

Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

Synthèse du projet SCENARII

Simulation de scénarii de pollution atmosphérique
pour une Evaluation des Risques Sanitaires

Application à la région de l'Etang de Berre

www.airpaca.org

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR

► RESUME : SYNTHÈSE DU PROJET SCENARII - Simulation de scénarii de pollution atmosphérique pour une Evaluation des Risques Sanitaires Application à la région de l'Etang de Berre

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.

► Dépassements des valeurs de gestion pour 7 substances

Pour 7 des substances étudiées, des dépassements des valeurs de gestion sont observés : le dioxyde d'azote, les particules PM10, les particules PM2.5, les particules diesel, le benzène, 1,3-Butadiène et le 1,2-Dichloroéthane :

- Pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules (PM10, PM2.5, particules diesel), les dépassements des valeurs de gestion ne sont pas une spécificité de la région de l'Etang de Berre. Ils sont également observés dans d'autres zones de la région et plus largement sur le territoire national.
- Pour le 1,2-dichloroéthane, le benzène et le 1,3-butadiène, des dépassements des seuils de gestion des risques spécifiques à la zone d'étude sont observés autour du Golfe de Fos, de Martigues et de Berre où de nombreuses activités industrielles sont présentes. Pour le benzène et le 1,3-butadiène des dépassements des seuils de gestion des risques sont également observés à proximité des axes de circulation importants ou de l'aéroport de Marignane mais tout comme pour les particules et le dioxyde d'azote ces dépassements ne sont pas spécifiques à la zone d'étude.

► Effets cumulés : dépassements sur l'ensemble du territoire

En considérant les effets cumulés, l'ensemble de la population de la zone d'étude est concerné par des dépassements du seuil de conformité. Des secteurs présentent néanmoins des indicateurs de risques plus élevés (Golfe de Fos, Martigues, Berre, Marignane et certains axes de transport). De plus des dépassements ponctuels du seuil d'action rapide sont observés à proximité immédiate des axes de circulation importants tels que l'autoroute A55, l'autoroute A7, la départementale D9 (0,06% de la population de la zone étudiée) ou au cœur de sites industriels (absence de population résidente).

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

SOMMAIRE

1. Contexte	5
2. Objectif	5
3. Scénario étudié	6
4. Concentrations et cartographies de la pollution atmosphérique.....	7
4.1 Modélisation.....	7
4.2 Analyse et assimilation des données de mesures	8
5. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires – exposition des populations.....	10
5.1 Valeur ajoutée du projet SCENARII.....	10
5.2 Méthodologie	10
5.3 Synthèse des résultats d’exposition des populations	14
5.4 Limites et incertitudes de la méthodologie.....	21
6. OSIRIS : application de simulation des risques sanitaires	22
7. Conclusions	23

ANNEXES

ANNEXE 1 : Références	26
-----------------------------	----

1. Contexte

La réduction et le contrôle des expositions nocives à la pollution atmosphérique ayant un impact sur la santé est un des objectifs fixés par l'Etat dans le Plan Régional Santé Environnement (PRSE). Néanmoins, l'état de la qualité de l'air est rarement homogène sur l'ensemble d'un territoire et les individus sont donc souvent exposés à des risques différents liés à de multiples sources. Il est donc nécessaire d'identifier les zones où se concentre une surexposition des populations afin de mieux cibler les actions des pouvoirs publics et de l'ensemble des acteurs territoriaux.

L'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est un des outils permettant de répondre à cet objectif du PRSE. Il s'agit d'un outil de gestion permettant de quantifier, à l'aide d'indicateurs de risques, l'impact sur la santé de facteurs environnementaux dont celui de la pollution atmosphérique.

Pour mener à bien une EQRS, il est nécessaire de disposer de trois types de données :

- les données relatives aux concentrations des polluants,
- les données relatives aux risques générés par les polluants,
- les données relatives à la population.

Air PACA, qui dispose d'une expertise et d'outils de modélisation pour mesurer, évaluer et cartographier les concentrations des polluants atmosphériques, et la société NUMTECH, qui dispose d'une expertise en évaluation des risques sanitaires, ont donc unis leur savoir-faire au profit du projet SCENARII.

2. Objectif

L'objectif du projet SCENARII, projet labellisé par le Plan Régional Santé Environnement (PRSE), a été de développer et de valider un outil permettant de générer des indicateurs de risques sanitaires pour différents scénarii d'exposition de la population (différentes années de référence, différentes zones géographiques de la région PACA...) et de l'appliquer à la région de l'Etang de Berre.

Pour répondre à cet objectif, le projet s'articule autour de trois grandes actions :

- 1- Modéliser la pollution atmosphérique pour un scénario donné avec assimilation des données de mesures du réseau permanent d'Air PACA ou de campagnes de mesures spécifiques mises en œuvre pour les besoins du projet SCENARII (projet POLIS) ;
- 2- Evaluer les risques sanitaires liés aux concentrations de polluants modélisées pour ce scénario ;
- 3- Développer et valider l'outil sur la base du scénario étudié.

3. Scénario étudié

Pour développer et valider cet outil, l'évaluation des risques sanitaires a été menée sur :

- la région industrielle de l'Etang de Berre (Cf. localisation Figure 1) intégrant 66 communes ;
- la base de 39 substances ou familles de substances (substances d'intérêt sanitaires identifiées dans les études sanitaires de zone (2005 – 2009) et substances disponibles dans l'inventaire des émissions d'Air PACA – toutes sources substances) – (Cf. Tableau 1) ;
- des conditions météorologiques de 2013 et des données d'émission 2010 (dernières données disponibles au moment de l'élaboration de l'étude).

Figure 1 : Zone géographique étudiée

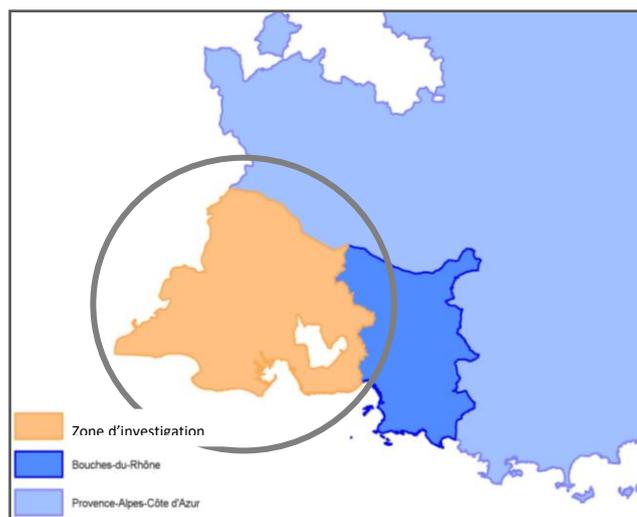


Tableau 1. Liste des substances étudiées

Acide chlorhydrique	Indéno[1,2,3-c,d]pyrène
Acide fluorhydrique	Mercure
Ammoniac	Méthane
Arsenic	Monoxyde de carbone
Benzène	Nickel
Benzo[a]anthracène	Oxydes d'azote
Benzo[a]pyrène	Particules de moins de 10 µm de diamètre
Benzo[b]fluoranthène	Particules de moins de 2,5 µm de diamètre
Benzo[j]fluoranthène	Plomb
Benzo[k]fluoranthène	Polychlorobiphényles
Cadmium	Poussières totales
Chrome	Protoxyde d'azote
Composés organiques volatils non méthaniques	Sélénium
Cuivre	Vanadium
Dibenzo[a,h]anthracène	Zinc
Dioxines et furanes	Hydrogène sulfuré
Dioxyde de carbone	1,2-dichloroéthane
Dioxyde de soufre	1,3-butadiène
Fluoranthène	Particules diesel
Hydrocarbures aromatiques totaux	

4. Concentrations et cartographies de la pollution atmosphérique

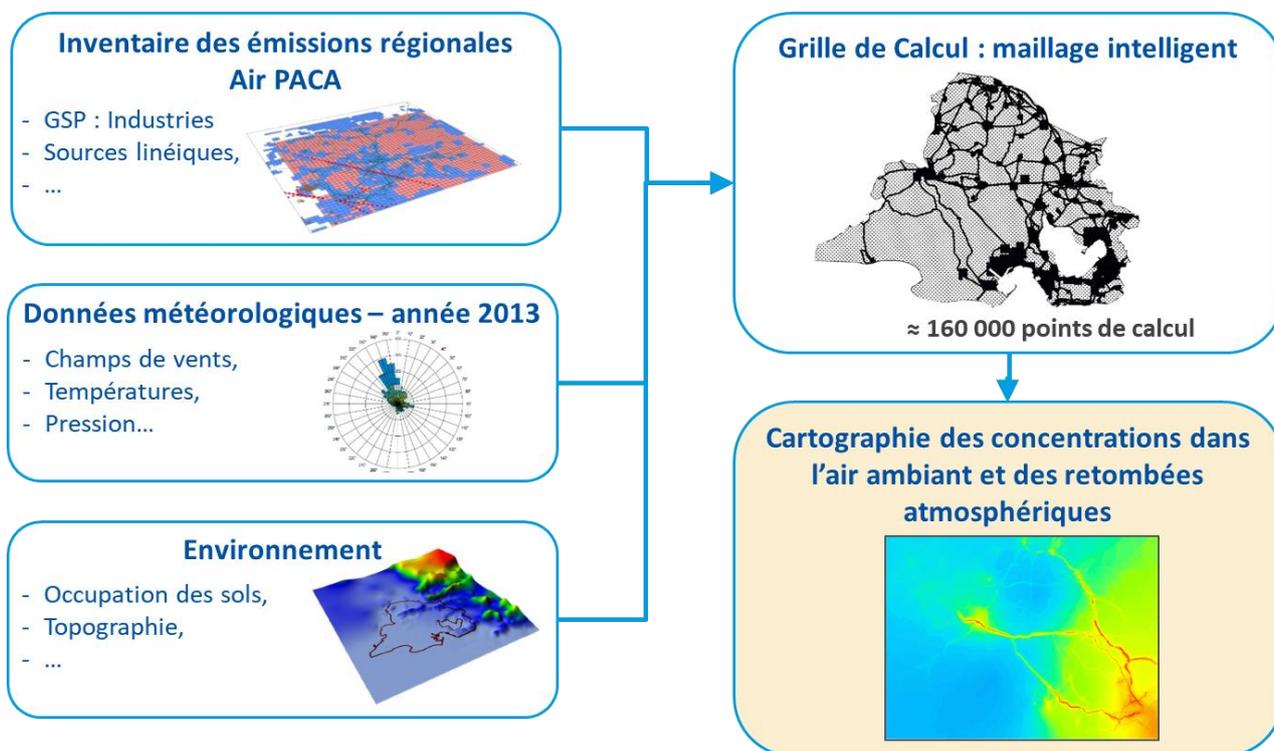
4.1 Modélisation

La plate-forme de modélisation d'Air PACA a été utilisée pour simuler les concentrations des 39 polluants atmosphériques pris en compte dans le cadre de ce projet.

Ces modélisations ont été réalisées selon le schéma de principe présenté ci-après à partir :

- De l'ensemble des sources d'émissions répertoriées dans l'inventaire des émissions d'Air PACA (année de référence 2010 : dernières données disponibles au moment de la réalisation de l'étude) :
 - grandes sources ponctuelles : industries,
 - sources linéiques : transport,
 - sources volumiques : activités tertiaires...
- des données météorologiques sur la zone d'étude (année de référence : 2013)
- des caractéristiques physiques du domaine d'étude susceptibles d'influencer la dispersion des polluants (topographie, occupation des sols...).

Figure 2 : Méthodologie générale de la phase de modélisation



Ces modélisations ont permis d'obtenir, pour chaque substance étudiée, des cartes :

- de concentrations dans l'air ambiant,
- de concentrations de retombées atmosphériques (dépôts au sol).

4.2 Analyse et assimilation des données de mesures

La validation de la modélisation par la mesure est primordiale compte tenu de l'incertitude de certaines données utilisées dans le modèle, telles que la connaissance des émissions de certains composés et la complexité de certains processus de dispersion. En effet, la seule dispersion des émissions peut aboutir à des écarts substantiels avec la réalité.

Les cartographies de concentration des polluants obtenues par la modélisation ont donc été ajustées à l'aide des données de mesures d'Air PACA via des méthodes d'interpolation.

4.2.1 Données de mesures prises en compte

Les données de mesures prises en compte pour ajuster les concentrations modélisées ont été obtenues par :

- le réseau des stations permanentes d'Air PACA : analyseurs automatiques, préleveurs...
- les campagnes temporaires réalisées dans la zone d'investigation,
- les campagnes de mesures spécifiques mises en œuvre pour les besoins du projet SCENARII : Plan de surveillance POLLuants d'Intérêt Sanitaire (POLIS). Dans le plan de surveillance POLIS, des métrologies spécifiques ont été mises en œuvre, avec des mesures automatiques en continue et des prélèvements intégrés pour les polluants suivants :
 - mercure gazeux,
 - chrome hexavalent : Cr VI,
 - 1,2-Dichloroéthane,
 - 1,3-Butadiène.

En l'absence de données suffisantes, certaines substances n'ont pas fait l'objet d'assimilation de mesures et d'ajustements.

Tableau 2. Substance et assimilation des données de mesures

Substance avec assimilation		Substances sans assimilation
Dioxyde de soufre	Arsenic	Ammoniac
Dioxyde d'azote	Cadmium	Chlorure d'hydrogène
Poussières (PM10 & PM2.5)	Chrome	Fluorure d'hydrogène
Benzène	Cuivre	Fluoranthène
1,3-butadiène	Mercure	Naphtalène
Benzo[a]pyrène	Nickel	Polychlorobiphényles
Benzo[a]anthracène	Plomb	Particules diesel
Benzo[b]fluoranthène	Sélénium	Hydrogène sulfuré
Benzo[k]fluoranthène	Vanadium	
Indéno[1,2,3-cd]pyrène	Zinc	
Dibenzo[a,h]anthracène	1,2-dichloroéthane	
Dioxines et furanes		

4.2.2 Méthodes d'interpolation employées

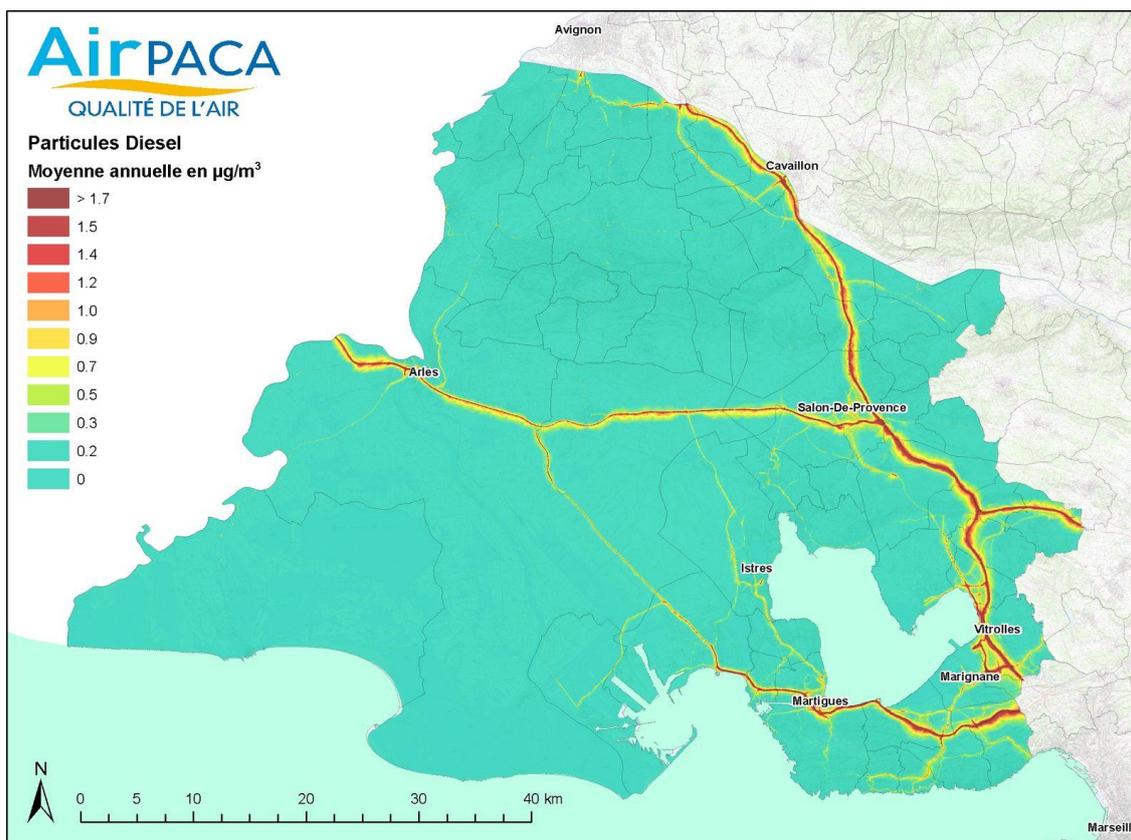
L'intégration des données de mesures pour ajuster les modélisations est faite par le biais d'interpolations mises en œuvre, par Air PACA, dans le cadre du projet SCENARII. La méthode d'interpolation est spécifique à chaque type de polluant. Elle est fonction des données de mesures disponibles et du comportement physico-chimique du polluant. Le tableau ci-après présente des exemples de méthodes d'interpolation utilisées dans le projet SCENARII.

Tableau 3. Exemple de méthodes d'interpolation utilisées dans le projet SCENARII

Type	Polluants	Type de méthode correction
Gaz	Dioxyde de soufre	Krigeage
Gaz	Benzène	Biais constant
Gaz	1,2-dichloroéthane	Régression linéaire
Particules	Particules PM10	Régression linéaire Multiple
Particules	Particules PM2.5	Régression linéaire et ratio PM2.5 / PM10
Particules	Particules diesel	Régression linéaire et ratio diesel / PM10

A titre d'exemple, la carte ci-après présente, la cartographie des concentrations moyennes annuelles des particules diesel dans l'air ambiant obtenue après modélisation de la dispersion des émissions et ajustement par l'intégration des données de mesures de l'année de référence 2013, avec la méthode d'interpolation : régression linéaire et ratio diesel / PM10.

Figure 3 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles dans l'air ambiant des particules diesel



5. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires – exposition des populations

5.1 Valeur ajoutée du projet SCENARII

La particularité et la valeur ajoutée du projet SCENARII résident dans le fait que l’Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) obtenue intègre :

- toute la zone de l’étang de Berre,
- l’ensemble des sources d’émissions (industrie, transport, chauffage, navire...) présentes dans la zone d’investigation,
- un nombre important de polluants a été pris en compte : les polluants présents dans l’inventaire des émissions et ayant une Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ou une Valeur Guide (VG),
- pour une majorité de ces polluants, les cartographies de concentrations ont été ajustées par des données de mesures.

5.2 Méthodologie

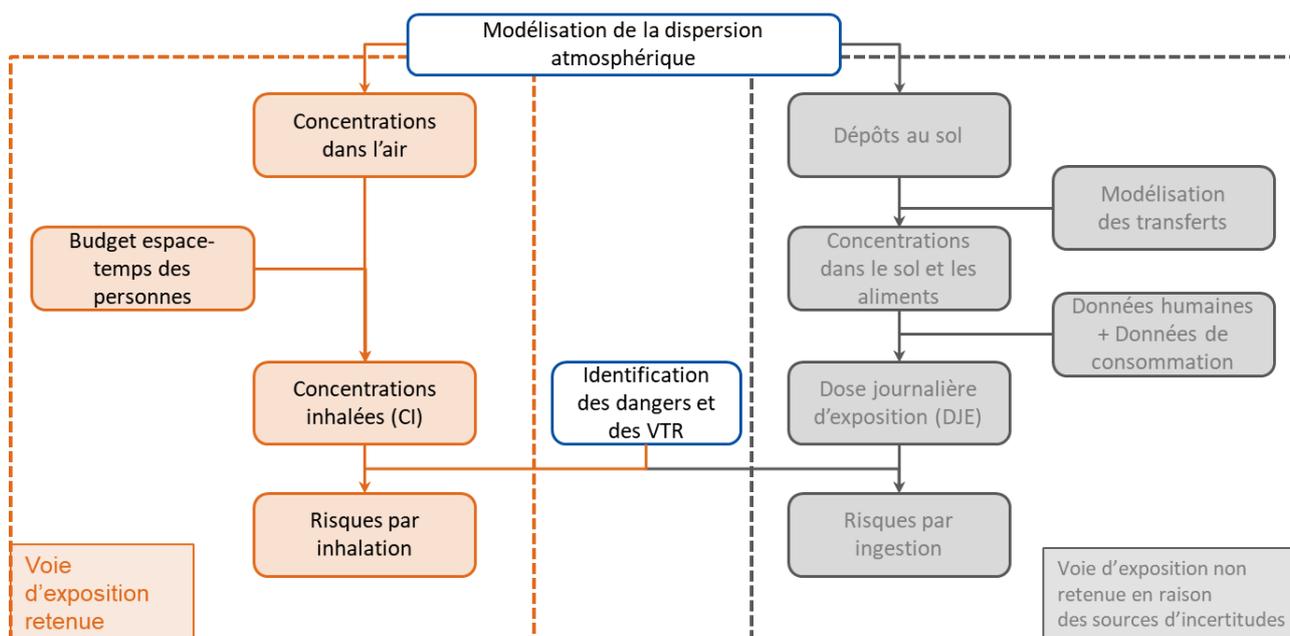
5.2.1 Indicateurs de risques sanitaires

La méthodologie pour l’EQRS déployée dans le projet SCENARII repose sur une méthodologie scientifique reconnue sur le plan international et reprise dans le guide INERIS (versions 2003 et 2013). Elle s’appuie sur :

- les documents de référence dans le domaine : HCSP et INERIS
- le retour d’expérience des « études de zone » réalisées dans la Région PACA et plus particulièrement dans la zone de l’étang de Berre.

La méthodologie a été déployée pour les deux vecteurs d’exposition (inhalation et ingestion) et les deux types de scénarii d’exposition (chronique et aigue). Toutefois, dans le cadre du projet SCENARII, seule **l’exposition chronique par inhalation des populations résidentes dans la zone** a été retenue.

Figure 4 : Méthodologie déployée pour l’Evaluation des Risques Sanitaires



Cette méthodologie s'articule en 4 étapes fondamentales :

- **Etape 1 : Identification des dangers**

Pour l'ensemble des 39 substances étudiées, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérigènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) ainsi que les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

- **Etape 2 : Evaluation des relations dose-réponse (Choix des Valeurs Toxicologiques de Références (VTR))**

Selon les recommandations du COPIL du projet :

- Le choix des VTR a été réalisée selon 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
- En l'absence de VTR pour certaines substances, certaines voies ou durées d'exposition, des valeurs guides ont été prises en compte (ex : PM2.5 et PM10)

- **Etape 3 : Evaluation des niveaux d'exposition**

Les doses d'exposition ou quantités administrées ; qui représentent les quantités de substances mises en contact avec des surfaces d'échange que sont, pour une exposition par inhalation, les parois alvéolaires des poumons pour les substances gazeuses et à travers lesquels les substances peuvent éventuellement pénétrer ; ont été évalués à partir des concentrations modélisées.

Les paramètres d'exposition des populations appréhendés dans le cadre du scénario pris en compte dans le projet SCENARII sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Tableau 4. Paramètres d'exposition des populations appréhendés dans le projet SCENARII

Milieux	Population exposée	Voie d'exposition	Durée et fréquence d'exposition
Air	Résidants	Respiratoire	24h/jour - 365 j/an - 30 ans

- **Etape 4 : Caractérisation des risques**

Sur la base des niveaux d'exposition estimés précédemment, deux types d'indicateurs ont été calculés pour une exposition chronique par inhalation sur l'ensemble du domaine étudié :

- **les Quotients de Danger (QD) pour les substances présentant des effets à seuil**

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

- **les Excès de Risque Individuel (ERI) pour les substances présentant des effets sans seuil**

Les effets sans seuil (essentiellement les effets cancérigènes) sont des effets pour lesquels il est difficile scientifiquement de définir de façon fiable un niveau d'exposition sans risque. Le risque est donc évalué via un indicateur qui traduit la probabilité d'apparition d'une pathologie pour un individu exposé à un polluant présentant des effets cancérigènes. On parle d'excès de risque car cette probabilité s'ajoute au risque de base présent dans la population. A titre d'exemple un ERI de 1.10^{-5} représente une probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer de 1 personne pour 100 000 personnes exposées.

A noter qu'une même substance peut produire les deux types d'effets.

5.2.2 Estimation des populations exposées

Afin d'évaluer les populations exposées à des niveaux de risques supérieurs aux seuils de gestion fixés par le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP), il est nécessaire, dans un premier temps, de connaître la population sur l'ensemble du domaine étudié.

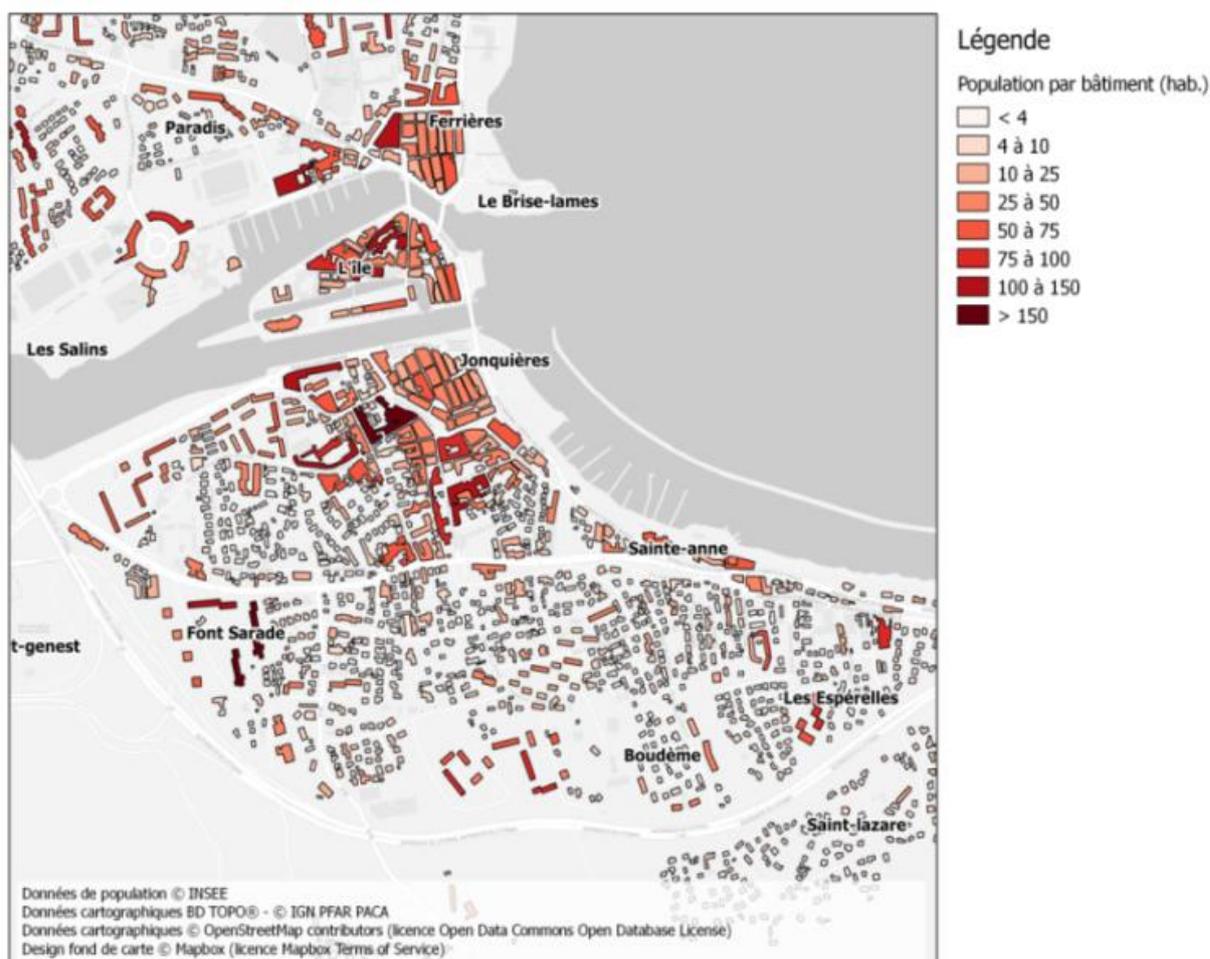
► Populations résidentes exposées

Pour évaluer la population résidente exposée, une spatialisation de la population a été réalisée sur l'ensemble du domaine étudié. Pour ce faire, la densité de population a été déterminée en deux temps à partir :

- des données géographiques des bâtiments de la région (BD TOPO, IGN) qui permettent d'identifier les bâtiments non résidentiels à ne pas prendre en compte et de calculer une surface habitable en fonction de la hauteur des bâtiments ;
- des données du recensement de la population (INSEE) qui peuvent ensuite être redistribuées dans les bâtiments en fonction de la surface habitable.

Cette méthode permet ainsi d'obtenir une estimation du nombre de personnes pour chaque bâtiment de type résidentiel de la région.

Figure 5 : Répartition de la population par bâtiment. Exemple d'un zoom dans le centre de Martigues.

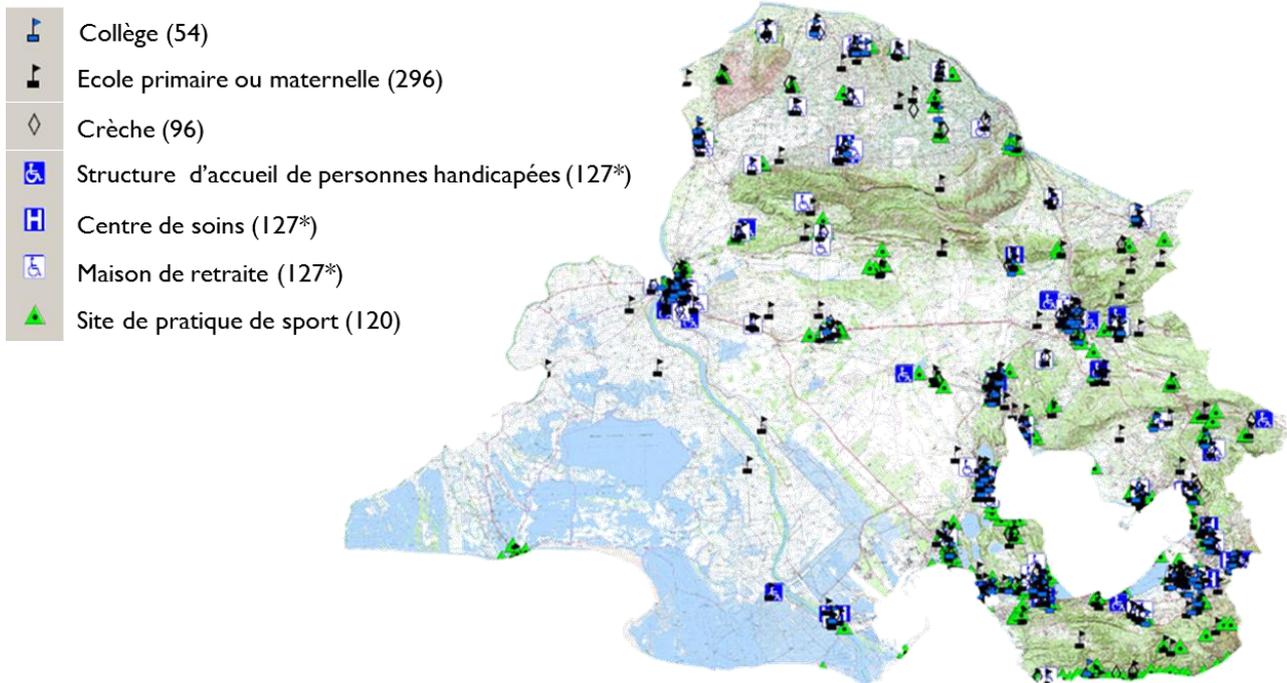


Afin d'évaluer les populations exposées à des niveaux de risques supérieurs aux seuils de gestion fixés par le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP), un croisement entre les niveaux de risques et les données de population par bâtiment a été réalisée.

► Population sensibles exposées

Les localisations et les données des populations sensibles ont été recensées sur l'ensemble du domaine d'étude (Cf. Figure 6).

Figure 6 : Populations sensibles recensées sur l'ensemble du domaine d'étude



5.3 Synthèse des résultats d'exposition des populations

5.3.1 Seuils de gestion pris en compte

Avant de présenter les résultats des populations exposées à des niveaux de risques supérieurs aux seuils de gestion fixés par le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP), il est important de rappeler ces seuils de gestion :

- Seuil d'action rapide :
 - Effets à seuil : $QD > 10$
 - Effets sans seuil : $ERI > 10^{-4}$
- Intervalle de vigilance active :
 - Effets à seuil : $1 < QD < 10$
 - Effets sans seuil : $10^{-5} < ERI < 10^{-4}$
- Seuil de conformité :
 - Effets à seuil : $QD < 1$
 - Effets sans seuil : $ERI < 10^{-5}$

5.3.2 Exposition chronique par inhalation – Valeurs Guides (VG)

Le NO₂, le SO₂, les PM₁₀ et les PM_{2.5}, ne disposant pas de valeurs toxicologiques de référence adaptées à une exposition chronique par inhalation et répondant aux exigences de la note DGS/DGPR du 31 octobre 2014, n'ont pas été conservés dans l'évaluation des risques sanitaires stricto sensu. Cependant, il a été réalisé une comparaison des concentrations environnementales obtenues par modélisation avec les valeurs guides.

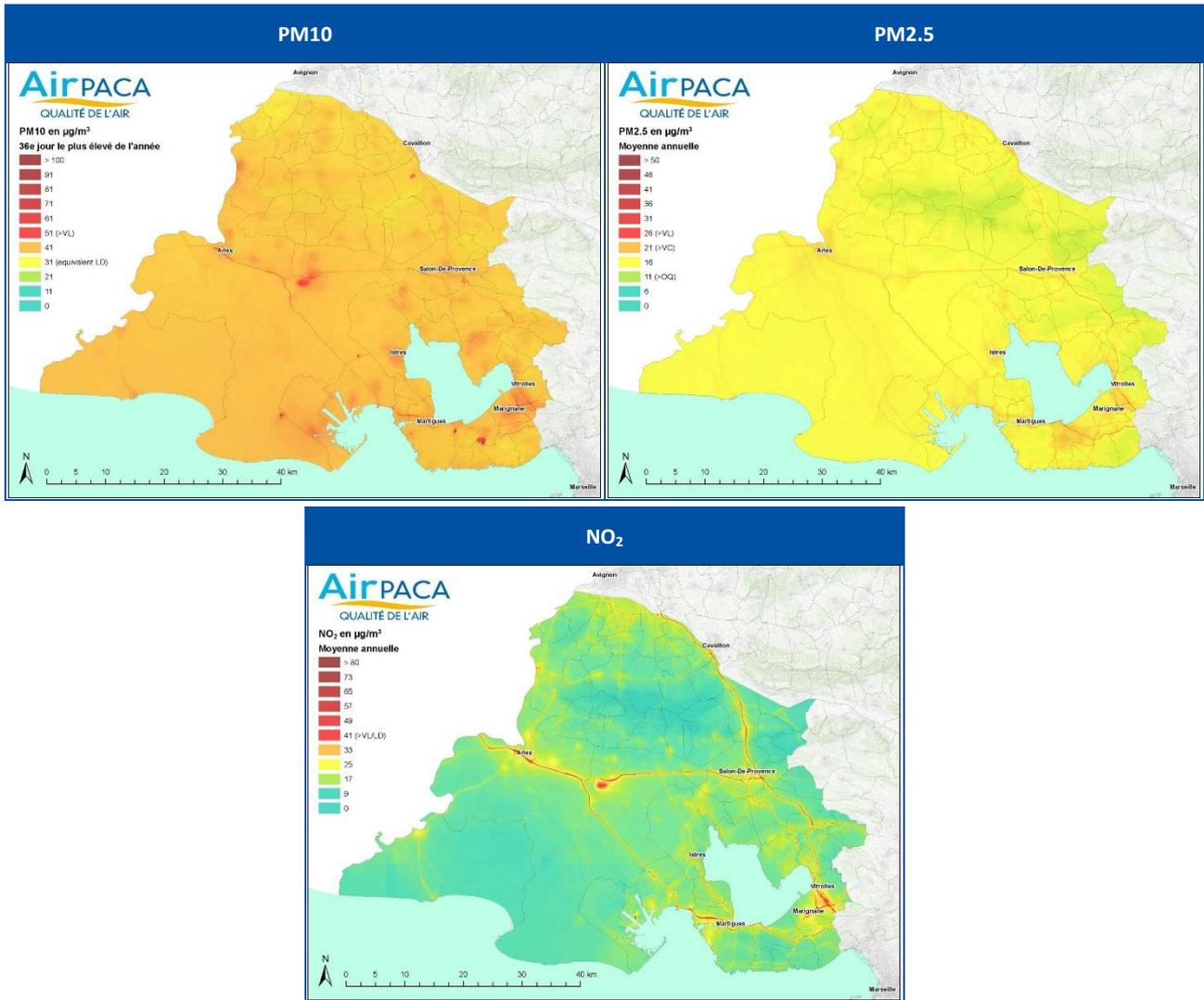
Le tableau suivant présente la surface du domaine d'étude, la population riveraine ainsi que le nombre de sites sensibles exposés à des concentrations supérieures à la valeur guide associée à chaque substance.

Tableau 5. Populations exposées à des concentrations supérieures aux valeurs guides

Substances appréhendées avec niveau de fond	CMI > VG
NO ₂	811 hectares 1 083 personnes 0 site sensible
PM ₁₀	L'ensemble de la population Tous les sites sensibles
PM _{2.5}	L'ensemble de la population Tous les sites sensibles
SO ₂ *	0 hectare 0 personne 0 site sensible

* La valeur guide, du SO₂, retenue est celle établie par l'OMS en 2000 : 50 µg/m³ en moyenne annuelle. Toutefois, cette valeur guide a été revue par un groupe de travail OMS en 2005. Dans cette révision, l'OMS ne propose plus qu'une seule valeur guide pour le SO₂ : 20 µg/m³ en moyenne journalière. Cependant en France, l'objectif de qualité de l'air défini par le CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France) est toujours de 50 µg/m³.

Figure 7 : Localisation des populations exposées à des dépassements de Valeur Guide



5.3.3 Exposition chronique par inhalation - Effets à seuil

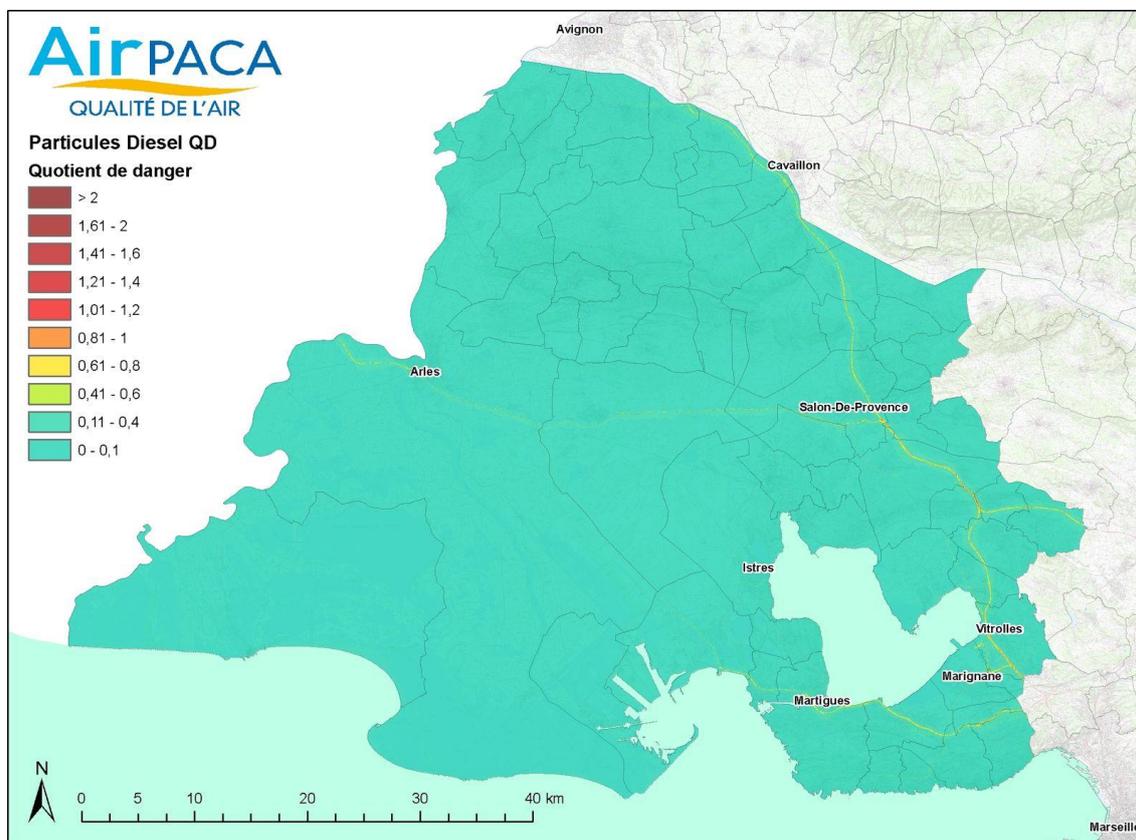
► Substances présentant des dépassements

Pour les effets à seuil, seules les particules diesel présentent des quotients de danger supérieurs à 1. Ces dépassements sont localisés à proximité immédiate des axes de circulation importants tels que l'autoroute A55, l'autoroute A7 ou encore la départementale D9.

Tableau 6. Populations exposées à des dépassements – exposition par inhalation – particules diesel – effets à seuil

Substances	QD > 1	QD > 10
Particules diesel (sans intégration du niveau de fond)	87 hectares 12 personnes 0 site sensible	

Figure 8 : Localisation des populations exposées à des dépassements – exposition par inhalation – particules diesel – effets à seuil

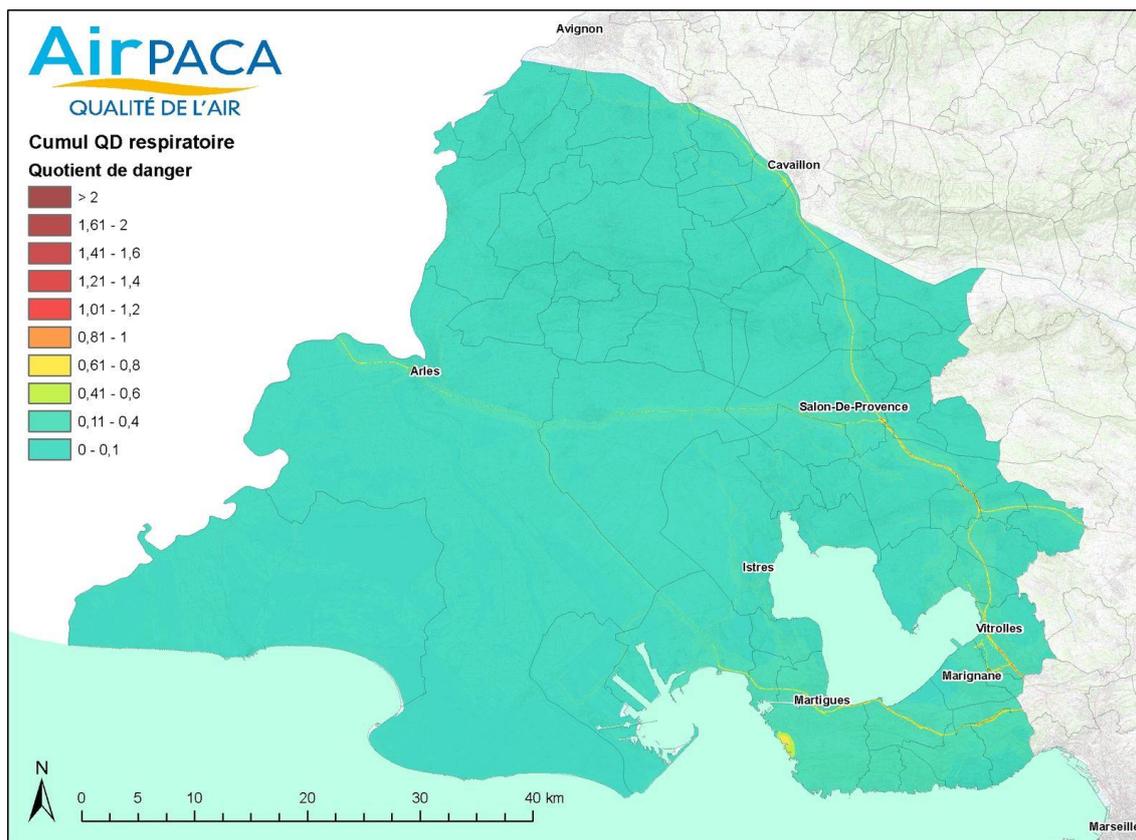


► Effets cumulés

Conformément à la méthodologie préconisée dans le guide INERIS, les quotients de danger ont été sommés en fonction des organes cibles. Les QD sommés pour le système respiratoire (organe cible des particules diesel) sont supérieurs à la valeur repère de 1. Les QD sommés pour les autres organes cibles sont inférieurs à la valeur repère.

Les zones de dépassement du seuil de conformité (QD > 1) sont, tout comme pour les particules diesel, localisées à proximité immédiate des axes de circulation importants tels que l'autoroute A55, l'autoroute A7 ou encore la départementale D9. Ainsi 139 hectares, 0 sites sensibles et 36 personnes sont concernées par un dépassement du seuil de conformité (QD > 1) pour le système respiratoire.

Figure 9 : Localisation des populations exposées à des dépassements– système respiratoire– effets à seuil



Le tableau suivant présente la part moyenne des différentes substances dans les QD calculés dans les zones de dépassements.

Tableau 7. Part moyenne des différentes substances dans les QD calculés dans les zones de dépassements - Système respiratoire

Substances	Parts moyenne de la substance dans les QD calculés
Particules diesel	81.5% - 95.6%
Vanadium	1.4% - 8.2%
Cuivre	1.5% - 6.0%
Nickel	0.6% - 5.1%
Ammoniac	< 0.1% - 0.7%
Naphtalène	< 0.1% - 0.4%
Chrome VI	0.1% - 0.3%
Dioxines-furanes	< 0.1%
Sulfure d'hydrogène	< 0.1

5.3.4 Exposition chronique par inhalation - Effets sans seuil

► Substances présentant des dépassements

Pour les effets sans seuil, 4 substances présentent des excès de risques individuel supérieurs au seuil de conformité de 10^{-5} voir au seuil d'action rapide pour 2 de ces substances.

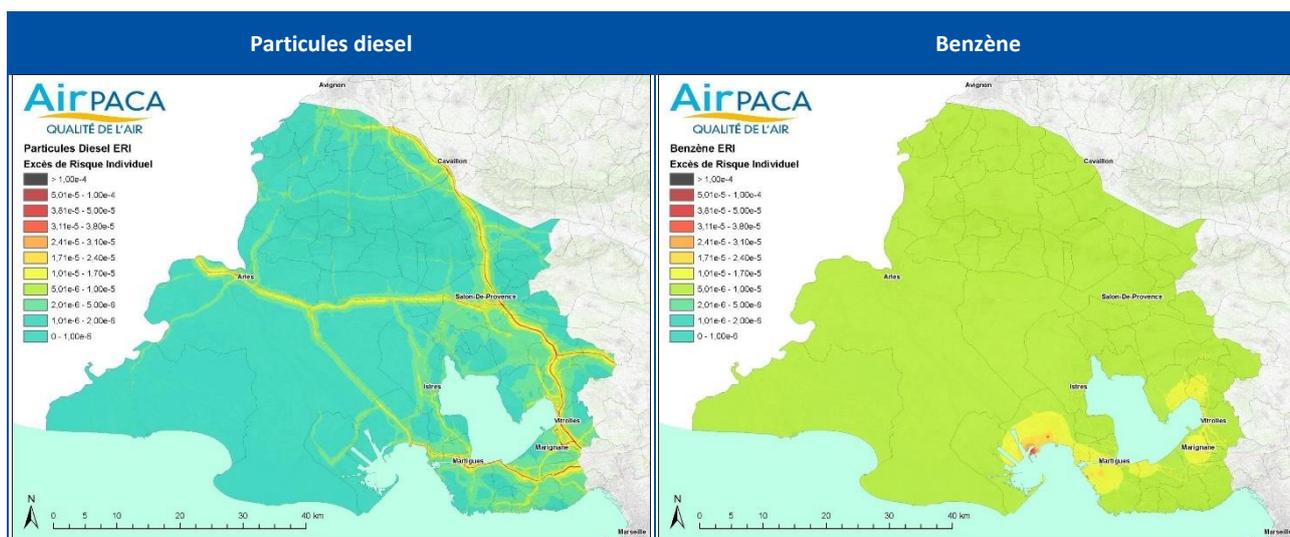
Tableau 8. Populations exposées à des dépassements – exposition par inhalation – effets sans seuil

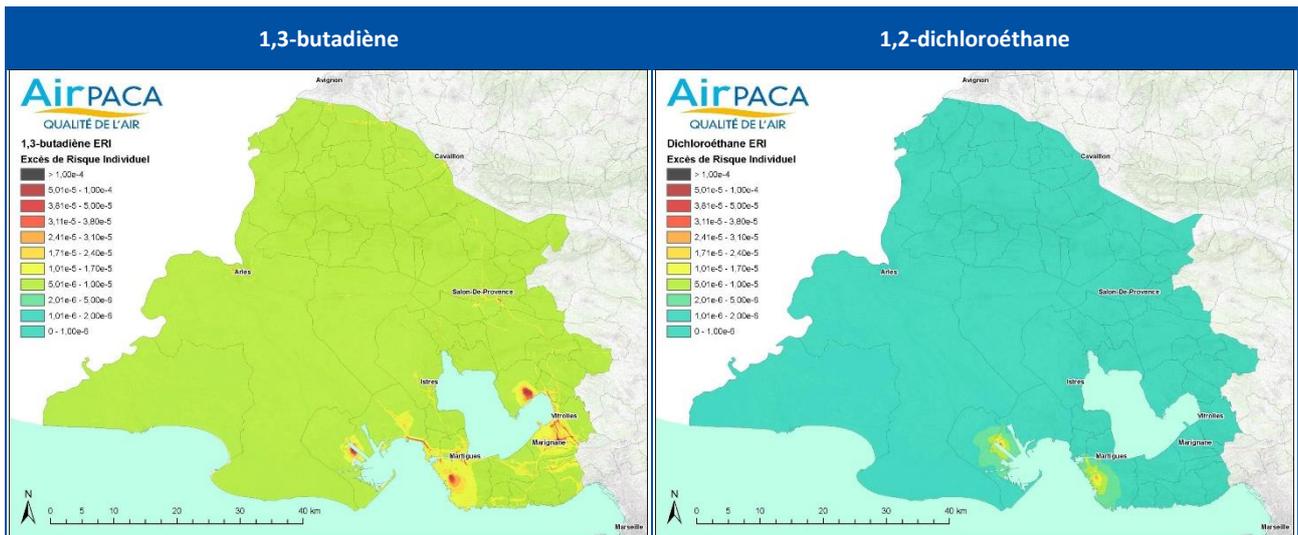
Substances	ERI > 10^{-5}	ERI > 10^{-4}
Particules diesel (sans intégration du niveau de fond)	7 488 hectares 33 624 personnes 48 sites sensibles	10 hectares 0 personne 0 site sensible
Benzène (avec intégration du niveau de fond)	17 893 hectares 124 295 personnes 196 sites sensibles	
1,3-butadiène (avec intégration du niveau de fond)	15 806 hectares 165 566 personnes 278 sites sensibles	24 hectares 28 personnes 0 site sensible
1,2-dichloroéthane (avec intégration du niveau de fond)	381 hectares 146 personnes 0 site sensible	

Ces dépassements sont localisés :

- à proximité des axes de circulation pour les particules diesel ;
- autour du golfe de Fos, vers la zone industrielle de Berre-l'Étang, au niveau de la ville de Marignane et de la zone industrielle de La Mède pour le benzène ;
- à proximité des différentes zones industrielles présentes dans le golfe de Fos et au niveau de l'Étang de Berre pour le 1,3-butadiène ;
- au droit de zones localisées autour de sites industriels pour le 1,2-dichloroéthane.

Figure 10 : Localisation des populations exposées à des dépassements – exposition par inhalation – effets sans seuil





► **Effets cumulés**

Conformément à ce qui est préconisé dans le guide INERIS, l'ensemble des ERI a été sommé quel que soit le type de d'effets provoqués, ceci afin d'estimer le risque cancérigène global par inhalation.

L'ensemble de la population du domaine d'étude est exposé à des dépassements du seuil de 10^{-5} . Néanmoins, certains secteurs présentent des niveaux de risques plus importants (Golfe de Fos, Martigues, Berre, Marignane et certains axes de transport). De plus des dépassements ponctuels du seuil d'action rapide (ERI > 10^{-4}) sont observés à proximité immédiate des axes de circulation importants tels que l'autoroute A55, l'autoroute A7, la départementale D9 (0,06% de la population de la zone étudiée) ou au cœur de sites industriels (absence de population résidente).

Figure 11 : Localisation des populations exposées à des dépassements – effets sans seuil cumulés par inhalation

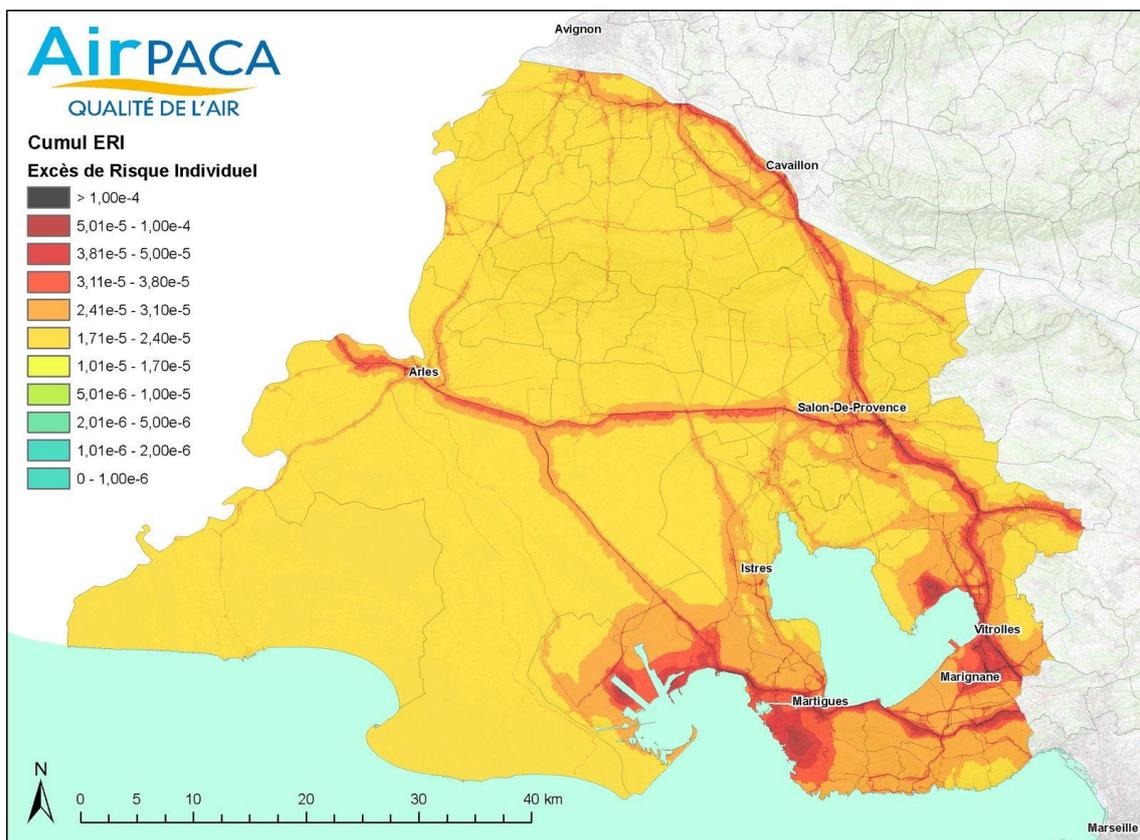


Tableau 9. Populations exposées à des dépassements –effets sans seuil cumulés par inhalation

Gamme d'ERI	Surface (ha)	Population (personne)	Site sensible
$1.10^{-5} \leq \text{ERI} < 2.10^{-5}$	L'ensemble du domaine	L'ensemble de la population	Tous les sites sensibles
$2.10^{-5} \leq \text{ERI} < 4.10^{-5}$	L'ensemble du domaine	L'ensemble de la population	Tous les sites sensibles
$4.10^{-5} \leq \text{ERI} < 6.10^{-5}$	6 931	45 644	66 (6695 personnes)
$6.10^{-5} \leq \text{ERI} < 1.10^{-4}$	1 727	5 153	5 (279 personnes)
$1.10^{-4} \leq \text{ERI}$	304	370	0

Le tableau suivant présente la part moyenne des différentes substances dans les ERI calculés dans les zones de dépassements.

Tableau 10. Part moyenne des différentes substances dans les zones de dépassements – effets sans seuil cumulés par inhalation

Substances	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%

5.4 Limites et incertitudes de la méthodologie

La méthodologie employée a permis de réduire aux maximums les incertitudes (grands nombre de substances – prise en compte de l'ensemble des sources d'émissions). Toutefois, des limites et incertitudes persistent. Les principales limites et incertitudes de la méthodologie sont les suivantes :

- l'estimation des concentrations via la modélisation atmosphérique ajustée par des données de mesures,
- les valeurs toxicologiques de référence.

► L'estimation des concentrations environnementales

L'estimation des concentrations environnementales sur lesquelles se base les calculs d'indicateurs de risques est la principale source d'incertitudes. Au-delà des incertitudes intrinsèques à l'outil de dispersion atmosphérique qui sur la base d'équations mathématiques doit rendre compte des phénomènes physiques et chimiques comme nous pouvons les observer dans la réalité, il existe des limites concernant les données d'émissions prises en compte pour le faire. En effet, aujourd'hui, certaines sources d'émissions sont mal connues notamment les sources d'émission diffuses ce qui peut générer des écarts importants entre les concentrations modélisées et les concentrations mesurées. Pour pallier à ces limites, les mesures environnementales réalisées par Air PACA dans le cadre de la surveillance du territoire ou dans le cadre de mesures spécifiques pour l'étude ont été assimilées pour ajuster les résultats de modélisation. Toutefois, les mesures réalisées ne sont pas exhaustives et ne couvrent pas toujours la totalité du territoire ce qui complique l'ajustement par interpolation. Cette limite est d'autant plus importante pour les 8 substances n'ayant pas fait l'objet d'ajustement des concentrations modélisées par de la mesure.

► Les valeurs toxicologiques de référence

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

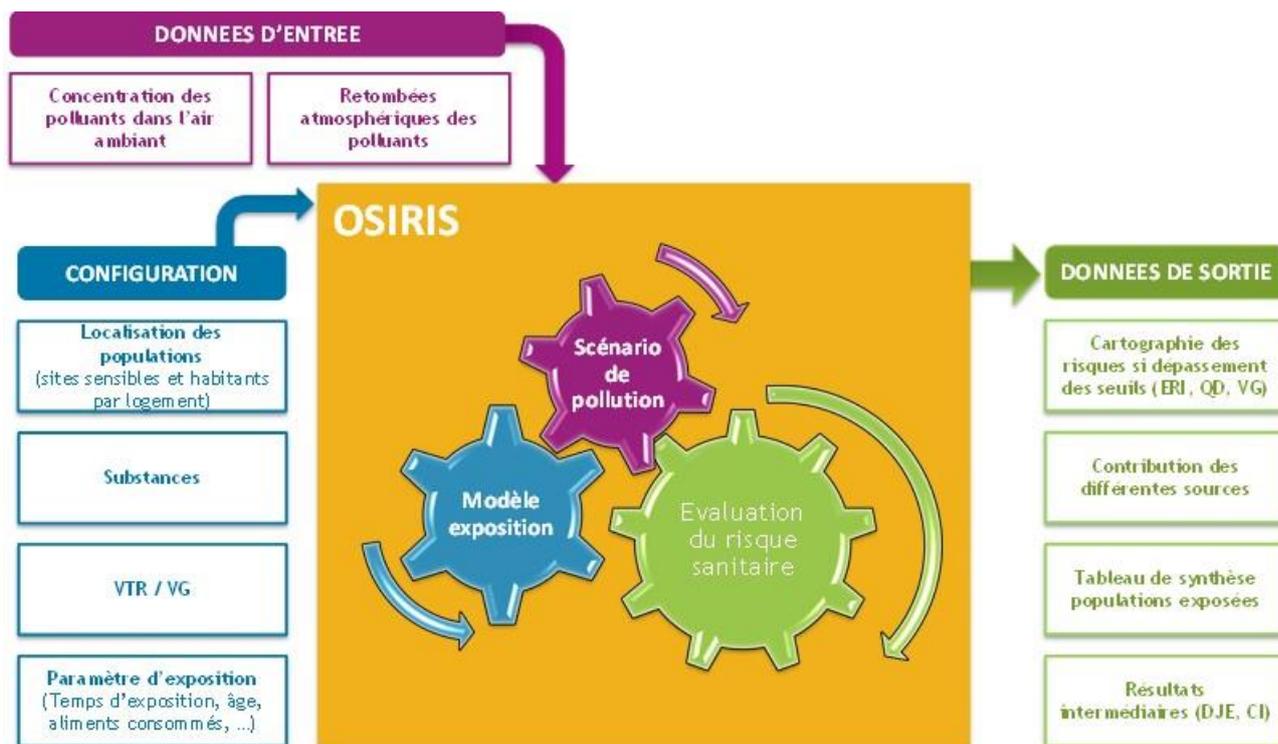
Les principales limites de la méthodologie concernent l'estimation de concentrations des différentes substances étudiées ainsi que les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). Ces limites engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Les connaissances actuelles ne permettent pas aujourd'hui de les réduire, néanmoins, au regard des niveaux de risques ces incertitudes ne sont pas de nature à modifier les conclusions générales relatives à cette étude.

6. OSIRIS : application de simulation des risques sanitaires

La méthodologie d'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) et d'exposition des populations définie dans le projet SCENARII ainsi que les paramètres qui s'y rattachent, notamment les Valeurs Toxicologiques de Références (VTR) choisies, ont été « codées » dans une application informatique : OSIRIS. Cette application permet la génération automatique de cartes d'indicateurs sanitaires pour :

- d'autres scénarii de pollution,
- d'autres zones géographiques.

Figure 12 : Principe de l'application OSIRIS



7. Conclusions

Les travaux du projet SCENARII ont permis de cartographier les concentrations dans l'air ambiant de 39 substances et les indicateurs de risques associés sur la région de l'Etang de Berre.

Pour ces substances ou familles de substances, ont été déterminés :

- les zones dans lesquelles les valeurs de gestion des risques sont dépassées,
- les populations exposées à ces dépassements.

Pour 7 des substances étudiées, des dépassements des valeurs de gestion sont observés : le dioxyde d'azote, les particules PM10, les particules PM2.5, les particules diesel, le benzène, 1,3-Butadiène et le 1,2-Dichloroéthane :

- Pour le dioxyde d'azote (NO₂) et les particules (PM10, PM2.5, particules diesel), les dépassements des valeurs de gestion ne sont pas une spécificité de la région de l'Etang de Berre. Ils sont également observés dans d'autres zones de la région et plus largement sur le territoire national.
- Pour le 1,2-dichloroéthane, le benzène et le 1.3-butadiène, des dépassements des seuils de gestion des risques spécifiques à la zone d'étude sont observés autour du Golfe de Fos, de Martigues et de Berre où de nombreuses activités industrielles sont présentes. Pour le benzène et le 1,3-butadiène des dépassements des seuils de gestion des risques sont également observés à proximité des axes de circulation importants ou de l'aéroport de Marignane mais tout comme pour les particules et le dioxyde d'azote ces dépassements ne sont pas spécifiques à la zone d'étude.

En considérant le cumul conformément aux préconisations de l'INERIS :

- Pour les effets à seuil cumulés, les zones de dépassement du seuil de conformité sont localisées à proximité immédiate des axes de circulation importants avec 0,01% de la population exposée à ces dépassements.
- Pour les effets sans seuils cumulés, l'ensemble de la population de la zone d'étude est concerné par des dépassements du seuil de conformité. Néanmoins, des secteurs présentent des niveaux de risques plus importants (Golfe de Fos, Martigues, Berre, Marignane et certains axes de transport). De plus des dépassements ponctuels du seuil d'action rapide sont observés à proximité immédiate des axes de circulation importants tels que l'autoroute A55, l'autoroute A7, la départementale D9 (0,06% de la population de la zone étudiée) ou au cœur de sites industriels (absence de population résidente).

Les résultats de l'étude ainsi que l'outil OSIRIS, développé dans le cadre du projet SCENARII, sont susceptibles d'être utilisée par les gestionnaires de risques sanitaires pour la gestion du territoire (DREAL, Région, ICPE, communes) en vue de la mise en place de plan d'actions de réduction des émissions, d'aménagement du territoire (mise en place d'écoles, etc.), de mesures d'urgences...

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des substances étudiées	6
Tableau 2. Substance et assimilation des données de mesures	8
Tableau 3. Exemple de méthodes d'interpolation utilisées dans le projet SCENARII	9
Tableau 4. Paramètres d'exposition des populations appréhendés dans le projet SCENARII	11
Tableau 5. Populations exposées à des concentrations supérieures aux valeurs guides	14
Tableau 6. Populations exposées à des dépassements – exposition par inhalation – particules diesel – effets à seuil	16
Tableau 7. Part des différentes substances dans les QD calculés dans les zones de dépassements - Système respiratoire	17
Tableau 8. Populations exposées à des dépassements – exposition par inhalation – effets sans seuil	18
Tableau 9. Populations exposées à des dépassements –effets sans seuil cumulés par inhalation	20
Tableau 10. Part des différentes substances dans les zones de dépassements – effets sans seuil cumulés par inhalation	20

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Zone géographique étudiée	6
Figure 2 : Méthodologie générale de la phase de modélisation.....	7
Figure 3 : Cartographie des concentrations moyennes annuelles dans l'air ambiant des particules diesel.....	9
Figure 4 : Méthodologie déployée pour l'Evaluation des Risques Sanitaires	10
Figure 5 : Répartition de la population par bâtiment. Exemple d'un zoom dans le centre de Martigues.	12
Figure 6 : Populations sensibles recensées sur l'ensemble du domaine d'étude	13
Figure 7 : Localisation des populations exposées à des dépassements de Valeur Guide	15
Figure 8 : Populations exposées à des dépassements – exposition par inhalation – particules diesel – effets à seuil	16
Figure 9 : Localisation des populations exposées à des dépassements– système respiratoire– effets à seuil	17
Figure 10 : Localisation des populations exposées à des dépassements – exposition par inhalation – effets sans seuil.....	18
Figure 11 : Localisation des populations exposées à des dépassements – effets sans seuil cumulés par inhalation.....	19
Figure 12 : Principe de l'application OSIRIS	22

ANNEXES

ANNEXE 1 : Références

► Documents de référence

NUMTECH (2014) ; Rapport SCENARII : phase Modélisation, Air PACA - NUMTECH

NUMTECH (2015) ; Rapport SCENARII : phase Evaluation des risques sanitaires, Air PACA - NUMTECH

► Bibliographie

HCSP (2010) ; ERS dans les études de zone - utilité, lignes méthodologiques et interprétation.

InVS (2000) ; Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact.

INERIS (2003) ; Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE – Substances chimiques.

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

BURGEAP (2008) ; Evaluation des risques sanitaires dans la Zone Industrielle de Fos-sur-Mer.

BURGEAP (2008) ; Mise à jour de l'étude sanitaire de Berre l'Etang.

BURGEAP (2010) ; Étude d'évaluation des risques sanitaires dans la vallée du Paillon.

BURGEAP (2011) ; Evaluation des risques sanitaires liés aux rejets de la zone industrielle de Lavéra - La Mède.



Synthèse du projet SCENARII

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'Étang 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.

► Dépassements des valeurs de gestion pour 7 substances

Pour 7 des substances étudiées, des dépassements des valeurs de gestion sont observés : le dioxyde d'azote, les particules PM10, les particules PM2.5, les particules diesel, le benzène, 1,3-Butadiène et le 1,2-Dichloroéthane :

- Pour le dioxyde d'azote (NO2) et les particules (PM10, PM2.5, particules diesel), les dépassements des valeurs de gestion ne sont pas une spécificité de la région de l'Étang de Berre. Ils sont également observés dans d'autres zones de la région et plus largement sur le territoire national.
- Pour le 1,2-dichloroéthane, le benzène et le 1,3-butadiène, des dépassements des seuils de gestion des risques spécifiques à la zone d'étude sont observés autour du Golfe de Fos, de Martigues et de Berre où de nombreuses activités industrielles sont présentes. Pour le benzène et le 1,3-butadiène des dépassements des seuils de gestion des risques sont également observés à proximité des axes de circulation importants ou de l'aéroport de Marignane mais tout comme pour les particules et le dioxyde d'azote ces dépassements ne sont pas spécifiques à la zone d'étude.

► Effets cumulés : dépassements sur l'ensemble du territoire

En considérant les effets cumulés, l'ensemble de la population de la zone d'étude est concerné par des dépassements du seuil de conformité. Des secteurs présentent néanmoins des indicateurs de risques plus élevés (Golfe de Fos, Martigues, Berre, Marignane et certains axes de transport). De plus des dépassements ponctuels du seuil d'action rapide sont observés à proximité immédiate des axes de circulation importants tels que l'autoroute A55, l'autoroute A7, la départementale D9 (0,06% de la population de la zone étudiée) ou au cœur de sites industriels (absence de population résidente).

En partenariat avec :



Responsable de publication : Boualem MESBAH - Publication : Janvier 2018

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

