxines			**2601.55**					**Total PCDD**	4961
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	34.84	2.68268	0.80132	3.484	3.0%	Total TCDF	1115
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	29.7383	0.39849322	1.08842178	1.486915	1.3%	Total PeCDF	679
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	50.3469	5.56333245	19.6101176	25.17345	22.0%	Total HxCDF	456
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	37.6783	0.18462367	3.58320633	3.76783	3.3%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	42.6595	0.2218294	4.0441206	4.26595	3.7%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	46.084	0.253462	4.354938	4.6084	4.0%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	21.0265	0.1892385	1.9134115	2.10265	1.8%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	129.4892	0.01294892	1.28194308	1.294892	1.1%	Total HpCDF	279
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	30.7299	0.01751604	0.28978296	0.307299	0.3%		
OCDF	0.001	0.002	88.7785	0.00017756	0.08860094	0.0887785	0.1%		
Bilan Furannes			**511.37**					**Total PCDF**	2619
Somme				**18.75**	**95.89**	**114.64**			7580
Moyenne				16%	84%	1.5%			

Congénère (IQHB003)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	2.2418	1.4885552	0.7532448	2.2418	2.8%	Total TCDD	338
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	16.6344	1.9462248	14.6881752	16.6344	20.5%	Total PeCDD	246
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	18.016	0.0432384	1.7583616	1.8016	2.2%	Total HxCDD	616
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	49.5714	0.14375706	4.81338294	4.95714	6.1%	Total HpCDD	889
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	42.2162	0.06754592	4.15407408	4.22162	5.2%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	477.7784	0.01433335	4.76345065	4.777784	5.9%		
OCDD	0.001	0.002	744.9399	0.00148988	0.74345002	0.7449399	0.9%		
Bilan Dioxines			**1351.40**					**Total PCDD**	2834
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	27.1643	2.0916511	0.6247789	2.71643	3.3%	Total TCDF	965
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	16.5987	0.22242258	0.60751242	0.829935	1.0%	Total PeCDF	504
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	51.6893	5.71166765	20.1329824	25.84465	31.9%	Total HxCDF	407
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	39.2345	0.19224905	3.73120095	3.92345	4.8%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	37.2255	0.1935726	3.5289774	3.72255	4.6%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	47.5986	0.2617923	4.4980677	4.75986	5.9%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	17.1238	0.1541142	1.5582658	1.71238	2.1%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	183.2389	0.01832389	1.81406511	1.832389	2.3%	Total HpCDF	335
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	30.2318	0.01723213	0.28508587	0.302318	0.4%		
OCDF	0.001	0.002	112.733	0.00022547	0.11250753	0.112733	0.1%		
Bilan Furannes			**562.84**					**Total PCDF**	2324
Somme				**12.57**	**68.57**	**81.14**			5158
Moyenne				15%	85%	1.6%			

Tableau 44 : Synthèse des résultats traités pour les mesures IQHC001 à IQHC004

Congénère (IQHC001)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	3.7652	2.5000928	1.2651072	3.7652	5.1%	Total TCDD	79
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	10.3894	1.2155598	9.1738402	10.3894	14.1%	Total PeCDD	113
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	11.0385	0.0264924	1.0773576	1.10385	1.5%	Total HxCDD	263
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	35.6992	0.10352768	3.46639232	3.56992	4.9%	Total HpCDD	428
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	33.4936	0.05358976	3.29577024	3.34936	4.6%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	225.6998	0.00677099	2.25022701	2.256998	3.1%		
OCDD	0.001	0.002	426.4363	0.00085287	0.42558343	0.4264363	0.6%		
Bilan Dioxines			**746.52**					**Total PCDD**	1309
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	46.5823	3.5868371	1.0713929	4.65823	6.3%	Total TCDF	464
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	16.7388	0.22429992	0.61264008	0.83694	1.1%	Total PeCDF	293
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	42.6004	4.7073442	16.5928558	21.3002	29.0%	Total HxCDF	376
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	45.4705	0.22280545	4.32424455	4.54705	6.2%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	46.721	0.2429492	4.4291508	4.6721	6.4%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	82.6583	0.45462065	7.81120935	8.26583	11.2%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	23.9888	0.2158992	2.1829808	2.39888	3.3%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	163.3764	0.01633764	1.61742636	1.633764	2.2%	Total HpCDF	268
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	27.3382	0.01558277	0.25779923	0.273382	0.4%		
OCDF	0.001	0.002	88.6354	0.00017727	0.08845813	0.0886354	0.1%		
Bilan Furannes			**584.11**					**Total PCDF**	1489
Somme				**13.59**	**59.94**	**73.53**			2798
Moyenne				18%	82%	2.6%			

Congénère (IQHB002)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	3.5701	2.3705464	1.1995536	3.5701	6.2%	Total TCDD	226
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	14.3424	1.6780608	12.6643392	14.3424	24.7%	Total PeCDD	201
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	14.5772	0.03498528	1.42273472	1.45772	2.5%	Total HxCDD	273
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	24.9403	0.07232687	2.42170313	2.49403	4.3%	Total HpCDD	284
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	17.3593	0.02777488	1.70815512	1.73593	3.0%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	152.032	0.00456096	1.51575904	1.52032	2.6%		
OCDD	0.001	0.002	325.816	0.00065163	0.32516437	0.325816	0.6%		
Bilan Dioxines			**552.64**					**Total PCDD**	1310
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	35.8482	2.7603114	0.8245086	3.58482	6.2%	Total TCDF	834
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	23.3276	0.31258984	0.85379016	1.16638	2.0%	Total PeCDF	390
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	31.8354	3.5178117	12.3998883	15.9177	27.4%	Total HxCDF	287
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	27.7007	0.13573343	2.63433657	2.77007	4.8%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	25.0399	0.13020748	2.37378252	2.50399	4.3%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	32.3692	0.1780306	3.0588894	3.23692	5.6%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	21.6705	0.1950345	1.9720155	2.16705	3.7%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	92.7875	0.00927875	0.91859625	0.927875	1.6%	Total HpCDF	166
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	18.7093	0.0106643	0.1764287	0.187093	0.3%		
OCDF	0.001	0.002	90.3367	0.00018067	0.09015603	0.0903367	0.2%		
Bilan Furannes			**399.63**					**Total PCDF**	1768
Somme				**11.44**	**46.56**	**58.00**			3078
Moyenne				20%	80%	1.9%			

Congénère (IQHC003)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	11.0607	7.3443048	3.7163952	11.0607	5.7%	Total TCDD	1078
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	51.7514	6.0549138	45.6964862	51.7514	26.7%	Total PeCDD	1274
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	31.5561	0.07573464	3.07987536	3.15561	1.6%	Total HxCDD	1223
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	86.6668	0.25133372	8.41534628	8.66668	4.5%	Total HpCDD	1086
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	66.5472	0.10647552	6.54824448	6.65472	3.4%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	616.1108	0.01848332	6.14262468	6.161108	3.2%		
OCDD	0.001	0.002	1020.1851	0.00204037	1.01814473	1.0201851	0.5%		
Bilan Dioxines			**1883.88**					**Total PCDD**	5682
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	86.2845	6.6439065	1.9845435	8.62845	4.4%	Total TCDF	2621
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	71.4594	0.95755596	2.61541404	3.57297	1.8%	Total PeCDF	1331
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	119.2486	13.1769703	46.4473297	59.6243	30.7%	Total HxCDF	874
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	91.6766	0.44921534	8.71844466	9.16766	4.7%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	77.4855	0.4029246	7.3456254	7.74855	4.0%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	112.6987	0.61984285	10.6500272	11.26987	5.8%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	32.6504	0.2938536	2.9711864	3.26504	1.7%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	174.5466	0.01745466	1.72801134	1.745466	0.9%	Total HpCDF	347
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	35.3333	0.02013998	0.33319302	0.353333	0.2%		
OCDF	0.001	0.002	93.9013	0.0001878	0.0937135	0.0939013	0.0%		
Bilan Furannes			**895.28**					**Total PCDF**	5267
Somme				**36.44**	**157.50**	**193.94**			10949
Moyenne				19%	81%	1.8%			

Congénère (IQHC004)	I-TEF (OMS - 1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	8.3099	5.5177736	2.7921264	8.3099	7.7%	Total TCDD	445
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	26.0959	3.0532203	23.0426797	26.0959	24.3%	Total PeCDD	570
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	28.1398	0.06753552	2.74644448	2.81398	2.6%	Total HxCDD	556
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	53.4004	0.15486116	5.18517884	5.34004	5.0%	Total HpCDD	686
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	41.3656	0.06618496	4.07037504	4.13656	3.9%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	381.0251	0.01143075	3.79882025	3.810251	3.5%		
OCDD	0.001	0.002	646.0244	0.00129205	0.64473235	0.6460244	0.6%		
Bilan Dioxines			**1184.36**					**Total PCDD**	2903
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	50.5647	3.8934819	1.1629881	5.05647	4.7%	Total TCDF	1522
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	48.2278	0.64625252	1.76513748	2.41139	2.2%	Total PeCDF	669
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	62.5177	6.90820585	24.3506442	31.25885	29.1%	Total HxCDF	513
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	39.7634	0.19484066	3.78149934	3.97634	3.7%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	43.158	0.2244216	4.0913784	4.3158	4.0%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	53.7163	0.29543965	5.07619035	5.37163	5.0%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	21.7105	0.1953945	1.9756555	2.17105	2.0%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	129.0251	0.01290251	1.27734849	1.290251	1.2%	Total HpCDF	237
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	25.4269	0.01449333	0.23977567	0.254269	0.2%		
OCDF	0.001	0.002	87.1215	0.00017424	0.08694726	0.0871215	0.1%		
Bilan Furannes			**561.23**					**Total PCDF**	3028
Somme				**21.26**	**86.09**	**107.35**			5931
Moyenne				20%	80%	1.8%			

Tableau 45 : Synthèse des résultats traités pour les mesures IQHE024 à IQHE027

Congénère (**IQHE024**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	0.25	0.166	0.084	0.25	0.3%	Total TCDD	993
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	0.5	0.0585	0.4415	0.5	0.5%	Total PeCDD	512
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	0.5	0.0012	0.0488	0.05	0.1%	Total HxCDD	651
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	52.6133	0.15257857	5.10875143	5.26133	5.7%	Total HpCDD	1507
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	0.5	0.0008	0.0492	0.05	0.1%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	602.5394	0.01807618	6.00731782	6.025394	6.6%		
OCDD	0.001	0.002	1442.9263	0.00288585	1.44004045	1.4429263	1.6%		
Bilan Dioxines			**2098.08**					**Total PCDD**	5107
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	128.4972	9.8942844	2.9554356	12.84972	14.0%	Total TCDF	3097
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	33.8693	0.45384862	1.23961638	1.693465	1.8%	Total PeCDF	1192
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	70.9326	7.8380523	27.6282477	35.4663	38.6%	Total HxCDF	665
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	77.2366	0.37845934	7.34520066	7.72366	8.4%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	71.8599	0.37367148	6.81231852	7.18599	7.8%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	70.5651	0.38810805	6.66840195	7.05651	7.7%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	33.912	0.305208	3.085992	3.3912	3.7%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	279.0954	0.02790954	2.76304446	2.790954	3.0%	Total HpCDF	412
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	1	0.00057	0.00943	0.01	0.0%		
OCDF	0.001	0.002	174.3276	0.00034866	0.17397894	0.1743276	0.2%		
Bilan Furannes			**940.30**					**Total PCDF**	5540
Somme				**20.06**	**71.86**	**91.92**			10647
Moyenne				22%	78%	0.9%			

Congénère (**IQHE025**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	7.0631	4.6898984	2.3732016	7.0631	5.9%	Total TCDD	1696
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	21.2068	2.4811956	18.7256044	21.2068	17.6%	Total PeCDD	1045
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	13.883	0.0333192	1.3549808	1.3883	1.2%	Total HxCDD	705
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	29.1161	0.08443669	2.82717331	2.91161	2.4%	Total HpCDD	262
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	18.7135	0.0299416	1.8414084	1.87135	1.6%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	126.7931	0.00380379	1.26412721	1.267931	1.1%		
OCDD	0.001	0.002	199.2072	0.00039841	0.19880879	0.1992072	0.2%		
Bilan Dioxines			**415.98**					**Total PCDD**	3907
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	61.5592	4.7400584	1.4158616	6.15592	5.1%	Total TCDF	2554
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	52.2211	0.69976274	1.91129226	2.611055	2.2%	Total PeCDF	1269
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	107.7791	11.9095906	41.9799595	53.88955	44.8%	Total HxCDF	634
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	62.0648	0.30411752	5.90236248	6.20648	5.2%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	52.6605	0.2738346	4.9922154	5.26605	4.4%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	60.8719	0.33479545	5.75239455	6.08719	5.1%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	26.6156	0.2395404	2.4220196	2.66156	2.2%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	118.1768	0.01181768	1.16995032	1.181768	1.0%	Total HpCDF	235
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	14.6274	0.00833762	0.13793638	0.146274	0.1%		
OCDF	0.001	0.002	72.2864	0.00014457	0.07214183	0.0722864	0.1%		
Bilan Furannes			**628.86**					**Total PCDF**	4764
Somme				**25.84**	**94.34**	**120.19**			8671
Moyenne				22%	78%	1.4%			

Congénère (**IQHE026**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	3.5176	2.3356864	1.1819136	3.5176	14.2%	Total TCDD	144
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	4.2665	0.4991805	3.7673195	4.2665	17.2%	Total PeCDD	87
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	0.5	0.0012	0.0488	0.05	0.2%	Total HxCDD	64
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	3.7946	0.01100434	0.36845566	0.37946	1.5%	Total HpCDD	89
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	2.5184	0.00402944	0.24781056	0.25184	1.0%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	47.4481	0.00142344	0.47305756	0.474481	1.9%		
OCDD	0.001	0.002	147.2906	0.00029458	0.14699602	0.1472906	0.6%		
Bilan Dioxines			**208.84**					**Total PCDD**	531
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	22.1319	1.7041563	0.5090337	2.21319	8.9%	Total TCDF	364
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	16.6295	0.2228353	0.6086397	0.831475	3.4%	Total PeCDF	190
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	18.0896	1.9989008	7.0458992	9.0448	36.5%	Total HxCDF	91
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	11.2507	0.05512843	1.06994157	1.12507	4.5%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	9.0762	0.04719624	0.86042376	0.90762	3.7%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	7.6438	0.0420409	0.7223391	0.76438	3.1%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	5.7616	0.0518544	0.5243056	0.57616	2.3%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	18.0688	0.00180688	0.17888112	0.180688	0.7%	Total HpCDF	47
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	5.4946	0.00313192	0.05181408	0.054946	0.2%		
OCDF	0.001	0.002	14.6783	2.9357E-05	0.01464894	0.0146783	0.1%		
Bilan Furannes			**128.83**					**Total PCDF**	707
Somme				**6.98**	**17.82**	**24.80**			1238
Moyenne				28%	72%	2.0%			

Congénère (**IQHE027**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	0.25	0.166	0.084	0.25	0.9%	Total TCDD	221
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	0.5	0.0585	0.4415	0.5	1.8%	Total PeCDD	119
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	0.5	0.0012	0.0488	0.05	0.2%	Total HxCDD	77
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	12.1891	0.03534839	1.18356161	1.21891	4.3%	Total HpCDD	84
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	0.5	0.0008	0.0492	0.05	0.2%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	44.1133	0.0013234	0.4398096	0.441133	1.6%		
OCDD	0.001	0.002	78.3682	0.00015674	0.07821146	0.0783682	0.3%		
Bilan Dioxines			**134.67**					**Total PCDD**	580
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	37.653	2.899281	0.866019	3.7653	13.3%	Total TCDF	714
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	10.5909	0.14191806	0.38762694	0.529545	1.9%	Total PeCDF	304
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	31.3793	3.46741265	12.2222374	15.68965	55.5%	Total HxCDF	227
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	18.8262	0.09224838	1.79037162	1.88262	6.7%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	12.8253	0.06669156	1.21583844	1.28253	4.5%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	14.1808	0.0779944	1.3400856	1.41808	5.0%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	5.0386	0.0453474	0.4585126	0.50386	1.8%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	54.8116	0.00548116	0.54263484	0.548116	1.9%	Total HpCDF	109
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	4.954	0.00282378	0.04671622	0.04954	0.2%		
OCDF	0.001	0.002	33.0496	6.6099E-05	0.0329835	0.0330496	0.1%		
Bilan Furannes			**223.31**					**Total PCDF**	1388
Somme				**7.06**	**21.23**	**28.29**			1968
Moyenne				25%	75%	1.4%			

Tableau 46 : Synthèse des résultats traités pour les mesures IQHF012 à IQHF015

Congénère (**IQHF012**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	0.25	0.166	0.084	0.25	0.3%	Total TCDD	184
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	14.2116	1.6627572	12.5488428	14.2116	15.9%	Total PeCDD	126
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	19.0764	0.04578336	1.86185664	1.90764	2.1%	Total HxCDD	346
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	37.148	0.1077292	3.6070708	3.7148	4.2%	Total HpCDD	730
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	32.7554	0.05240864	3.22313136	3.27554	3.7%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	334.8636	0.01004591	3.33859009	3.348636	3.8%		
OCDD	0.001	0.002	501.3258	0.00100265	0.50032315	0.5013258	0.6%		
Bilan Dioxines			**939.38**					**Total PCDD**	1887
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	30.9398	2.3823646	0.7116154	3.09398	3.5%	Total TCDF	132
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	0.5	0.0067	0.0183	0.025	0.0%	Total PeCDF	173
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	58.2812	6.4400726	22.7005274	29.1406	32.7%	Total HxCDF	644
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	76.1304	0.37303896	7.24000104	7.61304	8.5%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	42.5996	0.22151792	4.03844208	4.25996	4.8%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	97.4482	0.5359651	9.2088549	9.74482	10.9%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	37.5982	0.3383838	3.4214362	3.75982	4.2%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	353.5924	0.03535924	3.50056476	3.535924	4.0%	Total HpCDF	642
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	46.1134	0.02628464	0.43484936	0.461134	0.5%		
OCDF	0.001	0.002	290.119	0.00058024	0.28953876	0.290119	0.3%		
Bilan Furanes			**1032.82**					**Total PCDF**	1880
Somme				**12.41**	**76.73**	**89.13**			3767
Moyenne				14%	86%	2.4%			

Congénère (**IQHF013**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	0.25	0.166	0.084	0.25	2.0%	Total TCDD	115
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	0.5	0.0585	0.4415	0.5	4.0%	Total PeCDD	120
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	0.5	0.0012	0.0488	0.05	0.4%	Total HxCDD	64
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	0.5	0.00145	0.04855	0.05	0.4%	Total HpCDD	122
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	0.5	0.0008	0.0492	0.05	0.4%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	61.8822	0.00185647	0.61696553	0.618822	4.9%		
OCDD	0.001	0.002	127.4076	0.00025482	0.12715278	0.1274076	1.0%		
Bilan Dioxines			**189.29**					**Total PCDD**	549
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	4.2702	0.3288054	0.0982146	0.42702	3.4%	Total TCDF	135
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	0.5	0.0067	0.0183	0.025	0.2%	Total PeCDF	92
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	12.884	1.423682	5.018318	6.442	51.4%	Total HxCDF	104
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	5.7768	0.02830632	0.54937368	0.57768	4.6%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	5.6406	0.02933112	0.53472888	0.56406	4.5%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	20.6836	0.1137598	1.9546002	2.06836	16.5%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	0.5	0.0045	0.0455	0.05	0.4%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	59.6538	0.00596538	0.59057262	0.596538	4.8%	Total HpCDF	258
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	7.121	0.00405897	0.06715103	0.07121	0.6%		
OCDF	0.001	0.002	69.3142	0.00013863	0.06917557	0.0693142	0.6%		
Bilan Furanes			**185.34**					**Total PCDF**	658
Somme				**2.18**	**10.36**	**12.54**			1207
Moyenne				17%	83%	1.0%			

Congénère (**IQHF014**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	0.25	0.166	0.084	0.25	1.3%	Total TCDD	38
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	0.5	0.0585	0.4415	0.5	2.6%	Total PeCDD	< 50
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	0.5	0.0012	0.0488	0.05	0.3%	Total HxCDD	< 50
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	3.299	0.0095671	0.3203329	0.3299	1.7%	Total HpCDD	58
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	0.5	0.0008	0.0492	0.05	0.3%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	51.8162	0.00155449	0.51660751	0.518162	2.7%		
OCDD	0.001	0.002	170.1056	0.00034021	0.16976539	0.1701056	0.9%		
Bilan Dioxines			**225.22**					**Total PCDD**	267
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	15.4478	1.1894806	0.3552994	1.54478	8.1%	Total TCDF	299
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	11.7916	0.15800744	0.43157256	0.58958	3.1%	Total PeCDF	104
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	18.5172	2.0461506	7.2124494	9.2586	48.8%	Total HxCDF	62
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	18.975	0.0929775	1.8045225	1.8975	10.0%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	16.3202	0.08486504	1.54715496	1.63202	8.6%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	16.0342	0.0881881	1.5152319	1.60342	8.5%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	0.5	0.0045	0.0455	0.05	0.3%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	49.1952	0.00491952	0.48703248	0.491952	2.6%	Total HpCDF	43
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	1	0.00057	0.00943	0.01	0.1%		
OCDF	0.001	0.002	18.7184	3.7437E-05	0.01868096	0.0187184	0.1%		
Bilan Furanes			**165.00**					**Total PCDF**	527
Somme				**3.91**	**15.06**	**18.96**			794
Moyenne				21%	79%	2.4%			

Congénère (**IQHF015**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	0.25	0.166	0.084	0.25	2.9%	Total TCDD	28
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	0.5	0.0585	0.4415	0.5	5.8%	Total PeCDD	< 50
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	0.5	0.0012	0.0488	0.05	0.6%	Total HxCDD	< 50
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	0.5	0.00145	0.04855	0.05	0.6%	Total HpCDD	82
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	0.5	0.0008	0.0492	0.05	0.6%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	85.9772	0.00257932	0.85719268	0.859772	10.0%		
OCDD	0.001	0.002	151.2044	0.00030241	0.15090199	0.1512044	1.7%		
Bilan Dioxines			**237.18**					**Total PCDD**	261
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	7.9852	0.6148604	0.1836596	0.79852	9.2%	Total TCDF	85
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	0.5	0.0067	0.0183	0.025	0.3%	Total PeCDF	< 50
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	4.2014	0.4642547	1.6364453	2.1007	24.3%	Total HxCDF	< 50
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	13.5782	0.06653318	1.29128682	1.35782	15.7%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	11.0976	0.05770752	1.05205248	1.10976	12.8%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	7.7538	0.0426459	0.7327341	0.77538	9.0%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	0.5	0.0045	0.0455	0.05	0.6%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	46.9892	0.00469892	0.46519308	0.469892	5.4%	Total HpCDF	65
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	1	0.00057	0.00943	0.01	0.1%		
OCDF	0.001	0.002	32.276	6.4552E-05	0.03221145	0.032276	0.4%		
Bilan Furanes			**123.88**					**Total PCDF**	182
Somme				**1.49**	**7.15**	**8.64**			443
Moyenne				17%	83%	2.0%			

Tableau 47 : Synthèse des résultats traités pour les mesures IQHG011 à IQHG013

Congénère (**IQHG011**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	0.25	0.166	0.084	0.25	1.3%	Total TCDD	164
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	10.7329	1.2557493	9.4771507	10.7329	54.7%	Total PeCDD	102
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	2.5826	0.00619824	0.25206176	0.25826	1.3%	Total HxCDD	110
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	7.5568	0.02191472	0.73376528	0.75568	3.8%	Total HpCDD	204
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	6.2498	0.00999968	0.61498032	0.62498	3.2%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	118.3872	0.00355162	1.18032038	1.183872	6.0%		
OCDD	0.001	0.002	184.9263	0.00036985	0.18455645	0.1849263	0.9%		
Bilan Dioxines			**330.44**					**Total PCDD**	765
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	15.9493	1.2280961	0.3668339	1.59493	8.1%	Total TCDF	422
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	0.5	0.0067	0.0183	0.025	0.1%	Total PeCDF	< 50
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	4.4156	0.4879238	1.7198762	2.2078	11.2%	Total HxCDF	94
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	5.7135	0.02799615	0.54335385	0.57135	2.9%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	2.6926	0.01400152	0.25525848	0.26926	1.4%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	2.3751	0.01306305	0.22444695	0.23751	1.2%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	0.5	0.0045	0.0455	0.05	0.3%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	58.7679	0.00587679	0.58180221	0.587679	3.0%	Total HpCDF	96
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	5.8615	0.00334106	0.05527395	0.058615	0.3%		
OCDF	0.001	0.002	44.5783	8.9157E-05	0.04448914	0.0445783	0.2%		
Bilan Furanes			**140.35**					**Total PCDF**	655
Somme				**3.26**	**16.38**	**19.64**			1420
Moyenne				17%	83%	1.4%			

Congénère (**IQHG012**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	0.25	0.166	0.084	0.25	0.8%	Total TCDD	116
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	0.5	0.0585	0.4415	0.5	1.6%	Total PeCDD	104
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	0.5	0.0012	0.0488	0.05	0.2%	Total HxCDD	< 50
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	0.5	0.00145	0.04855	0.05	0.2%	Total HpCDD	43
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	0.5	0.0008	0.0492	0.05	0.2%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	23.5576	0.00070673	0.23486927	0.235576	0.8%		
OCDD	0.001	0.002	37.2485	7.4497E-05	0.037174	0.0372485	0.1%		
Bilan Dioxines			**60.81**						
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	42.1268	3.2437636	0.9689164	4.21268	13.5%		
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	0.5	0.0067	0.0183	0.025	0.1%	**Total PCDD**	300
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	37.9439	4.19280095	14.7791491	18.97195	61.0%	Total TCDF	1279
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	14.044	0.0688156	1.3355844	1.4044	4.5%	Total PeCDF	360
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	16.8789	0.08777028	1.60011972	1.68789	5.4%	Total HxCDF	174
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	26.904	0.147972	2.542428	2.6904	8.7%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	0.5	0.0045	0.0455	0.05	0.2%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	68.9805	0.00689805	0.68290695	0.689805	2.2%	Total HpCDF	106
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	14.8812	0.00848228	0.14032972	0.148812	0.5%		
OCDF	0.001	0.002	42.9329	8.5866E-05	0.04284703	0.0429329	0.1%		
Bilan Furanes			**264.69**					**Total PCDF**	1962
Somme				**8.00**	**23.10**	**31.10**			1962
Moyenne				26%	74%	1.6%			

Congénère (**IQHG013**)	I-TEF (OMS -1997)	Fv	Quantité (pg/échantillon)	Quantité sous forme gazeuse (pg ITEQ/échantillon)	Quantité sous forme particulaire (pg ITEQ/échantillon)	Quantité (pg ITEQ/échantillon)	Fraction de la dioxine dans la somme TEQ totale	Famille de congénères	somme totale (pg/échantillon)
2.3.7.8 TCDD	1	0.664	0.25	0.166	0.084	0.25	0.7%	Total TCDD	167
1.2.3.7.8 PeCDD	1	0.117	0.5	0.0585	0.4415	0.5	1.3%	Total PeCDD	105
1.2.3.4.7.8 HxCDD	0.1	0.024	0.5	0.0012	0.0488	0.05	0.1%	Total HxCDD	< 50
1.2.3.6.7.8 HxCDD	0.1	0.029	0.5	0.00145	0.04855	0.05	0.1%	Total HpCDD	632
1.2.3.7.8.9 HxCDD	0.1	0.016	0.5	0.0008	0.0492	0.05	0.1%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDD	0.01	0.003	272.633	0.00817899	2.71815101	2.72633	7.3%		
OCDD	0.001	0.002	1256.372	0.00251274	1.25385926	1.256372	3.4%		
Bilan Dioxines			**1529.01**					**Total PCDD**	2160
2.3.7.8 TCDF	0.1	0.77	24.2036	1.8636772	0.5566828	2.42036	6.5%	Total TCDF	843
1.2.3.7.8 PeCDF	0.05	0.268	50.244	0.6732696	1.8389304	2.5122	6.7%	Total PeCDF	530
2.3.4.7.8 PeCDF	0.5	0.221	37.0879	4.09821295	14.4457371	18.54395	49.7%	Total HxCDF	350
1.2.3.4.7.8 HxCDF	0.1	0.049	20.303	0.0994847	1.9308153	2.0303	5.4%		
1.2.3.6.7.8 HxCDF	0.1	0.052	31.6269	0.16445988	2.99823012	3.16269	8.5%		
2.3.4.6.7.8 HxCDF	0.1	0.055	25.8231	0.14202705	2.44028295	2.58231	6.9%		
1.2.3.7.8.9 HxCDF	0.1	0.09	0.5	0.0045	0.0455	0.05	0.1%		
1.2.3.4.6.7.8 HpCDF	0.01	0.01	85.4088	0.00854088	0.84554712	0.854088	2.3%	Total HpCDF	171
1.2.3.4.7.8.9 HpCDF	0.01	0.057	19.5056	0.01111819	0.18393781	0.195056	0.5%		
OCDF	0.001	0.002	45.5141	9.1028E-05	0.04542307	0.0455141	0.1%		
Bilan Furanes			**339.72**					**Total PCDF**	1941
Somme				**7.30**	**29.98**	**37.28**			4101
Moyenne				20%	80%	0.9%			

Tableau 48 : Synthèse des résultats de mesures

Site	Part de dioxines considéré comme toxiques dans les dioxines-furanes totales mesurées	Fraction gazeuse de la part de dioxines considéré comme toxiques dans les dioxines-furanes totales mesurées
IQGL	1,5%	18%
IQHB	1,7%	16%
IQHC	2,0%	19%
IQHE	1,4%	24%
IQHF	1,9%	17%
IQHG	1,3%	21%
Bilan	**2,0% (maximum)**	**20% (moyenne)**

Annexe 3 : Fiches toxicologiques

Annexe disponible dans un document séparé

Annexe 4 : Résultats obtenus pour la voie digestive

Annexe disponible dans un document séparé

NUMTECH

6, Allée Alan Turing

CS 60242

Parc Technologique de La Pardieu

63178 AUBIERE CEDEX

www.numtech.fr

Références Bibliographiques

[1] National Research Council (NRC), 1983, Risk assessment in the federal government. Managing the process. Washington DC, National Academy of Science, 191p.

[2] Institut de Veille Sanitaire (InVS), 2000, Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact, 49 p.

[3] Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2003, Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des Installations classées pour la protection de l'environnement – Substances chimiques, 152 p.

[4] Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2013, Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires, Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, 102 p.

[5] Burgéap, Conseil général, Étude d'évaluation des risques sanitaires dans la vallée du Paillon, Rapport définitif – Version Août 2010, 241 p.

[6] Burgéap, Evaluation des risques sanitaires dans la Zone Industrielle de Fos–sur-Mer dans les Bouches–du-Rhône, mai 2008.

[7] Burgéap, SPPI, Evaluation des risques sanitaires liés aux rejets de la zone industrielle de Lavéra-la-Mède, Rapport final, juillet 2011, 704 p.

[8] Note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, 7 p.

[9] Ineris, 2006, Hydrocarbures aromatiques polycylciques (HAPs) – Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérigènes : approche substance par substance (facteur d'équivalence toxique ou FET) et approche par mélange, 64 p.

[10] Nedellec V., Courgeau D.,Empereur-Bissonnet P., Energies santé, 1998 (vol. 9, n°4, pp. 503-515), La durée de résidence des Français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués.

[11] Environmental Protection Agency (EPA), 1997, Exposure Factors Handbook, volume 1 : General Factors.

[12] Mosqueron L. et V. Nedellec, 2001, Observatoire de la qualité de l'ai intérieur, Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments, 173 p.

[13] ASCOPARG, COPARLY, Sup'AIR, mars 2007, Bilan de la surveillance en air ambiant dans les départements du Rhône et de l'Isère, 2002-2006, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), 66 p.

[14] HCSP, 2010, Evaluation des risques sanitaires dans les analyses de zone, Utilité, lignes méthodologiques et interprétation, rapport de la commission spécialisée Risques liés à l'environnement, 89 p.

[15] Organisation mondiale de la santé (OMS), 2004, Guidelines for Drinking-water Quality, third edition, Volume 1, 540 p.

[16] Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, 2007, Circulaire du 08/02/07 relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués.

[17] Boudet, Zmirou et al., 1999, Health risk assessment of a modern minicipal waste incinerator, Risk Analysis, Volume 19, No. 6, 9 p.

[18] Ineris, 2006, Evaluation des risqué sanitaires lies aux mélanges de nature chimiques – Perspectives dans le cadre des études d'impact sanitaire des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter des ICPE, 36 p.

La présente étude a permis de caractériser les risques sanitaires liés à l'inhalation de 29 substances ou familles de substances émises par différents types d'activités recensées à l'Ouest des Bouches du Rhône (ancienne zone de surveillance Airfobep) par le registre Air PACA, et ce conformément à la démarche d'évaluation des risques sanitaires (ERS) préconisée par l'InVS et l'INERIS.

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR

www.airpaca.org

Siège social
146, rue Paradis
« Le Noilly Paradis »
13294 Marseille Cedex 06
Tél. 04 91 32 38 00
Télécopie 04 91 32 38 29

Établissement de Martigues
Route de la Vierge
13500 Martigues
Tél. 04 42 13 01 20
Télécopie 04 42 13 01 29

Établissement de Nice
333, Promenade des Anglais
06200 Nice
Tél. 04 93 18 88 00
Télécopie 04 93 18 83 06