AtmoSud

Inspirer un air meilleur

SCENARII-2

Evaluation des risques sanitaires liée à l'exposition chronique par inhalation à la pollution atmosphérique – Zone Etang de Berre

Mars 2026

Date de parution
Février 2026

Contact
Edwige REVELAT
Sébastien MATHIOT
Yann CHANNAC-MONGREDIEN

Références
SCENARII-2

REMERCIEMENTS

Le projet SCENARII a bénéficié du concours scientifique et/ou financier des partenaires suivants que nous tenons à remercier pour leur investissement :

- L'ARS PACA
- La DREAL PACA
- Santé Publique France

PARTENAIRES

ARS PACA

DREAL PACA

Santé Publique France

SOMMAIRE

I Contexte 13
II Objectif de SCENARII-2 13
III Résultats de SCENARII-1 14
III.1 Les polluants étudiés dans l'étude SCENARII-1 14
III.2 Dépassements des valeurs de gestion pour 7 substances en 2013 14
III.3 Effets cumulés : dépassements sur l'ensemble du territoire 15
IV Quelles actions pour améliorer la qualité de l'air mises en œuvre depuis 2018 ? 15
IV.1 Suite à SCENARII-1, évolution des activités industrielles 16
IV.2 Renforcement de la surveillance de la qualité de l'air par AtmoSud 16
V Méthodologie 18
V.1 Schéma méthodologique général 18
V.2 Sources d'émissions de polluants atmosphériques 18
V.3 Effets des durées d'exposition par inhalation 22
V.4 Evaluation des concentrations 22
V.5 Caractérisation des populations 30
VI Polluants étudiés dans SCENARII-2 33
VII valeurs de référence associées aux polluants étudiés 34
VII.1 Définitions 34
VII.2 Valeurs retenues pour le risque chronique à date de fin septembre 2024 35
VIII Caractérisation des risques sanitaires 37
IX Scénarios d'exposition 39
X Résultats unitaires 42
X.1 Dioxyde d'azote NO_2 43
X.2 Particules PM10 46
X.3 Particules PM2.5 50
X.4 Dioxyde de soufre SO_2 54
X.5 Ammoniac 57
X.6 Sulfure d'hydrogène H_2S 60
X.7 Benzène 63
X.8 1,3-butadiène 69
X.9 1,2-dichloroéthane (ou 1,2-DCE) 74
X.10 Chlorure de vinyle monomère (CVM) 79
X.11 Oxyde d'éthylène 83
X.12 Oxyde de propylène 91
X.13 Trichloroéthylène 95

X.14 Naphtalène 99
X.15 Benzo(a)pyrène BaP 103
X.16 HAP totaux 107
X.17 Antimoine 112
X.18 Arsenic 115
X.19 Cadmium 119
X.20 Chrome 122
X.21 Cobalt 125
X.22 Cuivre 129
X.23 Manganèse 132
X.24 Mercure 135
X.25 Nickel 140
X.26 Plomb 145
X.27 Vanadium 149
X.28 Dioxines et furannes 153
X.29 PCB 156
XI Effets cumulés 160
XI.1 Cumul des effets à seuil de dose 160
XI.2 Risques cumulés sans seuil 161
XII Discussions 166
XII.1 Les émissions 166
XII.2 La modélisation 167
XII.3 Les années de référence 168
XII.4 Les mesures 168
XII.5 Les temps d'exposition 168
XII.6 Les valeurs de référence 169
XII.7 Les substances prises en compte 171
XIII Synthèse 179
XIII.1 Résultats de SCENARII-2 179
XIII.2 Comparaison SCENARII-1 / SCENARII-2 181

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des populations exposées à des dépassements - effets sans seuil cumulés par inhalation - SCENARII-1 15
Figure 2 : Schéma conceptuel général – Source : AtmoSud 18
Figure 3 : les principales étapes de constitution d'un inventaire – Source : AtmoSud 19
Figure 4 : schéma de principe pour passer des émissions à la concentration corrigée dans l'air 22
Figure 5 : Passage de l'inventaire des émissions communales au cadastre des émissions (maille kilométrique) pour les oxydes d'azote NOx – Source : AtmoSud 23
Figure 6 : chaîne ADMS-Urban 24
Figure 7 : Localisation des fichiers de modélisation utilisés - Source : AtmoSud 25
Figure 8 : Représentation des hauteurs de rugosité par zone de calcul - Source : AtmoSud 26
Figure 9 : comparaison mesures / modèle pour la météorologie locale en 2021 28
Figure 10 : Exemple de fichier de modélisation utilisé – Source : AtmoSud 29
Figure 11 : Localisation des communes retenues dans la mise à jour de SCENARII 30
Figure 12 : Localisation des établissements accueillant des enfants dans les communes retenues pour la mise à jour de SCENARII – Source : AtmoSud 33
Figure 13 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de NOx depuis 2012 43
Figure 14 : évolution des concentrations de NO_2 sur les stations historiques de la zone Scenarii depuis 1989 44
Figure 15 : concentration moyenne annuelle de NO_2 en 2021 44
Figure 16 : carte de comparaison aux valeurs de gestion pour le NO_2 en 2021 45
Figure 17 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PM10 depuis 2012 . 46
Figure 18 : évolution des concentrations de PM10 sur les stations historiques de la zone Scenarii depuis 2000 47
Figure 19 : concentration moyenne annuelle de PM10 en 2021 48
Figure 20 : carte du risque à seuil pour les PM10 en 2021 49
Figure 21 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PM2.5 depuis 2012 50
Figure 22 : évolution des concentrations de PM2.5 sur les stations historiques de la zone Scenarii depuis 2004 51
Figure 23 : concentration moyenne annuelle de PM2.5 en 2021 52
Figure 24 : carte du risque à seuil pour les PM2.5 en 2021 53
Figure 25 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de SOx depuis 2012 54
Figure 26 : évolution des concentrations de SO_2 sur les stations historiques de la zone SCENARII depuis 1983 55
Figure 27 : concentration moyenne annuelle de SO_2 en 2021 55
Figure 28 : carte du risque à seuil pour le SO_2 en 2021 56
Figure 29 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de NH_3 depuis 2012 57
Figure 30 : concentration moyenne annuelle d'ammoniac en 2021 58
Figure 31 : Population exposée au QD pour l'ammoniac en 2021 58
Figure 32 : carte du QD pour l'ammoniac en 2021 59
Figure 33 : évolution des émissions de H_2S depuis 2012 60
Figure 34 : concentration moyenne annuelle pour l'H_2S en 2021 61
Figure 35 : Population exposée au QD > 1 pour l'H_2S en 2021 61
Figure 36 : carte du QD pour l'H_2S en 2021 62

Figure 37 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de benzène depuis 2012 63
Figure 38 : évolution des concentrations de C_6H_6 sur les stations historiques de la zone Scenarii depuis 2006 64
Figure 39 : concentration moyenne annuelle de benzène C_6H_6 en 2021 65
Figure 40 : carte du QD pour le benzène en 2021 66
Figure 41 : Carte de l'ERI pour le benzène en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 67
Figure 42 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de 1,3-BD depuis 2012 69
Figure 43 : concentration moyenne annuelle de 1,3-butadiène en 2021 70
Figure 44 : Population exposée à un QD supérieur à 1 pour le 1,3-butadiène en 2021 71
Figure 45 : carte du QD pour le 1,3-butadiène en 2021 71
Figure 46 : Population exposée à un ERI pour le 1,3-butadiène en 2021 72
Figure 47 : carte de l'ERI pour le 1,3-butadiène en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 72
Figure 48: évolution des émissions de 1,2-DCE depuis 2012 74
Figure 49 : concentration moyenne annuelle de 1,2-dichloroéthane en 2021 75
Figure 50 : carte du QD pour le 1,2-DCE en 2021 76
Figure 51 : carte de l'ERI pour le 1,2-DCE en 2021 pour le scénario Vie Entière 77
Figure 52 : évolution des émissions de CVM depuis 2012 79
Figure 53 : concentration moyenne annuelle de CVM en 2021 80
Figure 54 : carte du QD pour le CVM en 2021 81
Figure 55 : carte de l'ERI pour le CVM en 2021 pour le scénario Vie entière 82
Figure 56 : évolution des émissions d'OE depuis 2012 83
Figure 57 : concentration moyenne annuelle d'oxyde d'éthylène en 2021 84
Figure 58 : carte du QD pour l'oxyde d'éthylène en 2021 85
Figure 59 : carte de l'ERI pour l'OE en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 86
Figure 60 : carte de l'ERI pour l'OE en 2021 pour le scénario Enfant Riverain 86
Figure 61 : carte de l'ERI pour l'OE en 2021 pour le scénario Riverain Vie entière (scénario majorant) 87
Figure 62 : concentration moyenne annuelle de OE en 2021 (en haut) et en 2023 (en bas) 89
Figure 63 : carte de l'ERI pour le scénario Adulte Riverain pour l'OE en 2021 (en haut) et en 2023 (en bas) 90
Figure 64 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions d'OP depuis 2012 91
Figure 65 : concentration moyenne annuelle d'oxyde de propylène en 2021 92
Figure 66 : carte du QD pour l'oxyde de propylène en 2021 93
Figure 67 : carte de l'ERI pour l'OP en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 94
Figure 68 : évolution des émissions de TCE depuis 2012 95
Figure 69 : concentration moyenne annuelle de trichloroéthylène en 2021 96
Figure 70 : carte du QD pour le trichloréthylène en 2021 97
Figure 71 : cartographie de l'ERI pour le TCE en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 98
Figure 72 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de naphtalène depuis 2012 99
Figure 73 : concentration moyenne annuelle de naphtalène en 2021 100
Figure 74 : carte du QD pour le naphtalène en 2021 101
Figure 75 : carte du risque sans seuil pour le naphtalène en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 102
Figure 76 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de BaP depuis 2012... 103
Figure 77 : concentration moyenne annuelle de BaP en 2021 104

Figure 78 : carte du QD pour le BaP en 2021 105
Figure 79 : carte de l'ERI pour le BaP en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 106
Figure 80 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de HAP depuis 2012 .. 107
Figure 81 : concentration moyenne annuelle de HAP totaux en 2021 109
Figure 82 : carte du QD pour les HAP totaux en 2021 110
Figure 83 : carte de l'ERI pour les HAP totaux en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 111
Figure 84 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Sb depuis 2012 112
Figure 85 : concentration moyenne annuelle pour l'antimoine en 2021 113
Figure 86 : carte du QD pour l'antimoine en 2021 114
Figure 87 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions d'Arsenic depuis 2012115
Figure 88 : concentration moyenne annuelle d'arsenic en 2021 116
Figure 89 : carte du QD pour l'arsenic en 2021 117
Figure 90 : carte de l'ERI pour l'arsenic en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 118
Figure 91 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Cd depuis 2012..... 119
Figure 92 : concentration moyenne annuelle de cadmium en 2021 120
Figure 93 : carte du QD pour le cadmium en 2021 121
Figure 94 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Cr depuis 2012 122
Figure 95 : cartographie du chrome total en 2021 - Zone SCENARII - source : AtmoSud 124
Figure 96 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Cobalt depuis 2012 125
Figure 97 : concentration moyenne annuelle de cobalt en 2021 126
Figure 98 : carte du QD pour le cobalt en 2021 127
Figure 99 : carte de l'ERI pour le cobalt en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 128
Figure 100 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Cu depuis 2012... 129
Figure 101 : concentration moyenne annuelle de cuivre en 2021 130
Figure 102 : carte du QD pour le cuivre en 2021 131
Figure 103 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Mn depuis 2012 . 132
Figure 104 : concentration moyenne annuelle de manganèse en 2021 133
Figure 105 : carte du QD pour le manganèse en 2021 134
Figure 106 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Hg depuis 2012 .. 135
Figure 107 : évolution des concentrations moyennes en mercure gazeux sur le site de Martigues Lavéra depuis 2018 136
Figure 108 : concentration moyenne annuelle de mercure en 2021 136
Figure 109 : carte du QD pour le mercure en 2021 137
Figure 110 : Comparaison des cartographies des concentrations moyennes annuelles de mercure gazeux en 2021 138
Figure 111 : Comparaison des cartographies des concentrations moyennes annuelles de mercure gazeux en 2023 139
Figure 112 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Ni depuis 2012 ... 140
Figure 113 : concentration moyenne annuelle de nickel en 2021 141
Figure 114 : carte du QD pour le nickel en 2021 142
Figure 115 : carte de l'ERI pour le nickel en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 143
Figure 116 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Pb depuis 2012... 145
Figure 117 : concentration moyenne annuelle de plomb en 2021 146
Figure 118 : carte du QD pour le plomb en 2021 147
Figure 119 : carte de l'ERI pour le plomb en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 148

Figure 120 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de V depuis 2012 149
Figure 121 : concentration moyenne annuelle de vanadium en 2021 151
Figure 122 : carte du QD pour le vanadium en 2021 152
Figure 123 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PCDD-F depuis 2012 153
Figure 124 : concentration moyenne annuelle en air ambiant de PCDDF en 2021 154
Figure 125 : cartographie du QD pour les PCDDF en 2021 155
Figure 126 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PCB depuis 2012 156
Figure 127 : concentration moyenne annuelle de PCB en air ambiant en 2021..... 157
Figure 128 : carte du QD pour les PCB en 2021 158
Figure 129 : évolution des concentrations de PCB dans l'air parisien depuis 1986..... 159
Figure 130 : carte de l'ERI cumulé tout organe cible pour le scénario Riverain vie entière 162
Figure 131 : carte de l'ERI cumulé pour le scénario Adulte Riverain - 2021 164
Figure 132 : carte de l'ERI cumulé pour le scénario Riverain Enfant - 2021 165
Figure 133 : concentration moyenne annuelle de chrome III en 2021 172
Figure 134 : concentration moyenne annuelle de chrome VI en 2021..... 172
Figure 135 : carte de l'ERI pour le chrome VI en 2021 pour le scénario Enfant Riverain 173
Figure 136 : carte de l'ERI pour le chrome VI en 2021 pour le scénario Adulte Riverain 174
Figure 137 : carte de l'ERI pour le chrome VI en 2021 pour le scénario Riverain vie entière..... 174
Figure 138 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PM10 liées à l'utilisation de produits pétroliers depuis 2012 sur le territoire des 66 communes de SCENARII-2 (référence inventaire V9) 176
Figure 139 : concentration moyenne annuelle de particules diesel en 2021 177
Figure 140 : Exposition de la population aux valeurs de l'OMS sur le territoire SCENARII - 2024..... 181
Figure 141 : évolution de l'indice ICAIR365 sur la zone SCENARII entre 2015 et 2024 – Source : AtmoSud 182

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Synthèse des paramètres clés de SCENARII-1 14
Tableau 2. Liste des substances étudiées pour le risque chronique par inhalation 14
Tableau 3. Evolution du nombre de mesures fixes entre 2018 et 2025 sur la zone Scenarii 17
Tableau 4. Principaux secteurs d'activités de l'inventaire des émissions AtmoSud 20
Tableau 5. Comparaison mesures/modèles pour les données météorologiques - Source : AtmoSud. 27
Tableau 6. Liste des communes retenues dans la mise à jour de SCENARII 31
Tableau 7. Répartition de la population par commune et par classe d'âge (source : INSEE 2024 et LCSQA 2021)..... 31
Tableau 8. Lignes directrices OMS 2021 et valeurs réglementaires applicables en exposition chronique (année) – Concentration exprimée en µg/m^3 35
Tableau 9. Valeurs de référence retenues pour le risque chronique par inhalation pour les polluants réglementés ne disposant pas de VTR 35
Tableau 10. VTR des polluants atmosphériques retenus dans SCENARII-2 36
Tableau 11. Description des scénarios d'exposition 39
Tableau 12. Hypothèses retenues..... 42
Tableau 13. Population exposée aux dépassements des valeurs de référence pour le NO_2..... 45
Tableau 14. Population exposée aux dépassements de valeurs de référence pour les PM10..... 48
Tableau 15. Population exposée aux dépassements des valeurs de référence pour les PM2.5 52
Tableau 16. Population exposée aux dépassements de la VL 2030 pour le SO_2 en 2021..... 56
Tableau 17 : concentration de NH_3 dans les Bouches-du-Rhône en 2021 - Source : AtmoSud..... 57
Tableau 18. Population exposée à un QD supérieur à 1 pour le benzène en 2021 66
Tableau 19. Population exposée à un ERI pour le benzène 67
Tableau 20 : évolution des concentrations de 1,3-butadiène depuis 2015 - – en rouge l'année de référence de l'étude..... 70
Tableau 21 : Concentration moyenne depuis 2018 sur le territoire SCENARII-2 – en rouge l'année de référence de l'étude..... 74
Tableau 22. Population exposée à un QD supérieur à 1 pour le 1,2-DCE en 2021 75
Tableau 23. Population exposée à l'ERI pour le 1,2-DCE 77
Tableau 24. Population exposée à un QD pour le CVM en 2021 80
Tableau 25. Population exposée à l'ERI pour le CVM 81
Tableau 26. Population exposée au QD supérieur à 1 pour l'oxyde d'éthylène en 2021..... 85
Tableau 27. Population exposée à l'ERI pour l'oxyde d'éthylène en 2021 87
Tableau 28. Hypothèses de travail 88
Tableau 29. Population exposée à l'ERI pour l'oxyde d'éthylène en 2021 et 2023 90
Tableau 30. Population exposée au QD supérieur à 1 pour l'oxyde de propylène en 2021..... 93
Tableau 31. Population exposée à l'ERI pour l'oxyde de propylène 94
Tableau 32. Population exposée au QD pour le trichloroéthylène en 2021 96
Tableau 33. Population exposée à l'ERI pour le trichloroéthylène 97
Tableau 34. Evolution des concentrations de naphtalène depuis 2019-2020- – en rouge l'année de référence de l'étude..... 100
Tableau 35. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le naphtalène en 2021..... 101
Tableau 36. Population exposée à l'ERI pour le naphtalène..... 102
Tableau 37. Evolution des concentrations en BaP depuis 2018 - Zone SCENARII..... 104

Tableau 38. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le BaP en 2021 105
Tableau 39. Population exposée à l'ERI pour le BaP 106
Tableau 40. Toxicité des HAP en équivalent BaP 108
Tableau 41. Population exposée au QD supérieur à 1 pour les HAP totaux en 2021 109
Tableau 42. Population exposée à l'ERI pour les HAP totaux 110
Tableau 43. Evolution des niveaux d'Antimoine depuis 2018 sur la zone SCENARII 113
Tableau 44. Population exposée au QD supérieur à 1 pour l'antimoine en 2021 114
Tableau 45. Evolution des niveaux de l'arsenic sur la zone SCENARII 116
Tableau 46. Population exposée au QD supérieur à 1 pour l'arsenic en 2021 117
Tableau 47. Population exposée à l'ERI pour l'arsenic..... 118
Tableau 48. Evolution des niveaux de cadmium sur la zone SCENARII..... 120
Tableau 49. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le cadmium en 2021..... 121
Tableau 50. Evolution des niveaux de chrome total depuis 2011-2012 sur la zone SCENARII 123
Tableau 51 : Evolution des niveaux de cobalt sur la zone SCENARII..... 126
Tableau 52. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le cobalt en 2021..... 127
Tableau 53. Population exposée aux dépassements de la VTR sans seuil pour le cobalt..... 128
Tableau 54. Evolution des niveaux de cuivre sur la zone SCENARII..... 130
Tableau 55. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le cuivre en 2021 131
Tableau 56. Evolution des niveaux de de manganèse depuis 2018 sur la zone SCENARII..... 133
Tableau 57. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le manganèse en 2021 134
Tableau 58. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le mercure en 2021 137
Tableau 59. Evolution des niveaux de nickel sur la zone SCENARII – en rouge l'année de référence de l'étude 141
Tableau 60. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le nickel en 2021..... 142
Tableau 61. Population exposée à l'ERI pour le nickel..... 143
Tableau 62. Evolution des VTR à seuil et sans seuil du nickel utilisées pour SCENARII-1 et SCENARII-2 144
Tableau 63. Evolution des niveaux de plomb sur la zone SCENARII – en rouge l'année de référence de l'étude 146
Tableau 64. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le plomb en 2021..... 147
Tableau 65. Population exposée à l'ERI pour le plomb..... 148
Tableau 66. Evolution des niveaux de vanadium sur la zone SCENARII – en rouge l'année de référence de l'étude 150
Tableau 67. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le vanadium en 2021 152
Tableau 68. Population exposée au QD supérieur à 1 pour les PCDDF en 2021 155
Tableau 69. Population exposée au QD supérieur à 1 pour les PCB en 2021 158
Tableau 70. Détermination des substances dont les effets critiques à seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même organe cible (source : INERIS) et conclusion associée à l'étude SCENARII-2..... 160
Tableau 71. Détermination des substances dont les effets critiques sans seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même système cible (source : INERIS)..... 161
Tableau 72. Exposition des populations à l'ERI pour le risque cumulé sans seuil - tout organe cible 162
Tableau 73 : Nombre d'habitants pour lesquels l'excès de risque dépasse la valeur repère de 10-5 pour les effets cumulés sans seuil par commune..... 163
Tableau 74 : Part moyenne des substances dans les zones de dépassement 163
Tableau 75. Populations exposées à l'ERI pour le risque cumulé sans seuil – tout organe cible 164

Tableau 76. Populations exposées 165
Tableau 77. Evolution des VTR à seuil pour les substances concernées par des changements entre SCENARII-1 et SCENARII-2 169
Tableau 78. Evolution des VTR sans seuil pour les polluants concernés par des changements entre SCENARII-1 et SCENARII-2 170
Tableau 79. Population exposée à l'ERI pour le chrome VI..... 173
Tableau 80. Valeurs toxicologiques de référence pour les particules diesel 177
Tableau 81. Population exposée au QD supérieur à 1 pour les Particules Diesel en 2021..... 177
Tableau 82. Population exposée aux dépassements de la VTR sans seuil pour les Particules Diesel. 178
Tableau 83. Populations exposées au QD supérieur à 1 pour les risques cumulés à seuil pour l'organe : poumon 178
Tableau 84. Populations exposées à l'ERI pour un risque cumulé sans seuil - tout organe cible..... 178
Tableau 85. Populations exposées à des valeurs supérieures aux seuils réglementaires en 2021 179
Tableau 86. Populations exposées à des valeurs supérieures aux VTR sans seuil pour un excès de risque supérieur à 10^{-5}..... 180
Tableau 87 : Domaines de gestion des risques pour l'interprétation des résultats de l'étude quantitative des risques sanitaires dans le cadre d'une étude de zone (HCSP, 2010) 187
Tableau 87 : Comparaison de SCENARII-1 et SCENARII-2 au regard des domaines de gestion des risques du HCSP 187

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS 191

Annexe 2 – Quelles actions mises en œuvre sur le territoire pour améliorer la qualité de l'air depuis 2018 ? 195

Annexe 3 – Cartographie des QD pour les effets cumulés 200

Annexe 4 – Cartographie des ERI pour les effets cumulés par organe cible – Scénario riverain Vie Entière 205

Annexe 5 – Cartographie des ERI pour les effets cumulés par organe cible – Scénario Adulte riverain 209

Annexe 6 – Cartographie des ERI pour les effets cumulés par organe cible – Scénario enfant riverain 213

I CONTEXTE

L'évaluation du risque sanitaire (ERS) est une démarche dont l'objectif est d'estimer l'impact des facteurs environnementaux sur la santé, dont celui de la pollution atmosphérique.

Les travaux du projet SCENARII-1[1] ont été menés par AtmoSud avec l'Agence Régionale de Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur (ARS Paca) et la Direction Régionale de l'Environnement et du Logement Paca dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement (PRSE). Ils visaient à prévenir et à gérer, sur le long terme, le risque potentiel encouru par les populations vivant à proximité d'une source de pollution. Le territoire couvert regroupait 66 communes, situées autour de l'étang de Berre.

II OBJECTIF DE SCENARII-2

L'objectif de SCENARII-2 est d'observer l'évolution des émissions atmosphériques et des risques sanitaires associés depuis SCENARII-1.

Les travaux du projet SCENARII-2 sont menés par AtmoSud avec l'ARS Paca et la DREAL Paca dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement (PRSE).

Dans ce cadre, AtmoSud calcule les quantités de substances émises par les différentes sources de pollution, réalise leur dispersion dans l'atmosphère et évaue l'exposition des populations à divers polluants et s'appuie sur :

- La modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques des polluants pris en compte sur le territoire retenu pour en estimer les variations spatiales ;
- La consolidation des modèles via les données fournies par le réseau de mesures de la qualité de l'air permettant d'évaluer les concentrations moyennes de chaque polluant ;
- L'évaluation des risques sanitaires à long terme par inhalation.

L'étude prend en compte de 30 substances polluantes dont :

- Les polluants réglementés disposant d'une valeur guide
- Les polluants ayant présenté un risque dans l'étude SCENARII-1 et qui ont, pour certains, fait l'objet de plans d'action de réduction et de maitrise des émissions : benzène, chlorure de vinyle monomère CVM, 1,2-dichloroéthane, 1,3-butadiène, oxyde d'éthylène, oxyde de propylène, mercure gazeux.
- Les polluants d'intérêt sanitaire locaux et/ou nationaux : naphtalène, ammoniac, métaux, HAP totaux, hydrogène sulfuré…

La liste exhaustive de polluants pris en compte est :

- Dioxyde d'azote (NO_2)
- Dioxyde de soufre (SO_2)
- PM10
- PM2.5
- Ammoniac
- Sulfure d'hydrogène (H_2S)
- Benzène
- 1,3 Butadiène
- 1,2-Dichloroéthane
- Chlorure de vinyle monomère (CVM)
- Oxyde de propylène
- Oxyde d'éthylène
- Trichloroéthylène
- Naphtalène
- Benzo(a)pyrène BaP
- HAP totaux eq B(a)P
- Antimoine (Sb)
- Arsenic (As)
- Cadmium
- Chrome (Chrome III et chrome 6)
- Cobalt (Co)
- Cuivre (Cu)
- Manganèse (Mn)
- Mercure (Hg)
- Nickel (Ni)
- Plomb (Pb)
- Vanadium (V)
- Dioxines et furannes
- PCB

[1] https://www.atmosud.org/sites/sud/files/content/migrated/atoms/files/180125_synthese_scenarii.pdf

III RESULTATS DE SCENARII-1

Le projet SCENARII a été réalisé dans le cadre du PRSE. Il répondait à l'objectif de réduction et de contrôle des expositions à la pollution atmosphérique ayant un impact sur la santé. Ce projet s'inscrivait dans le prolongement de plusieurs études sanitaires de zone conduites par l'État au début des années 2010.

Cette démarche sur la région de l'Etang de Berre a permis d'identifier les zones pour lesquelles des dépassements des seuils de gestion étaient observés. Plus de 30 substances et l'ensemble des sources de pollution ont été intégrées (industries, transports, chauffages, navires…).

Tableau 1. Synthèse des paramètres clés de SCENARII-1

Territoire	**Localisation**
66 communes	Ouest des Bouches-du-Rhône et Etang de Berre
Météorologie prise en compte	**Année de référence Météorologie**
Istres – Marignane - Salon	2013
Polluants / exposition chronique par inhalation	**Année de référence Cadastre AtmoSud**
32 substances	2010

III.1 Les polluants étudiés dans l'étude SCENARII-1

Tableau 2. Liste des substances étudiées pour le risque chronique par inhalation

Dioxyde de soufre SO_2	Benzène	Arsenic
Dioxyde d'azote NO_2	1,2-dichloroéthane	Cadmium
PM2.5 - Particules de diamètre inférieur à 2,5 µm	1,3-butadiène	Chrome
PM10 - Particules de diamètre inférieur à 10 µm	Benzo[a]anthracène	Cuivre
Ammoniac NH_3	Benzo[a]pyrène	Mercure
Acide chlorhydrique HCl	Benzo[b]fluoranthène	Nickel
Acide fluorhydrique HF	Benzo[k]fluoranthène	Plomb
Hydrogène sulfuré H_2S	Dibenzo[a,h]anthracène	Sélénium
Particules Diesel	Indéno[1,2,3-c,d]pyrène	Vanadium
Dioxines et furannes PCDD/F	Fluoranthène	Zinc
Polychlorobiphényls PCB	Naphtalène	

III.2 Dépassements des valeurs de gestion pour 7 substances en 2013

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

- Pour le **dioxyde d'azote (NO_2)** et les **particules (PM10, PM2.5, particules diesel),** les dépassements des valeurs de gestion n'étaient pas une spécificité de la région de l'Etang de Berre. Ils étaient 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 étaient 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 étaient également observés à proximité des axes de circulation importants ou de l'aéroport de

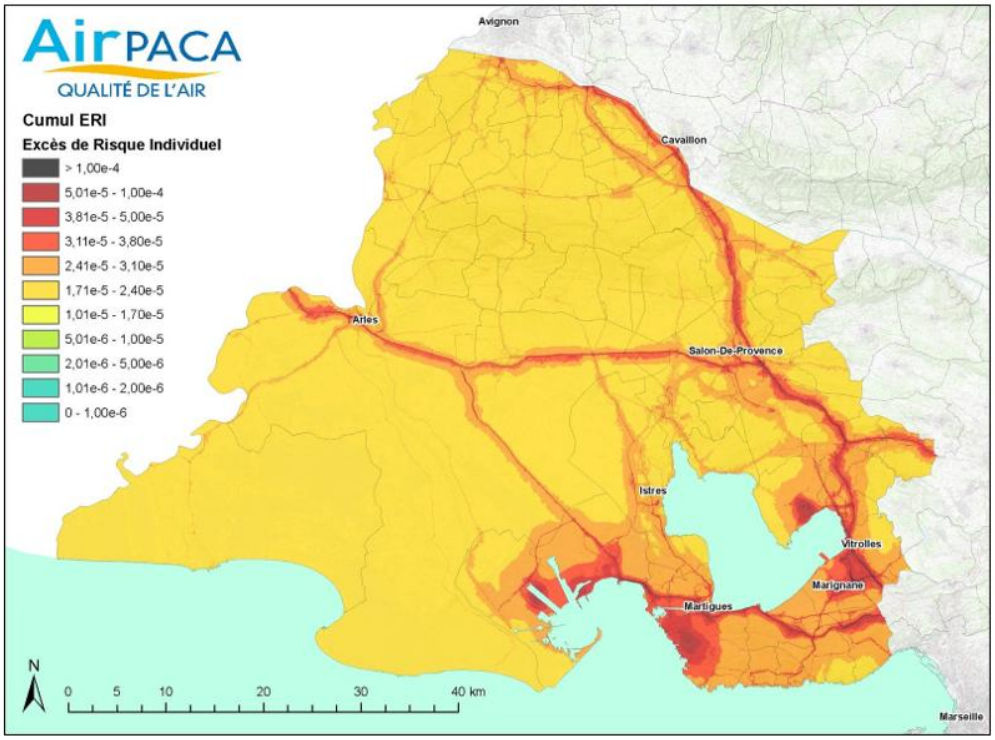
Marignane, mais tout comme pour les particules et le dioxyde d'azote ces dépassements n'étaient pas spécifiques à la zone d'étude.

III.3 Effets cumulés : dépassements sur l'ensemble du territoire

En considérant les effets cumulés, l'ensemble de la population de la zone d'étude était concerné par un dépassement du seuil de référence sanitaire. Certains secteurs présentaient des indicateurs de risques plus élevés (Golfe de Fos, Martigues, Berre, Marignane, à proximité d'axes de transport importants et de sites industriels).

De plus, **des dépassements du seuil d'action rapide** étaient 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 1 : Localisation des populations exposées à des dépassements - effets sans seuil cumulés par inhalation - SCENARII-1



Le 1-3 butadiène, 1,2-dichloroéthane et le benzène contribuaient le plus au risque sanitaire global. Ils proviennent majoritairement des sources industrielles.

IV QUELLES ACTIONS POUR AMELIORER LA QUALITE DE L'AIR MISES EN ŒUVRE DEPUIS 2018 ?

De nombreux plans d'actions de réduction des émissions et d'amélioration de la qualité de l'air ont été mis en œuvre sur le territoire, comme au niveau régional et national. Ces plans répondent, pour la plupart d'entre eux, à des exigences réglementaires, au niveau européen ou national.

Ainsi par exemple, la Loi relative à la Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV) renforce en effet le rôle des collectivités territoriales dans la lutte contre le changement climatique. Au premier plan du nouveau dispositif, le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) associe les enjeux climat-air-énergie. Les intercommunalités de plus de 20 000 habitants ont l'obligation de mettre en place les plans climat à l'échelle de leur territoire. Cette démarche implique une coordination avec l'ensemble des acteurs du territoire. Elle s'articule avec les outils de planification, les documents d'urbanisme, et les démarches de développement durable. Un nombre important de territoires s'engagent en dehors

de cette obligation réglementaire. L'ensemble des démarches climat qui peuvent être mise en œuvre ont pour point commun la lutte contre le changement climatique. En effet, malgré des dénominations, des formalismes, des "focus" particuliers à chacun des projets de territoires, l'objectif est le même et ces démarches sont à voir plutôt en complémentarité plutôt qu'en concurrence.

Voir Annexe 2 pour le détail des plans d'actions et des programmes d'amélioration de la qualité de l'air.

IV.1 Suite à SCENARII-1, évolution des activités industrielles

Les activités industrielles (secteurs d'activité Industrie et Production d'énergie) ont montré des évènements majeurs depuis SCENARII-1 :

- Fermeture de sites ou de secteurs d'activité :
  - raffinerie de Berre en 2012 (arrêt du process de raffinerie et maintien des autres activités de la plateforme pétrochimique)
  - arrêt/reconversion de la tranche Charbon de la Centrale Thermique de Meyreuil

- Changement de process : la transformation de TotalEnergies de La Mède entre 2015 et 2019 en bioraffinerie pour la production d'AdBlue (additif permettant de réduire les émissions de Nox des moteurs diesel) et de diesel renouvelable à partir d'huiles végétales, d'huiles de cuisson usagées et graisses animales issues de l'économie circulaire.

- A la suite de SCENARII-1, des **arrêtés préfectoraux complémentaires** ont visé les composés organiques volatils COV prioritaires (benzène, 1,2-dichloroéthane (1,2-DCE) et le 1,3-butadiène) puis les COV non prioritaires (oxyde d'éthylène OE, oxyde de propylène OP et chlorure de vinyle monomère CVM) avec les objectifs de réduire les émissions diffuses et fugitives des COV sur le site et d'assurer une surveillance environnementale des polluants atmosphérique sur les différents COV selon les spécificités de l'établissement.

  Ainsi plus de 10 exploitations industrielles ont étudié et géré les émissions diffuses de COV et mis en œuvre depuis 2020 une surveillance environnementale pour 1 à 6 des polluants visés. Ces plans de surveillance, quand ils ont été menés avec AtmoSud, permettent aujourd'hui de disposer d'information en un grand nombre de points de mesure, notamment sur les polluants benzène, 1,2-DCE, 1,3-butadiène.
  Cette action est en cours d'évaluation par les services de la DREAL.

IV.2 Renforcement de la surveillance de la qualité de l'air par AtmoSud

Début 2018, la surveillance de la qualité de l'air était principalement articulée autour des polluants réglementaires « classiques » : NO_2, SO_2, O_3, PM10, PM2.5. Le SO_2 gardait notamment une place prépondérante, en raison de son importance historique. En complément :

- Depuis 2004, deux analyseurs automatiques de COV étaient déployés sur les sites de Berre l'Etang et Martigues Lavéra ;
- Depuis 2015, un premier analyseur de Particules UltraFines PUF est installé à Port-de-Bouc-la-Lèque.
- En plus de ces mesures permanentes, des campagnes temporaires sont régulièrement réalisées pour compléter l'information sur le territoire : métaux, HAP, BTEX, Black Carbon…
- A partir de 2018, le dispositif de surveillance permanent a progressivement évolué, avec une réduction du nombre de sites et de mesures réglementaires au profit d'une augmentation des mesures de polluants industriels spécifiques.

Tableau 3. Evolution du nombre de mesures fixes entre 2018 et 2025 sur la zone Scenarii

	Début 2018	Début 2025
Nombre de mesures permanentes par polluant		
SO_2	17	8
NO_2	4	3
O_3	8	8
PM10	8	5
PM2.5	1	8
COV	2	5
PM1	0	3
HAP	0	2
Métaux	0	2
Mercure gaz	1	1
PUF	1	3
Blanck Carbone	0	1
Pesticides	0	1

Enfin, en parallèle, dès 2019, les campagnes temporaires ont également évolué, pour intégrer des polluants spécifiques à l'activité de la zone : 1,2-dichloroéthane (2019-2021), 1,3-butadiène (2019-2021), chlorure de vinyle monomère (2020), oxydes de propylène et d'éthylène (depuis 2020)

V METHODOLOGIE

V.1 Schéma méthodologique général

Pour mener à bien une évaluation des risques sanitaires, il est nécessaire de disposer avant tout d'un schéma conceptuel adapté, qui permet de mettre en relation :

- Des sources de pollution (et les substances émises),
- Des voies de transfert,
- Des milieux d'exposition (avec leurs usages spécifiques).

Figure 2 : Schéma conceptuel général – Source : AtmoSud

Si ces conditions réunies, il est alors possible de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires selon les 4 étapes fondamentales retenues :

- L'identification des dangers lié à l'exposition des différentes substances émises par les sources de pollution retenues
- L'existence des relations dose-réponse, soit la relation entre le niveau d'exposition à une substance et les effets sanitaires attendus, exprimées par les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)
- L'évaluation des expositions, basée sur :
  - Les concentrations pour les différentes substances dans les milieux d'exposition,
  - Les scénarii d'exposition des populations présentes dans les milieux d'exposition,
  - La caractérisation du risque sanitaire, réalisé à l'aide du calcul d'indicateurs de risque :
    - Quotient de Danger (ou QD) pour les effets à seuil : pour les substances à effet de seuil, il y a apparition de symptômes à partir d'un certain seuil de concentration.
    - Excès de Risque Individuels (ou ERI) pour les effets sans seuil : pour les substances sans effet de seuil (substances cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques), l'excès de risque permet d'évaluer le risque de développer des symptômes au-delà d'une certaine probabilité.

Toutes ces étapes sont conformes à celles mentionnées dans les documents :

- Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires (INERIS, 2021) ;
- Evaluation des risques sanitaires dans les analyses de zone (HCSP, 2010).

V.2 Sources d'émissions de polluants atmosphériques

La pollution de l'air est un mélange complexe, en évolution constante, de substances qui peuvent être :

- Chimiques, comme l'ozone, le dioxyde et les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, les métaux (arsenic, plomb), certains composés organiques volatils (COV) comme le butane, l'éthanol ou le benzène, ou encore des hydrocarbures (hydrocarbures aromatiques polycycliques – HAP) présents dans le charbon, le pétrole, ou provenant de la combustion des carburants ou du bois ;
- Physiques, comme les particules fines, des poussières constituées d'une multitude de composants chimiques. Les effets sur la santé dépendent notamment de la taille des particules : les particules grossières, de diamètre compris entre 2,5 et 10 µm, ont des effets sur la santé respiratoire, alors que les particules fines, de diamètre inférieur à 2,5 µm, impactent également la santé cardiovasculaire et aggravent le risque de maladies neurodégénératives.

- Biologiques, tels que les pollens et les moisissures.

Ces polluants de l'air proviennent en minorité de phénomènes d'origine naturelle (vents de sable du Sahara, érosion des sols, éruptions volcaniques…) et en majorité des activités humaines.

Depuis 2003, AtmoSud développe et réalise des inventaires territoriaux d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre (GES). Ces données participent à la compréhension des phénomènes de pollution, à la prévision quotidienne et au suivi de la qualité de l'air des territoires de la région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Une émission correspond à la quantité d'un polluant directement rejeté dans l'atmosphère sur un territoire et dans un temps donné. C'est un flux qui s'exprime en unité de masse émise sur une période donnée, généralement en kilogrammes ou tonnes par an ou par heure.

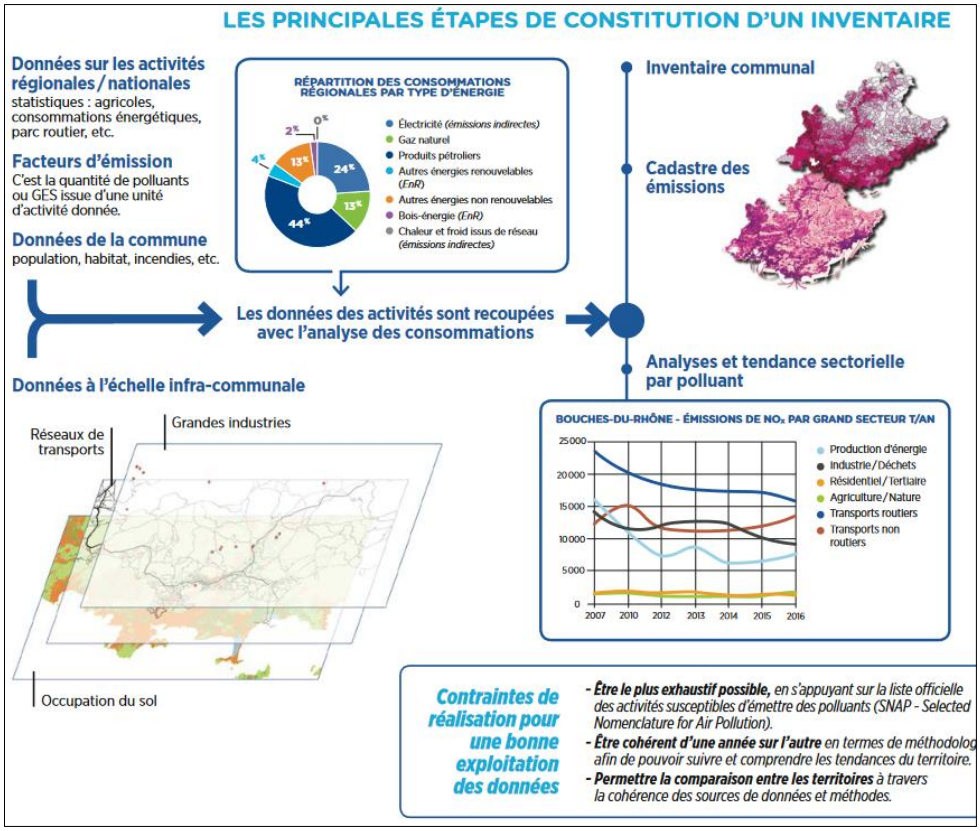
Tous les secteurs d'activité humaine sont susceptibles d'émettre des polluants atmosphériques : les activités industrielles, le traitement des déchets et les chantiers, le transport (routier, aérien, fluvial), les activités domestiques (chauffage en particulier), l'agriculture ou encore la sylviculture.

V.2.1 Sources de pollution

L'inventaire des émissions permet d'estimer la quantité de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre émise chaque année, pour un grand nombre de polluants et pour les sources de pollution identifiées (trafic, industrie, résidentiel-tertiaire, agriculture…) sur l'ensemble du territoire.

AtmoSud dispose ainsi d'une quantification des émissions par activité et par commune (Figure 3**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 3 : les principales étapes de constitution d'un inventaire – Source : AtmoSud



C'est un outil d'aide à la prévision de la qualité de l'air, à la caractérisation des sources de pollution, permettant de cartographier et de suivre l'évolution des émissions de polluants de l'air et de GES au cours des années et d'estimation de l'efficacité des plans d'actions visant à réduire la pollution de l'air.

Les sources prises en compte dans le cadre de cette mise à jour sont identiques à celles précédemment retenues, à savoir :

- Les grandes sources ponctuelles (activités industrielles)
- Les sources surfaciques (carrières, trafic secondaire, activités tertiaires et résidentielles, portuaire…),
- Les sources linéiques : routier (axes principaux), aérien, fluvial.

V.2.2 Sectorisation des émissions

Les inventaires d'émissions et de consommation sont établis selon la nomenclature SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution, EMEP/CORINAIR 1997). Cette nomenclature a évolué depuis 1997, pour permettre la prise en compte de nouvelles activités. Elle est décrite dans le rapport OMINEA (Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France) du CITEPA.

Les inventaires sont réalisés selon le niveau le plus fin possible (SNAP3) et par énergie. Atmosud dispose des résultats d'inventaires détaillés, néanmoins pour les analyses et la présentation ces données sont regroupées par secteur[2].

Tableau 4. Principaux secteurs d'activités de l'inventaire des émissions AtmoSud

Secteur d'activité	Contenu
Transports routier	Ensemble des émissions liées au transport sur route, pour tout type de véhicules et de motorisation, y compris pour l'usage personnel
Transport maritime	Ensemble des émissions des navires dans le périmètre des ports régionaux
Transport aérien	Ensemble des émissions engendrées par les aéronefs dans le périmètre des aéroports régionaux. N'inclut pas les émissions liées au fonctionnement de l'aéroport.
Transport ferroviaire	Ensemble des émissions liées à la circulation des trains et des transports en commun sur rail. N'inclut pas les émissions liées aux bâtiments ou aux bureaux.
Transport fluvial	Ensemble des émissions engendrées par la navigation fluviale
Agriculture	Ensemble des émissions engendrées par les activités de culture, élevage, sylviculture et des engins/structures associées à ces activités
Résidentiel	Ensemble des émissions liées à l'habitat pour les particuliers. Inclut les bâtiments, les engins spéciaux mais pas le transport
Tertiaire	Ensemble des émissions liées aux activités de service. Inclut les bâtiments, les engins spéciaux mais pas le transport
Biogénique	Ensemble des émissions naturelles liées à la végétation, aux zones humides ou encore aux animaux sauvages. Toutes émissions pour lesquelles il n'y a, à priori, pas de responsabilité de l'activité humaine. N'inclut pas les feux de forêt qui font l'objet d'un secteur à part entière.
Industrie	Ensemble des émissions de l'industrie manufacturière et du secteur de la construction. N'inclut pas les activités de production d'énergie ou de traitement de déchets
Production d'énergie	Emissions liées à la production, à la transformation ou à la distribution d'énergie (raffinage, centrales thermiques, stations de compression, etc.) Inclut également la valorisation énergétique des unités d'incinérations.
Déchets	Ensemble des émissions liées au traitement des déchets, hors valorisation énergétique
Incendies de forets	Ensemble des émissions dues aux incendies de massifs forestiers
Séquestration carbone	Bilan des flux d'absorption/émissions de carbone liés à la gestion et à l'utilisation des sols

[2] https://cigale.atmosud.org/doc/SNAP_97.pdf

Dans le cadre de cet exercice, l'année de référence de l'inventaire des émissions pris en compte est 2019 (référence Inventaire V9).

Il s'agit de la dernière année représentative disponible au moment du démarrage de l'étude de mise à jour. En effet, l'année 2020 a été jugée non représentative par les partenaires de l'étude en raison de la pandémie mondiale et ses conséquences sur les activités humaines.

V.2.3 Choix des substances à étudier

La démarche de sélection des substances s'appuie sur au moins l'une des conditions suivantes :

- Disponibilité dans la base de données d'inventaires des émissions d'Atmosud.
- Substances étudiées dans SCENARII-1 ;
- Polluants « émergents » en air ambiant - Identification, catégorisation et hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air (Anses, 2018)[3].

Pour chacun des composés ainsi listés, une recherche des **valeurs toxicologiques de référence** pour les effets à seuil et sans seuil de dose d'une exposition chronique par inhalation a été réalisée. Les recherches ont été réalisées

- Valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique par inhalation – effets à seuil
- Valeur toxicologique de référence pour une exposition chronique par inhalation – effets sans seuil (cela concerne les substances cancérogènes)

Les recherches ont été réalisées sur le portail « substances chimiques » de l'INERIS[3]. Le Tableau 10 renseigne, pour chaque substance quantifiée :

- La VTR « à seuil », avec l'organisme à l'origine de la sélection de la VTR,
- La VTR « sans seuil », avec l'organisme à l'origine de la sélection de la VTR,
- Le lien vers la source de la donnée retenue (généralement le « portail substances chimiques » de l'INERIS).

La sélection des substances pour la mise à jour de l'étude SCENARII est ainsi basée sur la méthodologie suivante :

- La sélection des polluants dits « classiques » de la pollution atmosphérique disposant d'une valeur guide OMS ou d'une valeur réglementaire : **dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, PM10 et PM2.5.**
- Pour tous les autres polluants, dont les métaux particulaires et le benzo(a)pyrène réglementés mais disposant aussi de valeurs toxicologiques de référence exploitables une sélection, dont la méthodologie est issue du rapport « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires »[4], basée sur une hiérarchisation en couplant les informations sur les **émissions** et les **VTR**, réalisée en fonction des ratios calculés ainsi :
    - **Ratio « à seuil » : Somme des flux d'émissions / VTR à seuil**
    - **Ratio « sans seuil » : Somme des flux d'émissions * VTR sans seuil**

  Les substances conduisant aux ratios les plus importants ainsi calculés peuvent être retenues.

[3] https://substances.ineris.fr/fr/

[4] INERIS - deuxième édition – Septembre 2021 - https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Ineris_GuideERS-Juillet2021-A4-%2310Quatro_Web.pdf

V.3 Effets des durées d'exposition par inhalation

Chaque jour un adulte inhale 10 000 à 20 000 litres d'air en fonction de sa morphologie, de ces activités… L'exposition des polluants peut avoir des conséquences sur la santé à court et long terme :

- Effets immédiats ou aigus (suite à une exposition de courte durée) : ces effets comprennent des manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques qui apparaissent rapidement après l'exposition. Ils peuvent s'exprimer de diverses manières : irritations des yeux ou des voies respiratoires, crises d'asthme, aggravation des troubles cardio-vasculaires et respiratoires, etc.
- Effets à long terme ou chroniques (suite à des expositions de longue durée) : l'exposition sur le long terme à certains polluants peut contribuer au développement ou à l'aggravation de maladies chroniques telles que les cancers, les pathologies cardiovasculaires et respiratoires, les troubles neurologiques, les troubles du développement, etc.

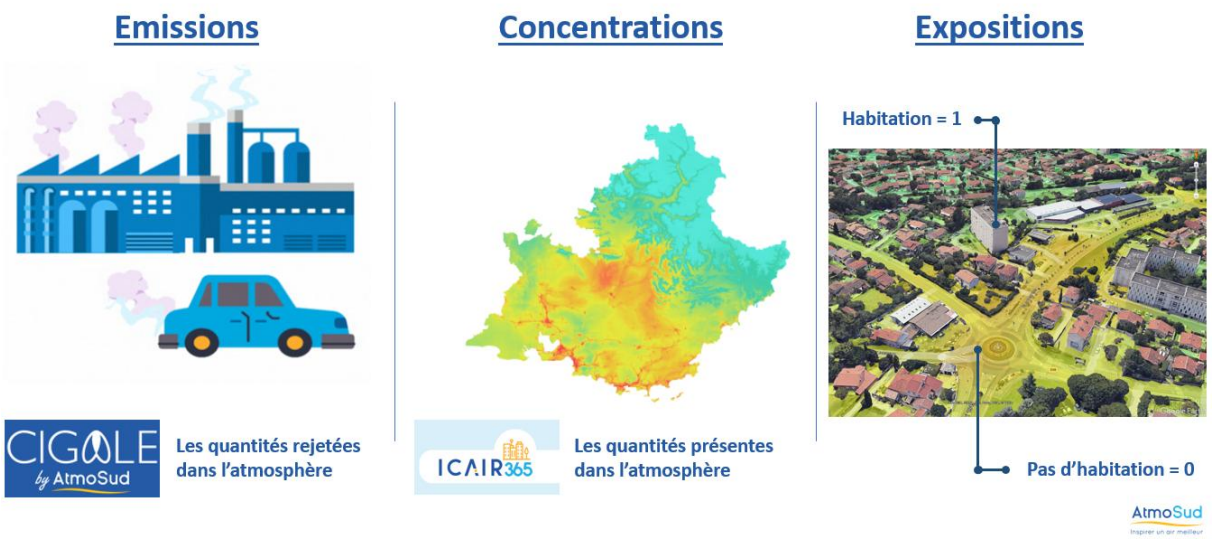
Santé Publique France indique[6] qu'à long-terme, même à de faibles niveaux de concentration, une exposition sur plusieurs années à la pollution atmosphérique peut induire des effets sur la santé plus importants qu'à court terme.

Dans le cadre de cette étude, les effets de l'exposition chronique par inhalation sera étudiée.

V.4 Evaluation des concentrations

De façon générale, les expositions aux polluants dans l'air ambiant sont déterminées selon le schéma suivant (Figure 4) :

Figure 4 : schéma de principe pour passer des émissions à la concentration corrigée dans l'air

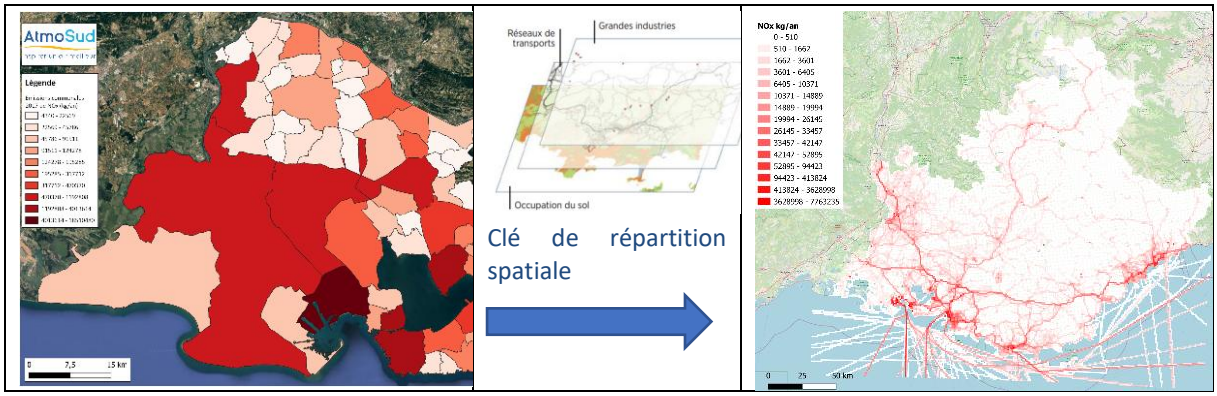


La concentration moyenne inhalée CI correspond à la concentration moyenne annuelle du polluant considéré. Dans le cadre d'une étude sanitaire par inhalation chronique, il est considéré une exposition de 365 jours par an, 24 heures sur 24 au niveau de l'habitation considérée.

De l'inventaire au cadastre des émissions

Les émissions atmosphériques sont définies à l'échelle kilométrique à partir du cadastre régional à l'intérieur duquel elles sont réparties géographiquement au niveau communal (Figure 8).

Figure 5 : Passage de l'inventaire des émissions communales au cadastre des émissions (maille kilométrique) pour les oxydes d'azote NOx – Source : AtmoSud



Cette spatialisation fine se fait à l'aide de clés de répartition qui diffèrent selon les sources des activités polluantes.

- Les émissions surfaciques communales sont réparties au sein de la commune au moyen de la classification de l'occupation du sol Corine Land Cover raffinée par le CRIGE PACA.
  - Emissions résidentiel, tertiaire, industrie sur les zones d'activités et tissu urbain
  - Emissions agricoles sur les zones cultivées
  - Emissions fluviales sur les fleuves et rivières
  - Emissions biogénique sur les forêts, prairies et marais ;
- Les émissions ponctuelles sont réparties selon les données de localisation diverses.
  - Emissions industrielles : la localisation des Grandes Sources Ponctuelles telles que les cheminées sont fournies par la base de données du registre des émissions polluantes BDREP ;
  - Emissions maritimes lors des phases à quai : la localisation des quais occupés par les navires est fournie par les capitaineries des différents ports.
  - Emissions aériennes lors des phases de montée et d'approche : la localisation des couloirs aériens sont fournis par les principaux aéroports par le biais de l'autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires ACNUSA.
- Les émissions associées aux sources linéaires du transport routier, maritime (phase croisière) et aérien (phase au sol) sont réparties suivant les différents tronçons routiers, voies maritimes et pistes d'aéroports.

Ce traitement permet de rendre compte des modes de dispersion spécifiques à ces sources que le modèle ADMS-Urban est capable de rendre compte.

Le choix du modèle de dispersion est discuté en XII.2.

Les cartographies de dispersion des substances sur le territoire

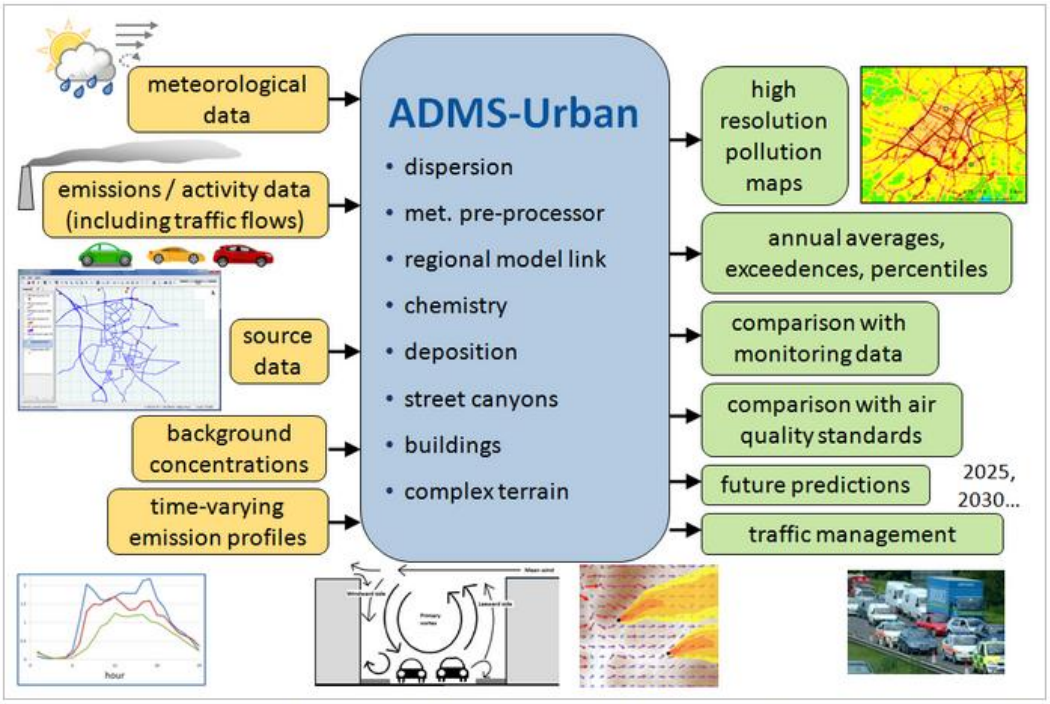
- Le choix du modèle

Pour la dispersion du cadastre des inventaires sur le territoire d'étude, AtmoSud a utilisé le modèle ADMS-Urban.

Le modèle ADMS-Urban [Atmospheric Dispersion Modelling System] est développé depuis 1993 par le Cambridge Environemental Reseach Consultant (CERC), groupe de chercheurs de Cambridge (Royaume-Uni). Il est largement diffusé au sein des associations de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) pour réaliser les cartes d'exposition des populations ou encore des études spécifiques à l'échelle urbaine.

Le modèle de panache gaussien utilisé permet de reproduire la dispersion de polluants émis dans l'atmosphère par différents types de sources (industrielles, routières, résidentielles, …). Les concentrations des espèces chimiques sont estimées par une formulation gaussienne utilisant des coefficients de dispersion, qui dépendent de variables calculées par un préprocesseur météorologique (longueur de Monin Obukhov, vitesse de friction, flux de chaleur) à partir des données météorologiques, des données de terrain, et de paramètres fixés par l'utilisateur. La formulation gaussienne permet d'estimer la dispersion des polluants pour des périodes météorologiques plus longues et ainsi, d'évaluer l'impact de sources d'émissions sur la qualité de l'air à l'échelle de l'année.

Figure 6 : chaîne ADMS-Urban



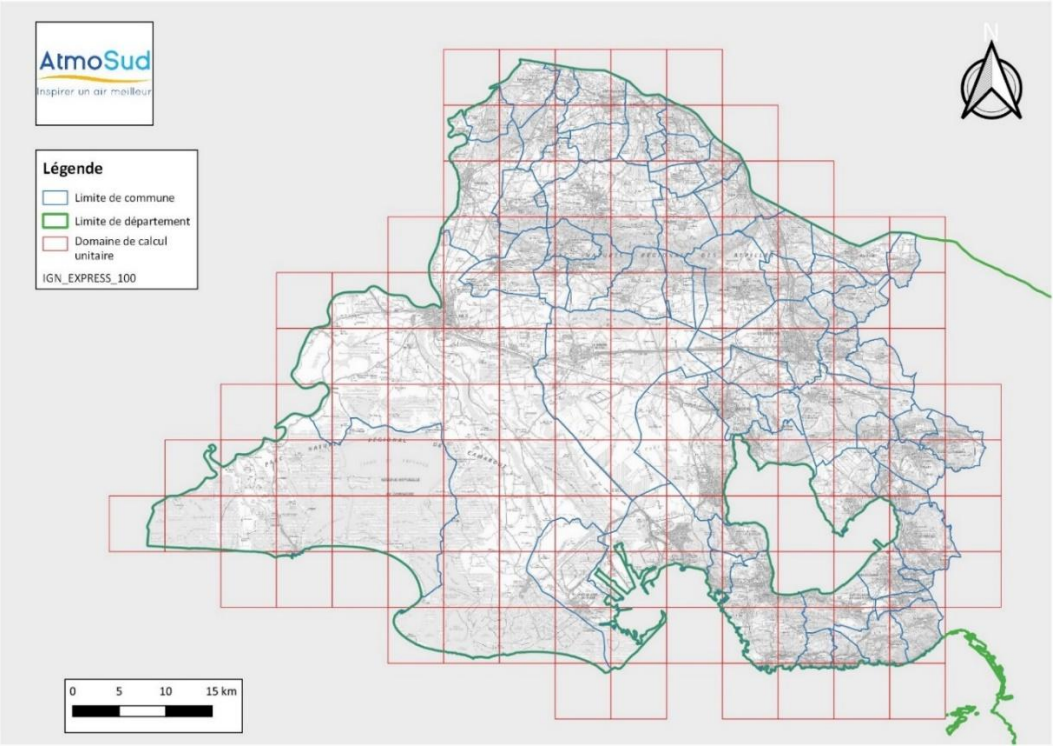
This diagram shows some possible inputs to and outputs from the model, and some of the modelling options available.

La modélisation atmosphérique, particulièrement en milieu urbain, requiert le respect de certaines "règles de l'art" pour garantir la précision et la fiabilité des résultats. ADMS-Urban est un modèle largement utilisé depuis de nombreuses années pour simuler les impacts d'activités sur la qualité de l'air. C'est le modèle qui avait été utilisé également lors de l'exercice SCENARII-1.

- Zones de modélisation

AtmoSud a réalisé l'ensemble de la modélisation à l'échelle de la zone d'étude retenue, à l'aide de 127 fichiers de modélisation unitaires dont les dimensions sont de 6 km*6 km.

Figure 7 : Localisation des fichiers de modélisation utilisés - Source : AtmoSud



- Prise en compte du relief

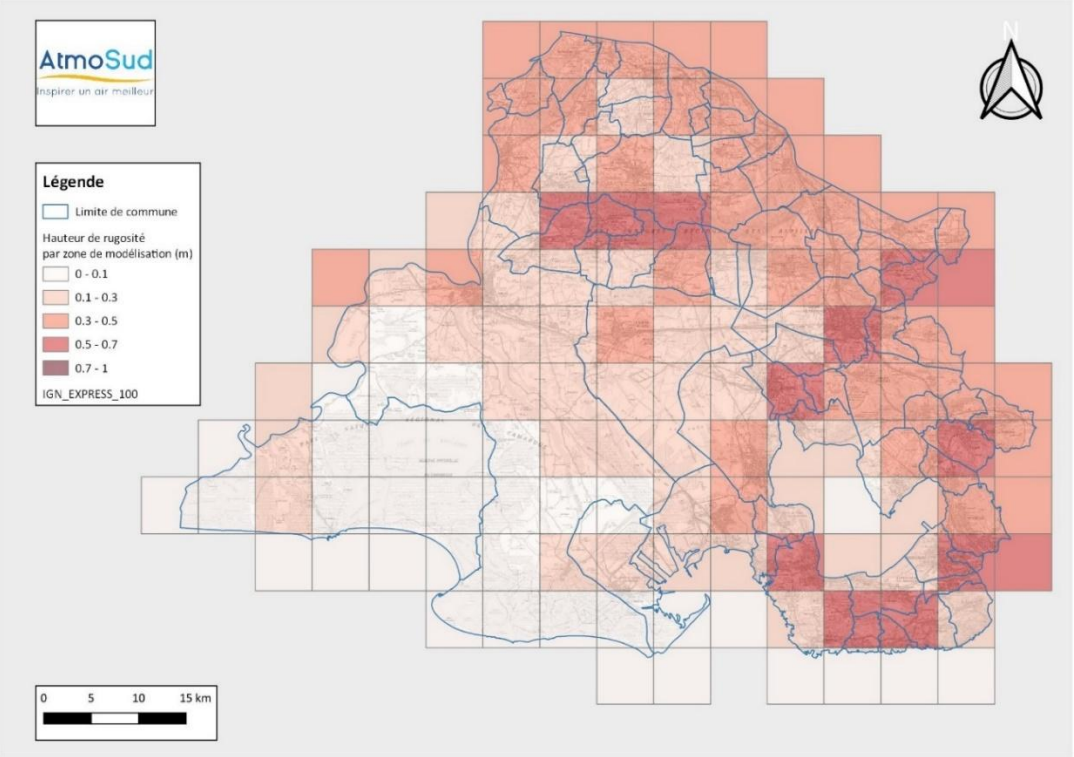
La prise en compte du relief est un élément essentiel dans la modélisation de la pollution atmosphérique, car la topographie influence fortement la dispersion et l'accumulation des polluants. Les vallées, collines et obstacles naturels modifient les régimes de vent, favorisant parfois la stagnation de l'air ou, au contraire, l'accélération localisée des flux. Dans les zones encaissées, des phénomènes d'inversion thermique peuvent piéger les polluants près du sol, entraînant des concentrations plus élevées qu'en terrain ouvert. Les modèles atmosphériques intègrent donc des données topographiques détaillées pour reproduire les circulations d'air induites par le relief et améliorer la précision des simulations. Une représentation fine de la topographie est particulièrement importante pour les études locales et régionales, où les effets du terrain peuvent dominer la dynamique de dispersion.

La prise en compte du relief dans notre modélisation carte annuelle se fait lorsque le relief présente une différence d'altitude sur le domaine de calcul supérieure à 300 mètres. La différence d'altitude dans le sous domaine ADMS 6 x 6 km est calculé à partir du Modèle Numérique de Terrain à une résolution de 250 mètres (MNT250).

- Prise en compte de la hauteur de rugosité

Une valeur de rugosité moyenne (permettant de prendre en compte l'occupation des sols) est déterminée par zone de modélisation unitaire, et a été prise en compte dans la mise à jour de cette étude.

Figure 8 : Représentation des hauteurs de rugosité par zone de calcul - Source : AtmoSud



- Conditions météorologiques locales

L'année de référence météorologique est 2021 afin d'estimer les concentrations en polluants atmosphériques pour cette année de référence.

La dispersion des polluants sur la zone d'étude a été faite à l'aide de données météorologiques issues de la plateforme régionale de prévision de la qualité de l'air mise en œuvre par AtmoSud. Dans le cadre de SCENARII-1, cette plateforme régionale de prévision n'existait pas en 2013 et la météorologie locale prise en trois stations de Météo France (Marignane, Istres et Salon-de-Provence) avait été exploitée pour l'intégralité du périmètre d'étude.

Cette plateforme intègre un modèle météorologique nommée WRF qui permet d'estimer les conditions météorologiques (dont direction et vitesse du vent, température, pluviométrie) sur l'ensemble de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur à une résolution de 4 km.

Présentation du modèle WRF

Le modèle Weather Research and Forecasting (WRF) est un modèle de méso-echelle dédié à la prévision météorologique. Le code de calcul numérique a été développé en partenariat entre le National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) des États-Unis d'Amérique, le National Center for Atmospheric Research (NCAR), et plus de 150 centres de recherche universitaire en météorologie. Ce modèle est alimenté en conditions aux limites et en conditions initiales par des données GFS (Global Forecasting System). Ces données sont disponibles gratuitement en temps réel ce qui permet d'alimenter la plateforme de prévision de la qualité de l'air d'AtmoSud.

Chaque zone de modélisation s'est vu attribuer un fichier de données tri-horaires rendant compte de la météorologie de l'année choisie. Ce format de données permet de réduire les temps de calculs tout en s'assurant d'une bonne représentativité temporelle.

Comparaison mesures/modèle pour la météorologie

Pour s'assurer de la représentativité spatiale, les données météorologiques modélisées sur l'année 2021 ont été comparées à 3 stations de Météo France : Istres, Marignane et Salon-de-Provence. Les résultats sont présentés dans Tableau 5 ; les roses de vent simulées et mesures sont présentées en Figure 9.

Tableau 5. Comparaison mesures/modèles pour les données météorologiques - Source : AtmoSud

Variables	Vitesse de vent (m/s)		Température (°c)		Précipitation (mm)	
	Observation Météo France	Modélisation AtmoSud	Observation Météo France	Modélisation AtmoSud	Observation Météo France	Modélisation AtmoSud
Istres	5	4.7 (4.7)	15.4	14.8 (14.7)	0.059	0.050 (0.049)
Marignane	4.5	4.4 (4.3)	15.8	16.1 (16.1)	0.062	0.045 (0.049)
Salon-de-Provence	3.4	4.5 (4.5)	14.7	14.7 (14.6)	0.073	0.049 (0.048)

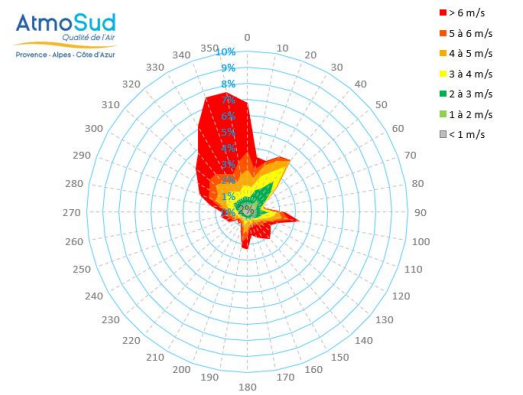
L'utilisation des données fournies par le modèle météorologique WRF permet d'avoir des données météorologiques sur l'ensemble du domaine d'étude et de tenir compte des quelques disparités au sein d'un grand domaine d'étude (massifs, étang de Berre...).

Pour chacun des 3 sites Météo France, la qualité de modélisation des différentes variables météorologiques est satisfaisante pour permettre la dispersion des polluants et l'estimation de moyenne annuelle sur le domaine d'étude.

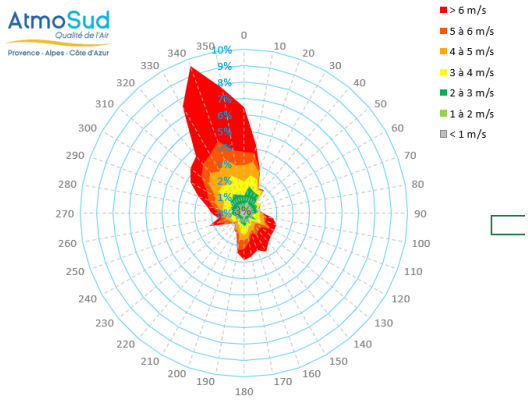
Figure 9 : comparaison mesures / modèle pour la météorologie locale en 2021

Mesures	Modélisation

- Sur Istres

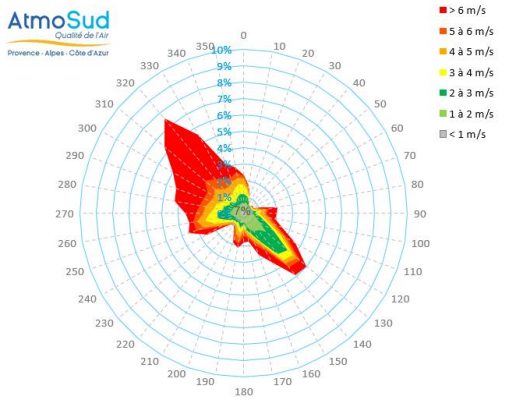


Rose des vents - station Istres - Météo France
01/01/2021 au 31/12/2021

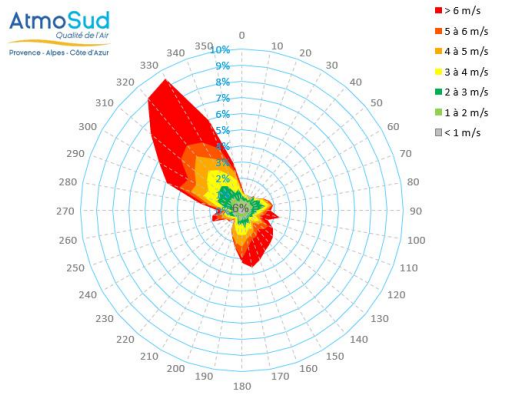


Rose des vents - station Istres - Modélisation tri-horaires
01/01/2021 au 31/12/2021

- Sur Marignane

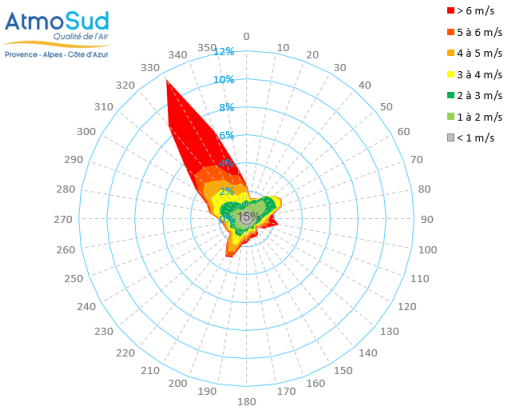


Rose des vents - station Marignane - Météo France
01/01/2021 au 31/12/2021

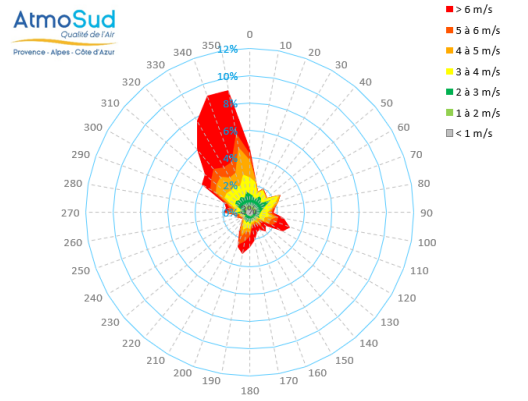


Rose des vents - station Marignane - Modélisation tri-horaires

- Sur Salon-de-Provence



Rose des vents - station Salon de Provence - Météo France

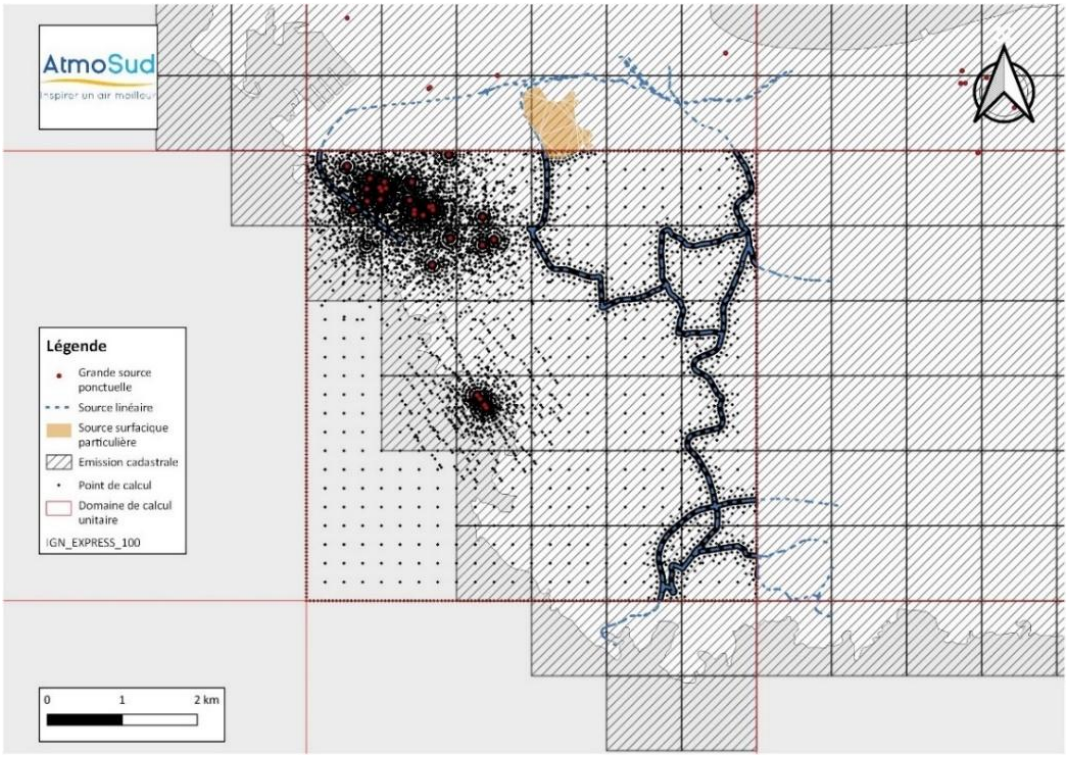


Rose des vents - station Salon de Provence - Modélisation tri-horaires

- Réalisation des calculs de dispersion

Les calculs de la dispersion atmosphérique des polluants ont été réalisés unitairement par zone, au niveau de points de calcul adaptés en fonction des sources présentes dans le domaine. Il ne s'agit donc pas d'une grille « fixe » mais spécifique à chaque zone. A titre d'exemple, voici la grille des points de calcul pour une zone :

Figure 10 : Exemple de fichier de modélisation utilisé – Source : AtmoSud



- Correction des cartes grâce à la mesure

Toutes les cartes produites par modélisation à partir de la dispersion du cadastre des émissions 2019 sont recalées avec les mesures faites sur le territoire. Deux ajustements sont appliqués aux cartes brutes :

- *Correction du biais*
  Une première correction est employée visant à corriger le biais global, s'il existe, issu du calcul de dispersion. Elle consiste à appliquer une correction linéaire, parfois multiple selon les polluants, à l'ensemble du domaine. Celle-ci est réalisée à l'aide d'une régression linéaire ajustée à partir de tous les sites disponibles sur la période 2018-2022. Les valeurs utilisées sont les moyennes sur les 5 ans calculées par pondération du taux de couverture annuelle. Cela permet rendre le modèle plus robuste en augmentant le nombre de mesures utilisées.

- *Correction avec les données produites en 2021*
  Une deuxième correction est appliquée pour éliminer les biais locaux et de contraindre la cartographie à s'ajuster aux mesures au niveau des stations pour l'année 2021. Pour cela la méthode d'interpolation spatiale (dite krigeage des résidus) est utilisée. Les sites pris en compte sont ceux ayant des mesures en 2021 couvrant plus de 14 % de l'année. A ces moyennes annuelles 2021 peuvent s'ajouter d'autres sites sans mesures en 2021 (ou ayant des mesures couvrant moins de 14 % de l'année) mais ayant des mesures disponibles sur la période 2018-2022. Pour ces derniers, les valeurs utilisées sont les moyennes sur 5 ans pondérées par leur taux de couverture annuelle.

V.5 Caractérisation des populations

V.5.1 Zone d'étude

La zone d'étude est identique à celle de SCENARII-1. Elle est composée de 66 communes situées dans l'ouest du département des Bouches-du-Rhône. Elles composent un territoire remarquable qui s'organise autour de plusieurs pôles majeurs : **Martigues, Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc, Istres, Saint-Mitre-les-Remparts**, ainsi que les abords de **l'étang de Berre** et du **golfe de Fos**. C'est un secteur où coexistent **zones naturelles emblématiques**, **ports industriels majeurs**, **villages provençaux** et **littoral méditerranéen**.

Figure 11 : Localisation des communes retenues dans la mise à jour de SCENARII

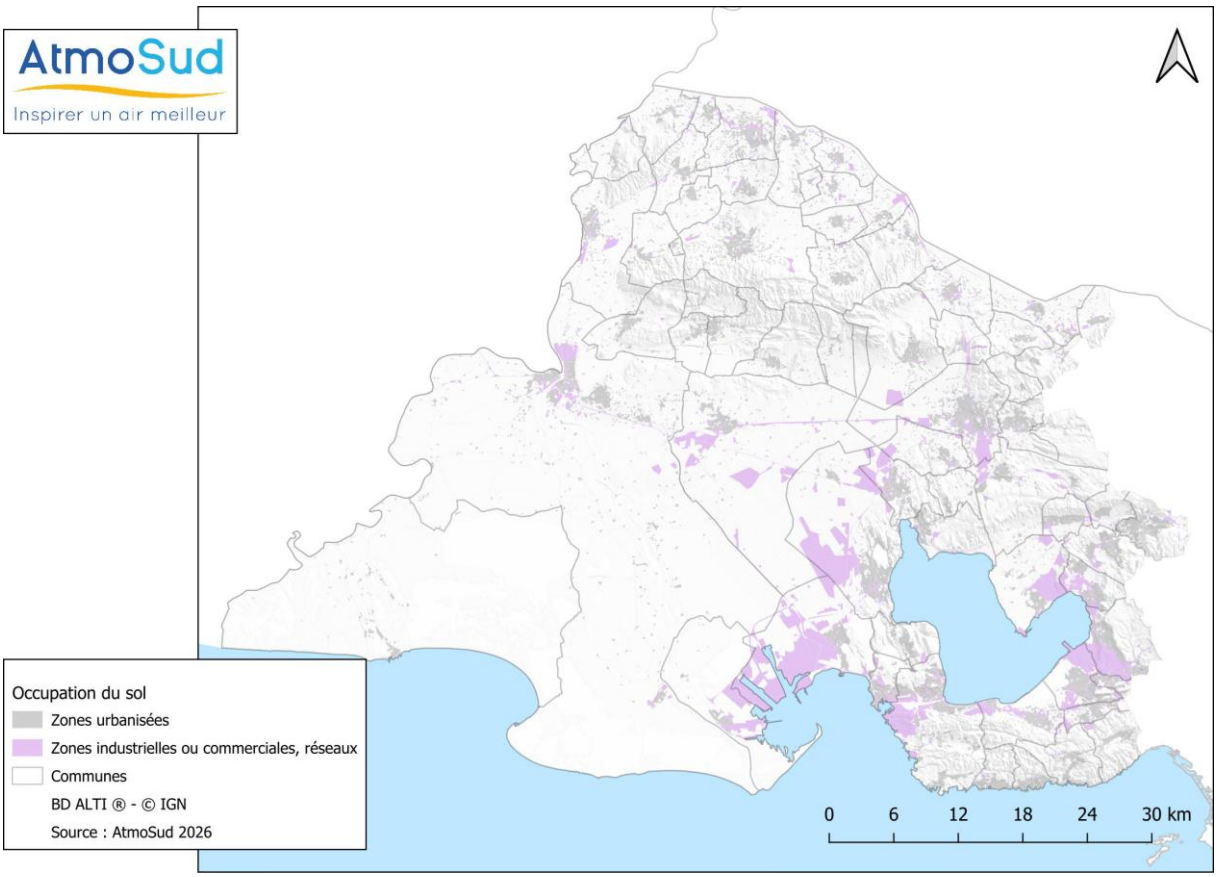


Tableau 6. Liste des communes retenues dans la mise à jour de SCENARII

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

V.5.2 Population résidente

Le tableau suivant présente les effectifs par classes d'âge de population résidant sur la zone d'étude, soit 627 742 personnes réparties sur 66 communes.

Tableau 7. Répartition de la population par commune et par classe d'âge (source : INSEE 2024[5] et LCSQA 2021)

	[0-1]	[2-5]	[6-10]	[11-14]	[15-17]	[18-44]	[45-64]	[65+]	LCSQA 2021
Alleins	3%	5%	7%	6%	4%	30%	29%	18%	2 764
Arles	2%	4%	6%	5%	4%	28%	28%	24%	50 415
Aureille	2%	4%	6%	5%	3%	27%	29%	24%	1 541
Aurons	1%	4%	8%	6%	4%	24%	30%	23%	564
La Barben	2%	3%	5%	6%	4%	28%	36%	15%	850
Barbentane	2%	4%	5%	5%	3%	26%	28%	26%	4 236
Les Baux-de-Provence	1%	2%	2%	1%	4%	20%	33%	37%	289
Berre-l'Étang	2%	5%	6%	6%	4%	32%	26%	19%	13 912
Boulbon	2%	3%	6%	5%	4%	25%	31%	24%	1 519
Cabannes	2%	4%	6%	5%	4%	28%	29%	22%	4 595
Carry-le-Rouet	1%	3%	5%	4%	3%	21%	29%	36%	5 708
Charleval	2%	4%	7%	5%	3%	29%	25%	24%	2 628
Châteauneuf-les-Martigues	3%	6%	8%	6%	3%	36%	21%	18%	17 909
Châteaurenard	2%	5%	6%	5%	4%	30%	28%	21%	16 669
Cornillon-Confoux	2%	4%	7%	5%	3%	27%	30%	22%	1 571
Coudoux	2%	5%	8%	6%	5%	29%	28%	18%	3 726
Ensuès-la-Redonne	2%	4%	6%	5%	3%	29%	30%	20%	5768
Eygalières	1%	2%	5%	3%	3%	20%	31%	34%	1 733

[5] INSEE, bilan démographique 2023 : https://www.insee.fr/fr/statistiques/7746184?sommaire=7746197

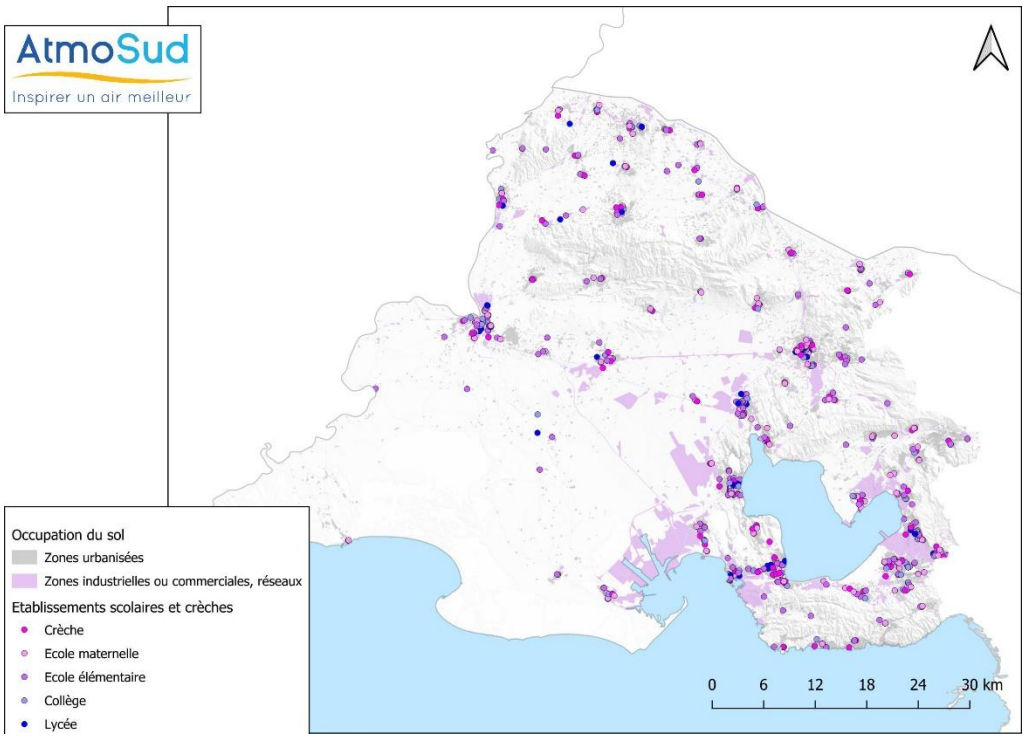
	[0-1]	[2-5]	[6-10]	[11-14]	[15-17]	[18-44]	[45-64]	[65+]	LCSQA 2021
Eyguières	2%	4%	6%	5%	4%	28%	31%	20%	6 887
Eyragues	2%	3%	5%	5%	4%	26%	29%	26%	4 355
La Fare-les-Oliviers	3%	6%	7%	5%	3%	34%	25%	18%	8 867
Fontvieille	1%	3%	5%	4%	4%	21%	29%	34%	3 521
Fos-sur-Mer	2%	5%	7%	5%	4%	31%	28%	19%	15 469
Gignac-la-Nerthe	2%	5%	6%	5%	3%	33%	28%	19%	10 083
Grans	2%	4%	6%	5%	3%	30%	28%	22%	5 274
Graveson	2%	5%	7%	4%	4%	30%	29%	20%	4 791
Istres	2%	5%	6%	5%	4%	33%	27%	19%	44 577
Lamanon	2%	4%	6%	5%	3%	27%	28%	24%	2 046
Lançon-Provence	2%	5%	7%	6%	4%	32%	27%	17%	9 340
Maillane	2%	5%	7%	5%	3%	31%	27%	20%	2 738
Mallemort	2%	4%	6%	5%	4%	28%	29%	21%	6 172
Marignane	2%	5%	7%	5%	3%	33%	26%	20%	33 003
Martigues	2%	5%	6%	5%	4%	30%	27%	22%	48 568
Mas-Blanc-des-Alpilles	2%	3%	5%	5%	4%	28%	34%	19%	513
Maussane-les-Alpilles	1%	4%	5%	3%	3%	23%	27%	33%	2 396
Saint-Pierre-de-Mézoargues	3%	4%	7%	4%	3%	29%	29%	23%	223
Miramas	3%	5%	7%	6%	4%	31%	24%	20%	26 405
Mollégès	2%	5%	6%	5%	5%	27%	30%	21%	2 666
Mouriès	2%	4%	6%	4%	4%	26%	29%	25%	3 414
Noves	2%	5%	7%	5%	4%	31%	26%	21%	5 853
Orgon	2%	4%	5%	4%	3%	27%	30%	25%	2 698
Paradou	2%	7%	7%	6%	4%	31%	23%	19%	2 200
Pélissanne	2%	4%	6%	6%	4%	28%	28%	22%	10 554
Plan-d'Orgon	2%	5%	8%	6%	4%	29%	27%	20%	3 552
Port-de-Bouc	2%	5%	6%	5%	4%	28%	26%	24%	16 136
Port-Saint-Louis-du-Rhône	2%	5%	6%	5%	4%	28%	28%	23%	8 446
Rognac	2%	5%	7%	5%	4%	30%	28%	20%	12 175
Rognonas	2%	4%	5%	5%	4%	25%	28%	27%	4 111
Le Rove	2%	5%	7%	4%	3%	30%	26%	22%	5 194
Saint-Andiol	2%	5%	7%	5%	4%	29%	29%	20%	3 380
Saint-Chamas	2%	4%	6%	5%	3%	30%	29%	20%	8 643
Saint-Étienne-du-Grès	2%	4%	6%	4%	4%	24%	28%	29%	2 486
Saintes-Maries-de-la-Mer	1%	2%	3%	2%	2%	19%	31%	40%	2 120
Saint-Martin-de-Crau	2%	5%	6%	5%	4%	28%	25%	25%	13 729
Saint-Mitre-les-Remparts	2%	3%	5%	4%	3%	25%	31%	28%	5 816
Saint-Rémy-de-Provence	1%	3%	5%	4%	3%	23%	29%	32%	9 619
Saint-Victoret	2%	4%	5%	5%	4%	33%	27%	21%	6 648
Salon-de-Provence	2%	5%	6%	5%	4%	34%	25%	20%	44 731
Sausset-les-Pins	1%	3%	4%	4%	3%	20%	30%	36%	7 563
Sénas	2%	5%	6%	5%	3%	29%	28%	22%	6 838
Tarascon	2%	5%	7%	6%	4%	32%	26%	18%	15 423
Velaux	2%	4%	6%	6%	5%	27%	28%	23%	8 713
Ventabren	1%	4%	6%	4%	4%	24%	31%	26%	5 484
Vernègues	2%	7%	8%	6%	4%	33%	29%	11%	2 123
Verquières	2%	5%	7%	6%	4%	25%	30%	22%	790
Vitrolles	3%	6%	7%	6%	4%	32%	25%	18%	35 532
Total									627 742

V.5.3 Etablissements accueillant des enfants

L'identification des établissements accueillant des enfants a été réalisée sur la zone d'étude. La Base Permanente des Equipements 2021[6] de l'INSEE fait état de 648 établissements :

- 121 crèches
- 187 écoles maternelles
- 237 écoles élémentaires
- 57 collèges
- 46 lycées.

Figure 12 : Localisation des établissements accueillant des enfants dans les communes retenues pour la mise à jour de SCENARII – Source : AtmoSud



VI POLLUANTS ETUDIES DANS SCENARII-2

A partir de la méthodologie de sélection des polluants dans le cadre d'une étude de risque (cf Choix des substances à étudier), les polluants atmosphériques retenus pour l'étude SCENARII-2 sont :

- Dioxyde d'azote (NO_2)
- Dioxyde de soufre (SO_2)
- PM10
- PM2.5
- Ammoniac
- Sulfure d'hydrogène (H_2S)
- Benzène
- 1,3 Butadiène
- 1,2-Dichloroéthane
- Chlorure de vinyle monomère (CVM)
- Oxyde de propylène
- Oxyde d'éthylène
- Trichloroéthylène
- Naphtalène
- Benzo(a)pyrène BaP
- HAP totaux eq B(a)P
- Antimoine (Sb)
- Arsenic (As)
- Cadmium
- Chrome (Chrome III et chrome 6)
- Cobalt (Co)
- Cuivre (Cu)
- Manganèse (Mn)
- Mercure (Hg)
- Nickel (Ni)
- Plomb (Pb)
- Vanadium (V)
- Dioxines et furannes
- PCB

[6] INSEE, BPE 2021 :

VII VALEURS DE REFERENCE ASSOCIEES AUX POLLUANTS ETUDIES

VII.1 Définitions

Les directives européennes sur la qualité de l'air ambiant fixent, pour certains polluants, des valeurs limites et cibles qui doivent être respectées dans un délai spécifié. En France, le code de l'environnement reprend les valeurs limites européennes et définit également des valeurs « objectif de qualité ». Les définitions sont précisées ci-après :

- **Valeur limite (VL) :** un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques **à ne pas dépasser** dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
- **Valeur cible (VC) :** un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, **à atteindre, dans la mesure du possible**, dans un délai donné.
- **Objectif qualité (OQ) :** un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère **à atteindre à long terme**, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Les lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé présentent des données montrant clairement les effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé, à des concentrations encore plus faibles qu'on ne le croyait auparavant. Depuis 2021, de nouveaux seuils de qualité de l'air y sont recommandés pour protéger la santé des populations. Entre 2005 et 2021, la quantité de données factuelles montrant que la pollution atmosphérique a une incidence sur différents aspects de la santé a sensiblement augmenté. Après un examen systématique des données accumulées, l'OMS a donc abaissé la quasi-totalité des seuils de référence, en signalant que le dépassement de ces nouveaux seuils relatifs à la qualité de l'air était associé à des risques importants pour la santé, tandis que le respect de ces seuils pourrait sauver des millions de vies. Pour aller plus loin : https://www.who.int/fr/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont des valeurs issues de données toxicologiques et épidémiologiques, utilisées pour caractériser le risque sanitaire associé à l'exposition à des substances chimiques. Le choix des VTR est effectué conformément aux prescriptions établies par la note d'information 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 (Ministère de la Santé).

Dans le cadre de cette étude, le portail des substances développé par l'INERIS consiste la source principale d'information, ainsi que le site de l'ANSES.

- **VTR à seuil** : valeur de dose ou de concentration en dessous de laquelle aucun effet sanitaire néfaste n'est attendu pour une durée d'exposition donnée ;
- **VTR sans seuil** : valeur exprimée sous forme d'excès de risque unitaire, correspondant à la pente de la relation dose-effet, permettant d'estimer un excès de risque via un calcul d'exposition.

VII.2 Valeurs retenues pour le risque chronique à date de fin septembre 2024

VII.2.1 Lignes directrices de l'OMS

Le tableau suivant reprend les valeurs réglementaires pour les 10 polluants atmosphériques réglementés. Il présente également les lignes directrices OMS 2021 quand elles existent.

Tableau 8. Lignes directrices OMS 2021 et valeurs réglementaires applicables en exposition chronique (année) – Concentration exprimée en µg/m³

Polluants	LD OMS	OQ Fr	VC CE	VL CE	VL CE 2030
Concentration en µg/m³					
PM2.5	5	10	20	25 (2015)	10
PM10	15	30		40 (2005)	20
NO_2	10			40 (2010)	20
SO_2		50			20
Benzène C_6H_6		2		5 (2010)	3.4
Pb	0,5		0,25	0,5 (2005)	0.5
Concentration en ng/m³					
As			6		6
Cd	5		5		5
Ni			20		20
BaP			1		1

Dans le cadre de SCENARII-2, les valeurs suivantes seront discutées pour le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, les particules PM10 et PM2.5 :

Tableau 9. Valeurs de référence retenues pour le risque chronique par inhalation pour les polluants réglementés ne disposant pas de VTR

Substance	Valeur de référence prise en compte	
Dioxyde d'azote (NO_2)	10 µg/m³	OMS 2021
Dioxyde de soufre (SO_2)	20 µg/m³	CE 2030[7]
PM10	15 µg/m³	OMS 2021
PM2.5	5 µg/m³	OMS 2021

Nota bene : L'ANSES a défini des VTR sans seuil pour les particules PM2.5 (et par extension aux PM10) dans une note de janvier 2023 modifiée en octobre 2024. La construction de la VTR sans seuil long terme par voie respiratoire s'appuie sur l'analyse poolée de 8 cohortes européennes réalisée dans le cadre du projet ELAPSE.[8] La VTR est définie pour des effets de décès toutes causes non accidentelles :

$$ERU = (1{,}28.10^{-2}\ \mu g/m^3)^{-1.}$$

Au moment de la réalisation de cette étude, les conditions d'utilisation de cet ERU pour les PM2.5 dans une évaluation des risques sanitaires ne sont pas définies ; seule une comparaison aux valeurs de l'OMS est retenue.

[7] Le dioxyde de soufre ne dispose d'aucun seuil chronique annuel pour la santé humaine, ni VTR, ni VL, VC ou LD. Le seuil retenu est donc la Valeur Limite du projet de nouvelle directive européenne en cours d'approbation, de 20 µg/m³ en moyenne annuelle applicable en 2030.
[8] https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935122017121

VII.2.2 Valeurs toxicologiques de référence – septembre 2024

Les VTR retenues par substance sont recensées dans le tableau suivant :

Tableau 10. VTR des polluants atmosphériques retenus dans SCENARII-2

Substance	VTR à seuil		VTR sans seuil	
	Valeur de la VTR	Organisme	Valeur de la VTR	Organisme
Les polluants réglementés				
Dioxyde d'azote (NO_2)	Absence de VTR		Absence de VTR	
Dioxyde de soufre (SO_2)	Absence de VTR		Absence de VTR	
PM10	Absence de VTR		Absence de VTR	
PM2.5	Absence de VTR		1,28.E-02 $(\mu g/m^3)^{-1}$	ANSES 2023
Les polluants classiques				
Ammoniac	500 $\mu g/m^3$	ANSES 2018	Absence de VTR	
Sulfure d'hydrogène (H_2S)	2 $\mu g/m^3$	INERIS 2011	Absence de VTR	
Les composés organiques volatils COVNM				
1,2-Dichloroéthane	3000 $\mu g/m^3$	ATSDR 2001	3,4.E-06 $(\mu g/m^3)^{-1}$	ANSES 2009
1,3 Butadiène	2 $\mu g/m^3$	ANSES 2021	7,5.E-07 $(\mu g/m^3)^{-1}$	ANSES 2022
Benzène	10 $\mu g/m^3$	ANSES 2008	1,6.E-06 $(\mu g/m^3)^{-1}$	ANSES 2024
Chlorure de vinyle monomère (CVM)	60 $\mu g/m^3$	INERIS selon TCEQ 2023	3,8.E-06 $(\mu g/m^3)^{-1}$	ANSES 2012
Oxyde de propylène	30 $\mu g/m^3$	US EPA 1990	3,7.E-06 $(\mu g/m^3)^{-1}$	US EPA 1990
Oxyde d'éthylène	30 $\mu g/m^3$	OEHHA 2001	3,0.E-03 $(\mu g/m^3)^{-1}$	US EPA 2016
Trichloroéthylène	3 200 $\mu g/m^3$	ANSES 2018	1,0.E-06 $(\mu g/m^3)^{-1}$	ANSES 2018
Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)				
Naphtalène	37 $\mu g/m^3$	ANSES 2013	5,5.E-06 $(\mu g/m^3)^{-1}$	ANSES 2013
Benzo(a)pyrène	0,002 $\mu g/m^3$	INERIS 2018	6,0.E-04 $(\mu g/m^3)^{-1}$	INERIS 2018
HAP totaux eq B(a)P	0,002 $\mu g/m^3$	INERIS 2018	6,0.E-04 $(\mu g/m^3)^{-1}$	INERIS 2018
Les éléments traces métalliques				
Antimoine (Sb)	0,3 $\mu g/m^3$	-	Absence de VTR	
Arsenic (As)	0,015 $\mu g/m^3$	INERIS 2010	1,5.E-04 $(\mu g/m^3)^{-1}$	ANSES 2015
Cadmium	0,30 $\mu g/m^3$	ANSES 2012	Absence de VTR	ANSES 2012
Chrome III (Cr)	2 $\mu g/m^3$	INERIS 2017	Absence de VTR	INERIS 2024
Chrome VI	0,03 $\mu g/m^3$	INERIS 2017	0,02 $(\mu g/m^3)^{-1}$	INERIS 2024
Cobalt (Co)	0,1 $\mu g/m^3$	INERIS 2025	7,7.E-03 $(\mu g/m^3)^{-1}$	INERIS 2025
Cuivre (Cu)	1 $\mu g/m^3$	INERIS 2019	Absence de VTR	-
Manganèse (Mn)	0,3 $\mu g/m^3$	ANSES 2012	Absence de VTR	-
Mercure (Hg)	0,03 $\mu g/m^3$	INERIS 2014	Absence de VTR	-
Nickel (Ni)	0,23 $\mu g/m^3$	ANSES 2015	1,7.E-04 $(\mu g/m^3)^{-1}$	ANSES 2015
Plomb (Pb)	0,9 $\mu g/m^3$	ANSES 2012	1,2.E-05 $(\mu g/m^3)^{-1}$	INERIS 2013
Vanadium (V)	0,1 $\mu g/m^3$	INERIS 2023	Absence de VTR	
Dioxines et furannes	4,0.E-05 $\mu g/m^3$	INERIS 2015	Absence de VTR	ANSES 2023
PCB	0,5 $\mu g/m^3$	RIVM 2001	Absence de VTR	ANSES 2023

VIII CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES

Afin de déterminer si une exposition aux concentrations mesurées dans l'air ambiant à une substance peut être associée à un risque sanitaire, une évaluation quantitative du risque sanitaire peut être réalisée. Son principe est décrit dans le document « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées » (INERIS 2021) et qui repose sur les 4 étapes fondamentales suivantes :

- Identification des dangers,
- Évaluation des relations dose-réponse,
- Évaluation de l'exposition,
- Caractérisation du risque.

Cette évaluation ne peut se mener de manière quantitative que s'il existe des **Valeurs Toxicologiques de Référence** (VTR) éditées par des organismes internationalement reconnus et adaptées au scénario étudié. Cette VTR est un **repère toxicologique** qui permet d'estimer un risque pour la santé humaine à partir d'une relation dose-réponse, relation quantitative entre :

- Un niveau d'exposition (« dose ») à un agent dangereux ;
- Les effets sanitaires attendus (« réponse »).

L'évaluation quantitative des risques sanitaires aboutit au calcul de **deux indicateurs de risque :**

- Quotient de Danger (QD) pour les effets à seuil,
- Excès de Risque Individuels (ERI) pour les effets sans seuil.

VIII.1.1 Calcul des quotients de danger individuels

Pour les substances à effet de seuil (apparition des symptômes à partir d'un certain seuil de concentration), le Quotient de Danger (QD) correspond au ratio entre le niveau d'exposition et la valeur toxicologique de référence.

La formule ci-dessous permet d'évaluer si, pour chaque substance, on est au-dessus ou au-dessous de la concentration moyenne dans l'air. L'équation de calcul de ces indicateurs de risque est :

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

avec :

- CI : Concentration en polluant dans l'air inhalé (moyenne obtenue lors des différentes campagnes de mesures ou par modélisation),
- VTR : Valeur Toxicologique de Référence à seuil pour la voie (inhalation) et la durée d'exposition (chronique) correspondant au scénario considéré.

Pour apprécier les résultats de la caractérisation des risques, selon la circulaire du 09 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation, les indicateurs de risque sont comparés à la valeur repère de 1 pour les quotients de danger QD.

Un QD inférieur ou égal à 1 indique qu'aucun effet sanitaire n'est attendu.

Un QD supérieur à 1 indique une situation nécessitant une attention particulière, sans préjuger de la survenue effective d'un effet sanitaire.

VIII.1.2 Calcul des excès de risques individuels

Pour les substances sans effet de seuil (substances cancérogènes, mutagènes ou tératogènes), l'excès de risque individuel (ERI) permet d'évaluer le risque de développer les symptômes au-delà d'une certaine probabilité. En d'autres termes, l'ERI est la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer l'effet s'il est exposé à 1 unité de concentration du toxique pendant sa vie entière. L'équation de calcul de ces indicateurs de risque est :

$$ERI = \sum_i \frac{CI_i \times T_i}{T_m} \times ERU$$

Avec :

- CI : Concentration en polluant dans l'air inhalé (moyenne obtenue lors des différentes campagnes de mesures),
- ERU = Excès de Risque Unitaire, pour la voie d'exposition (inhalation) correspondant au scénario considéré,
- Ti = Durée de la période d'exposition (en années) sur laquelle l'exposition CI est calculée,
- Tm = Durée de temps sur laquelle l'exposition est rapportée (en années).

Pour apprécier les résultats de la caractérisation des risques, selon la circulaire du 09 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation, les indicateurs de risque sont comparés à la valeur repère de 10^{-5} pour les excès de risques individuels ERI.

Un ERI de 10^{-5} correspond à la probabilité supplémentaire de survenue d'un effet sanitaire de 1 cas pour 100 000 personnes exposées. Le dépassement de cette valeur nécessite des réflexions sur les actions envisageables sur les sources afin de revenir à des niveaux inférieurs.

VIII.1.3 Exposition cumulée

Les expositions cumulées correspondent aux expositions faisant intervenir simultanément plusieurs substances. Les méthodes actuelles déployées dans les évaluations des risques sanitaires ne prennent pas en compte les interactions entre les substances, lorsque la **synergie** ou l'**antagonisme** des effets n'est pas connue. La synergie désigne une interaction où l'effet combiné de plusieurs substances est plus grand que la somme de leurs effets individuels, tandis que l'antagonisme décrit une situation où une substance peut réduire ou contrer l'effet d'une autre.

Dans la pratique actuelle en France, selon les guides de l'INERIS, les risques associés à chaque substance sont évalués séparément ce qui constitue une approche majorante.

Risques cumulés à seuil

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, les instances institutionnelles recommandent de faire la somme des quotients de danger (QD) des agents ayant des effets toxiques identiques (même mécanisme d'action et même organe cible). Dans ce cadre, les quotients de danger sont donc sommés lorsque les mécanismes de toxicité des polluants affectant un organe-cible sont similaires.

Risques cumulés sans seuil

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, il est recommandé, pour risques sans effet de seuil, d'additionner tous les excès de risque individuels (ERI) quels que soient le type de pathologie ou l'organe affecté, de manière à apprécier le risque global.

IX SCENARIOS D'EXPOSITION

Les scénarios d'exposition suivants seront déterminés pour les différents types de populations recensées dans le domaine d'étude :

Tableau 11. Description des scénarios d'exposition

Type de population	Description de l'exposition	Source de la donnée
Riverain Adulte	30 ans d'exposition sur 70 ans de vie 100% du temps au niveau de l'habitation concernée	Guide IEM ERS INERIS (valeur maximale)
Riverain Vie Entière	70 ans d'exposition sur 70 ans de vie 100% du temps au niveau de l'habitation concernée	Guide IEM ERS INERIS (valeur maximale)
Riverain Enfant	6 ans d'exposition sur 70 ans de vie 100% du temps au niveau de l'habitation concernée	Guide IEM ERS INERIS (valeur maximale)

IX.1.1 Usage des coefficients adaptatifs pour les enfants (ADAF) dans les scénarios

Les organismes internationaux reconnaissent **la nécessité d'une prise en compte spécifique des enfants** dans l'évaluation des risques environnementaux. Ainsi, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) classe systématiquement les enfants parmi les **groupes sensibles**, en raison notamment de l'immaturité de leurs systèmes respiratoire, immunitaire et métabolique[9].

L'étude SCENARII-2 utilise des coefficients adaptatifs pour les enfants (facteurs d'ajustement dépendant de l'âge ou ADAF) pour certains polluants afin de tenir compte de la sensibilité accrue des enfants ce qui constitue un facteur majorant dans le calcul du risque.

L'étude justifie l'application des ADAF en se basant sur :

- **Les recommandations de l'INERIS** : L'INERIS a publié une étude en 2023 qui préconise l'utilisation des ADAF[10], pour évaluer les risques cancérogènes chez les enfants, les ADAF s'appliquant strictement aux **substances cancérigènes mutagènes**.
- **Les recommandations de l'US-EPA ou de l'ANSES**, quand les informations ne sont pas développées dans l'étude de l'INERIS en 2023 sur la base de :
  - **L'analyse de la sensibilité des enfants** : Les enfants sont plus sensibles aux effets de la pollution atmosphérique en raison de facteurs physiologiques et comportementaux.
    L'US EPA a en effet formalisé une approche réglementaire fondée sur les ADAF pour refléter la sensibilité accrue des enfants vis-à-vis des agents cancérogènes mutagènes. Les enfants sont définis comme un **groupe nécessitant un facteur d'ajustement spécifique**, principalement à cause de leur :
    - ventilation plus élevée ; les enfants respirent **plus rapidement** que les adultes, et donc inhalent **davantage d'air proportionnellement à leur poids corporel.**
    - immaturité métabolique ;
    - organes en développement.
  - **L'absence de VTR spécifique aux enfants** : Si la sensibilité des enfants n'est pas prise en compte dans la construction de la VTR, une étude du mécanisme d'action de cancérogénicité des substances est recommandée avant d'appliquer les ADAF. **Il faut en effet, pour appliquer ces facteurs, que la substance ait un mécanisme d'action cancérigène mutagène** (avec effet direct sur le patrimoine génétique).

[9] https://www.ezview.wa.gov/Portals/_1987/Documents/Documents/EarlyLifeExposureToCarcinogens.pdf
[10] référence : INERIS-03525-2704768 du 19 janvier 2023 : https://www.ineris.fr/sites/default/files/contribution/Documents/Rapport-Ineris-203525-2704768-v2.0-Calcul%20de%20risque%20sans%20seuil%20pour%20population%20d%27enfants.pdf

Après analyse de l'ensemble des bases d'informations disponibles, les ADAF seront appliqués dans le cadre de cette étude aux substances suivantes :

- **Benzo(a)pyrène (BaP)** : Le BaP est un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP) cancérigène connu. L'US EPA propose un ERUi de 6.10^{-4} $(\mu g.m^{-3})^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation au benzo(a)pyrène (2017).
  L'US EPA propose par ailleurs des facteurs d'ajustement (ADAF) pour tenir compte de la susceptibilité des enfants vis-à-vis du risque cancérogène au benzo(a)pyrène : 10 de 0 à 2 ans, 3 de 2 à 16 ans et 1 au-dessus de 16 ans. **Cette VTR est retenue par l'INERIS (2018)**.

- **HAP totaux en équivalents BaP** : Les VTR des 16 HAP particulaires pour les effets cancérigènes sans seuil sont construites à partir de la VTR du benzo(a)pyrène. Les ADAF s'appliquant pour le B(a)P ils s'appliquent donc pour les autres HAP.

- **Oxyde d'éthylène (OE)** : L'OE est un cancérigène mutagène, ce qui signifie qu'il peut endommager l'ADN et augmenter le risque de cancer. Les enfants sont plus sensibles aux effets mutagènes en raison de leur croissance rapide et du développement de leurs organes.

- **Trichloroéthylène (TCE)** : Le trichloroéthylène est un cancérigène suspecté, et les enfants pourraient être plus sensibles à ses effets en raison de leur développement. Sur la base de travaux de l'US-EPA, l'INERIS recommande l'usage des ADAF pour les scénarios d'exposition avec des proportions croissantes d'exposition au cours de la petite enfance : l'impact de l'ajustement ADAF devient plus prononcé et l'importance d'appliquer les ADAF augmente.

Pour le naphtalène, l'application d'ADAF n'est pas retenue car le naphtalène n'est pas identifié comme cancérogène mutagène certain. **L'ANSES propose un ERUi de $5,6.10^{-6}$ $(\mu g.m^{-3})^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation au naphtalène (Anses, 2013).**

Les ADAF utilisés dans l'étude sont :

- 10 pour les enfants de 0 à 2 ans
- 3 pour les enfants de 2 à 15 ans
- 1 pour les adultes (à partir de 16 ans)

L'application des ADAF est préconisée pour les polluants suivants : HAP totaux en équivalents BaP, benzo(a)pyrène BaP, oxyde d'éthylène OE, trichloroéthylène TCE.

IX.1.2 Détail des scénarios étudiés

- Riverain adulte

La durée d'exposition correspond, en théorie, au temps que va passer un riverain au niveau d'une zone considérée comme son domicile et où la concentration déterminée va être jugée représentative et constante sur une longue période.

Une durée d'exposition de 30 ans est généralement admise pour un adulte, qui correspond approximativement au percentile 90 de la durée de résidence. Le choix de la période d'exposition est particulièrement significatif pour les substances accumulatrices et cancérigènes.

La durée de vie est conventionnellement prise à 70 ans à l'heure actuelle.

Calcul du excès de risque individuel pour le Scénario Adulte :

Calcul du risque : ERI_{adulte} = concentration x 30/70 x ERU

- Riverain Vie entière

Dans le cadre de ce scénario « vie entière », la durée d'exposition est de 70 ans. Il s'agit d'une approche majorante.

Pour les polluants pour lesquels des coefficients adaptatifs (ADAF) doivent être appliqués pour les enfants, un découpage sera réalisé sur l'ensemble des tranches d'âge concernées.

Calcul du excès de risque individuel pour le Scénario Vie Entière :

Calcul du risque : $ERI_{vie\ entière\ général}$ = concentration x 70/70 x ERU

En cas d'application des ADAF :

Calcul du risque : $ERI_{vie\ entière\ avec\ ADAF}$ = concentration x 2/70 x ERU x 10 + concentration x 14/70 x ERU x 3 + concentration x 54/70 x ERU x 1

- Riverain enfant

Pour le scénario Enfant, la durée d'exposition est de 6 ans. Le choix de la période d'exposition est particulièrement significatif pour les substances accumulatrices et cancérigènes.

La durée de vie générale d'une cible est conventionnellement prise à 70 ans.

Calcul du excès de risque individuel pour la population Enfant :

Calcul du risque : $ERI_{enfant\ général}$ = concentration x 6/70 x ERU

En cas d'application des ADAF :

Calcul du risque : $ERI_{enfant\ avec\ ADAF}$ = concentration x 2/70 x ERU x 10 + concentration x 4/70 x ERU x 3

X RESULTATS UNITAIRES

Dans les pages suivantes, chaque polluant étudié dans ce projet fait l'objet des analyses suivantes :

- Point sur les émissions atmosphériques depuis 2012,
- Carte des concentrations moyennes en 2021,
- Carte du risque à seuil en 2021,
- Carte du risque sans seuil en 2021,
- Discussions :
  - Evolution par rapport à 2013,
  - Evolution des VTR entre 2013 et 2021 le cas échéant,
  - Autres discussions…

En préambule, ici la synthèse des hypothèses de travail :

Tableau 12. Hypothèses retenues

Territoire	**Localisation**
66 communes	Ouest des Bouches-du-Rhône et Etang de Berre
Météorologie prise en compte	**Année de référence**
Modélisée	2021 2023 pour oxyde d'éthylène et mercure
Polluants	
30 substances	

X.1 Dioxyde d'azote NO_2

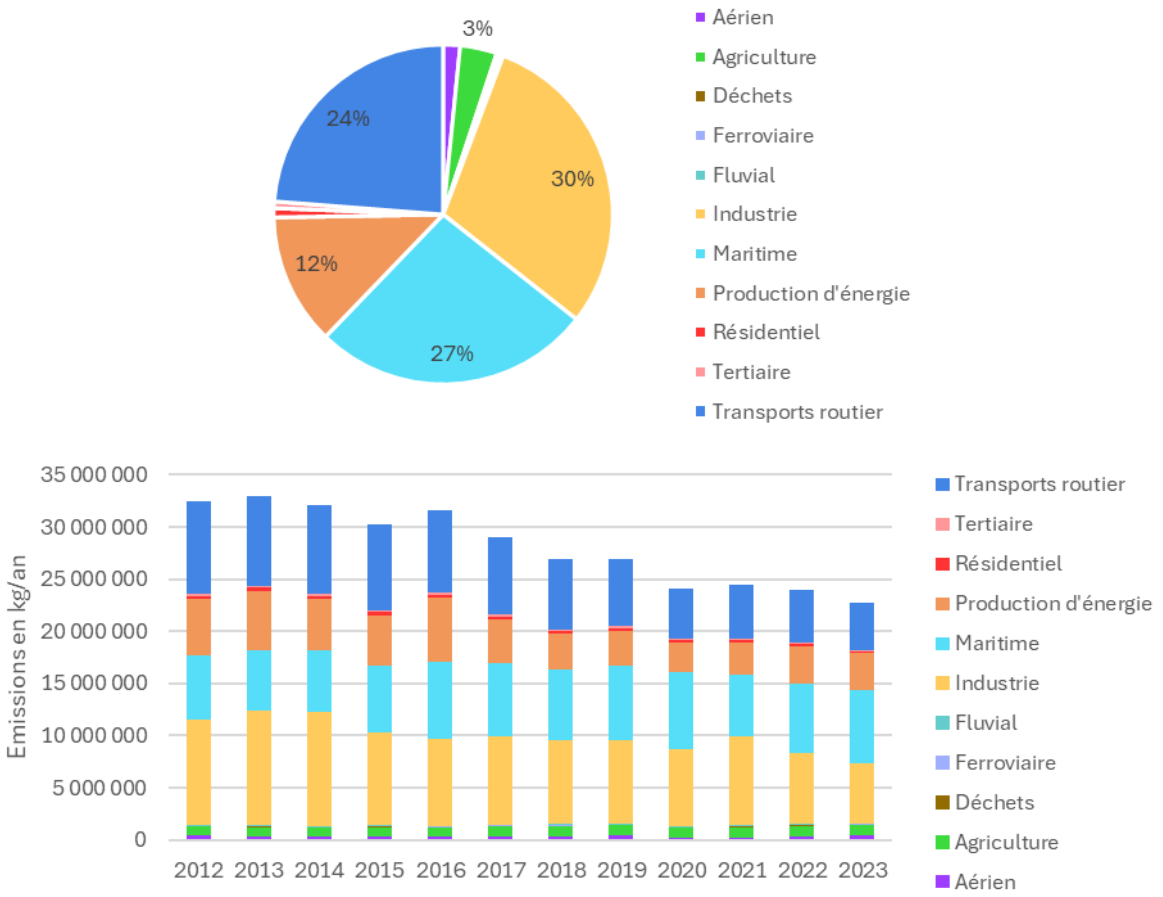
X.1.1 Evolution des émissions atmosphériques

Le terme « oxydes d'azote » désigne le **monoxyde d'azote (NO)** et le **dioxyde d'azote (NO_2)**. Les oxydes d'azote sont des polluants gazeux émis lors des phénomènes de combustion, principalement par combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air. Le monoxyde d'azote s'oxyde en dioxyde d'azote en quelques minutes dans l'air ambiant en conditions normales.

Le dioxyde d'azote est l'oxyde d'azote ayant le principal effet sur la santé : c'est un **irritant** pour les voies respiratoires inférieures

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2 et entre 2013 et 2019.

Figure 13 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de NOx depuis 2012



Source : AtmoSud

Sur cette zone, les oxydes d'azote sont émis principalement depuis les 10 dernières années par 4 grands secteurs d'activité : industrie, transport maritime, transport routier et production d'énergie.

Entre 2013 et 2019, les émissions ont baissé de 19 %. Selon les secteurs la baisse est plus ou moins importante : ainsi les émissions de l'industrie ont baissé de 27 %, celles du transport routier de 26 % et celles de la production d'énergie de 40 %. Ces baisses sont liées :

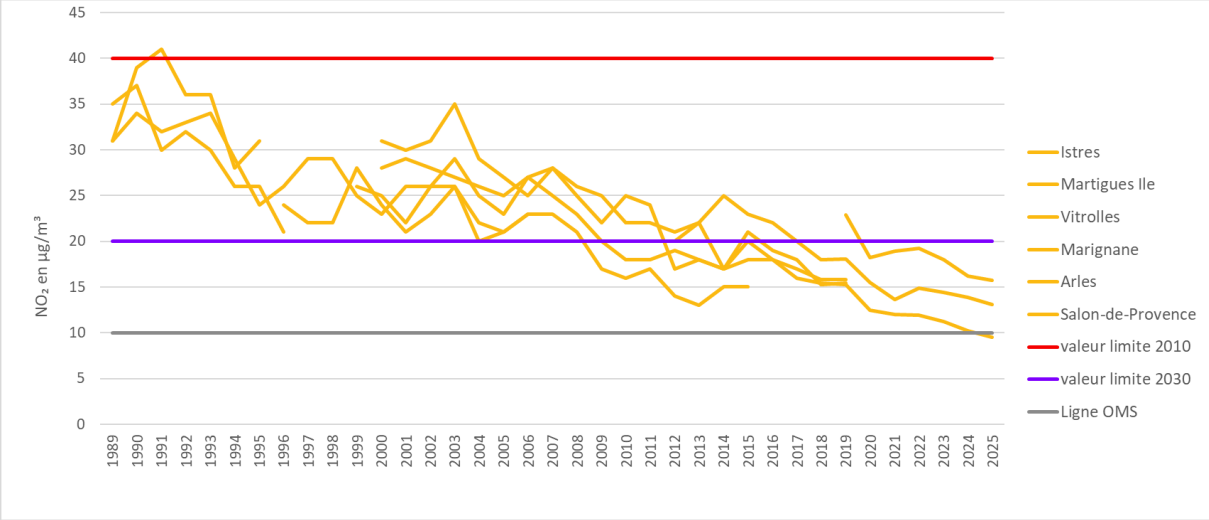
- A des changements de combustibles pour les industries et les productions d'énergie ;
- A une évolution technologique du parc roulant.

En revanche, les émissions du transport maritime ont augmenté de 24 %, principalement en raison de l'augmentation du trafic.

X.1.2 Evolution des concentrations de NO_2

La diminution des concentrations s'observe depuis quelques années et s'est accentuée depuis la crise sanitaire de 2020.

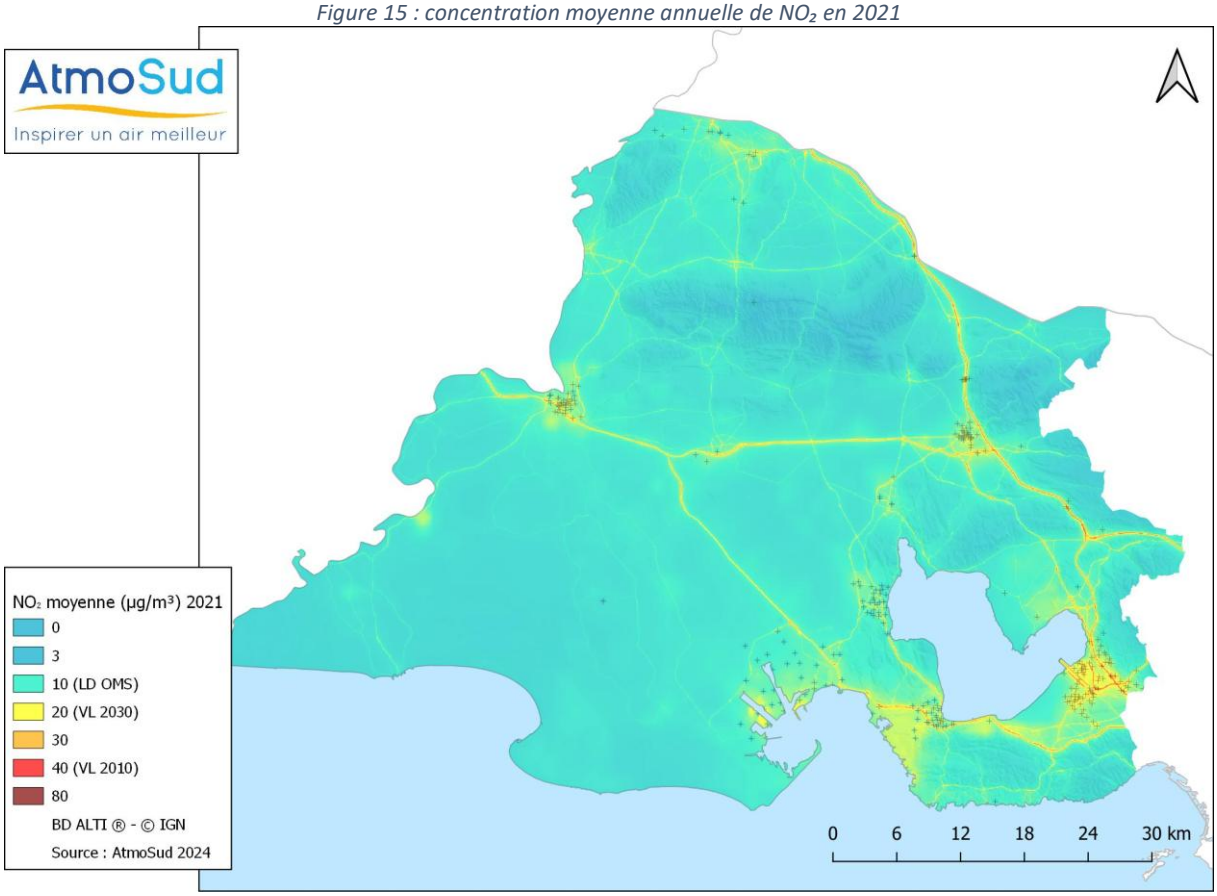
Figure 14 : évolution des concentrations de NO_2 sur les stations historiques de la zone Scenarii depuis 1989



X.1.3 Cartographie des concentrations

Le dioxyde d'azote NO_2 est réglementé dans l'air ambiant.

Figure 15 : concentration moyenne annuelle de NO_2 en 2021



Chaque année, AtmoSud produit une cartographie des concentrations de NO_2 à l'échelle de la région

Sud – Provence-Alpes-Côte d'Azur en s'appuyant sur la modélisation issue de l'inventaire des émissions et sur les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles…matérialisées sur la carte ci-dessous par des petites croix grises).

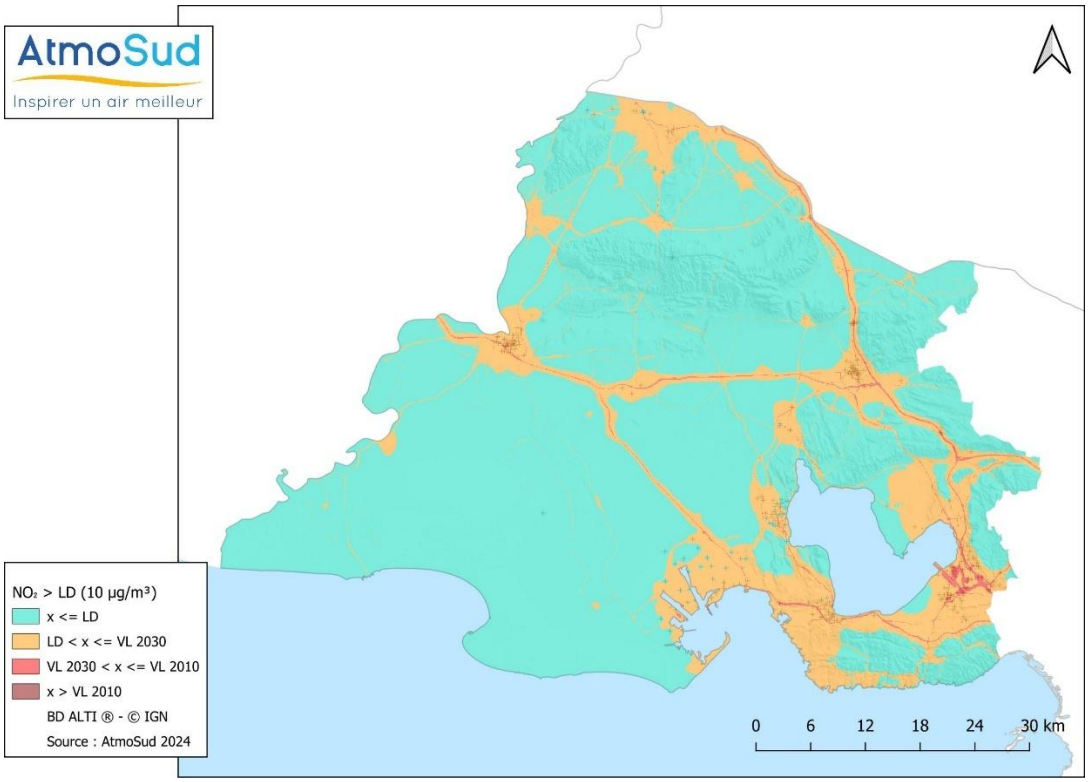
Ces cartographies permettent d'évaluer les populations exposées au dépassement de la valeur limite actuelle (40 µg/m^3 en moyenne annuelle) et aux autres valeurs de référence.

X.1.4 Comparaison aux valeurs de gestion

En 2021, la population exposée à des dépassements de la valeur limite VL2010 fixée à 40 µg/m^3 est estimée à moins de 500 habitants sur la zone d'étude.

En revanche, 2 % de la population de la zone vivent dans un lieu dépassant la VL2030 (20 µg/m³) et 73 % vivent dans un lieu dépassant la LD OMS (10 µg/m³).

Figure 16 : carte de comparaison aux valeurs de gestion pour le NO_2 en 2021



Le tableau suivant présente la population riveraine ainsi que le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles (enfants) exposés à des concentrations supérieures aux valeurs de référence pour le NO_2 :

Tableau 13. Population exposée aux dépassements des valeurs de référence pour le NO_2

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Dioxyde d'azote (NO_2)	40 µg/m^3	VL 2010	< 500 habitants 0 sites sensibles	627 742 habitants 648 sites sensibles
	20 µg/m^3	VL 2030	13 000 habitants 19 sites sensibles	
	10 µg/m^3	LD OMS 2021	458 000 habitants 503 sites sensibles	

X.1.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil

Il n'y a valeur toxicologique de référence à effet sans seuil pour le NO_2. Aucune carte n'est produite.

X.1.6 Discussions – Evolution par rapport à 2013

En 2013, plus de 1 000 habitants étaient exposés à une concentration supérieure à 40 µg/m^3. Les axes routiers étaient en particulier plus marqués qu'en 2021.

En 2021, moins de 500 habitants sont exposés à une concentration supérieure à 40 µg/m^3.

En 2021, la baisse du nombre d'habitants exposés aux valeurs limites réglementaires et lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé illustre ainsi une amélioration significative de la qualité de l'air par rapport au dioxyde d'azote NO_2.

X.2 Particules PM10

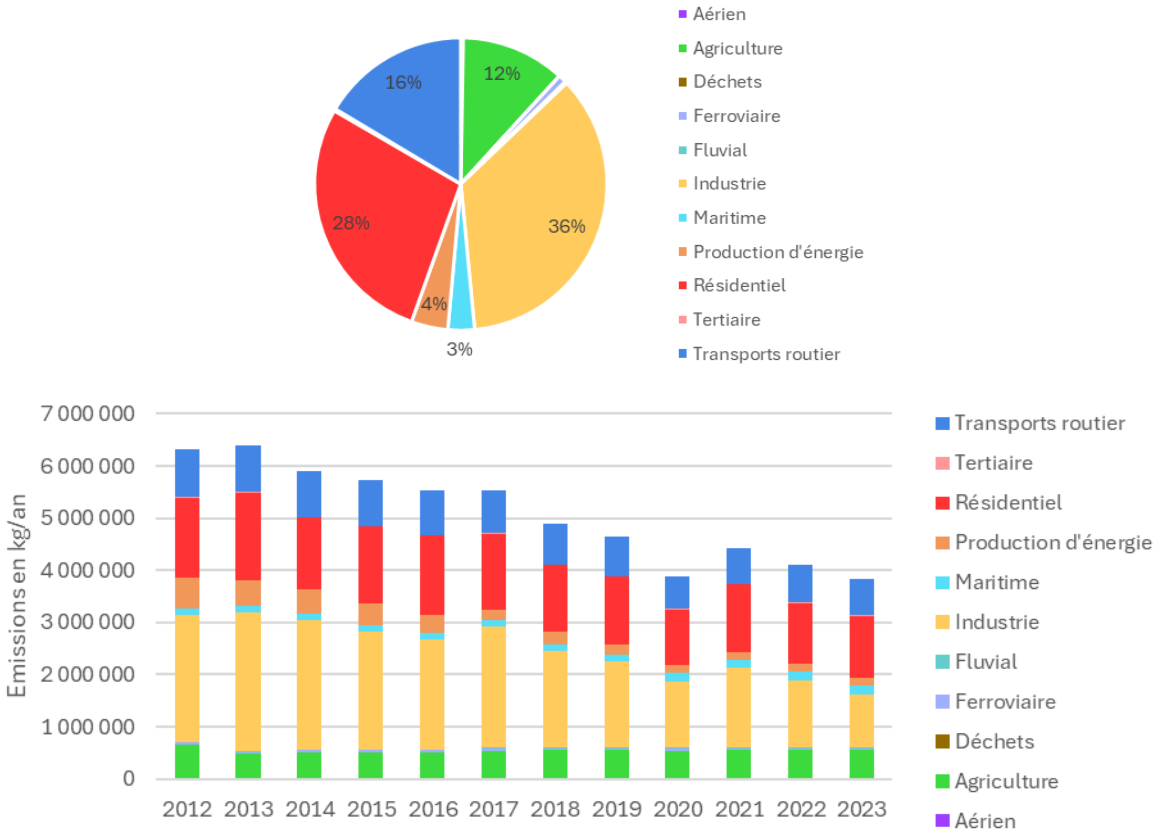
X.2.1 Evolution des émissions atmosphériques

Ce sont des particules **en suspension** issues de toutes les combustions et de l'industrie manufacturière. Les **PM10** ont un diamètre inférieur à 10 micromètres, elles sont dites **« respirables »** car elles pénètrent dans les bronches.

Les particules sont des **irritants** du système respiratoire et du système cardio-vasculaire. Certaines sont **cancérigènes**.

Les figures suivantes montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques des PM10 recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 17 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PM10 depuis 2012



Source : AtmoSud

Les particules PM10 sont émises principalement depuis les 10 dernières années par 4 grands secteurs d'activité : industrie, résidentiel (principalement le chauffage au bois domestique), transports routiers et agriculture.

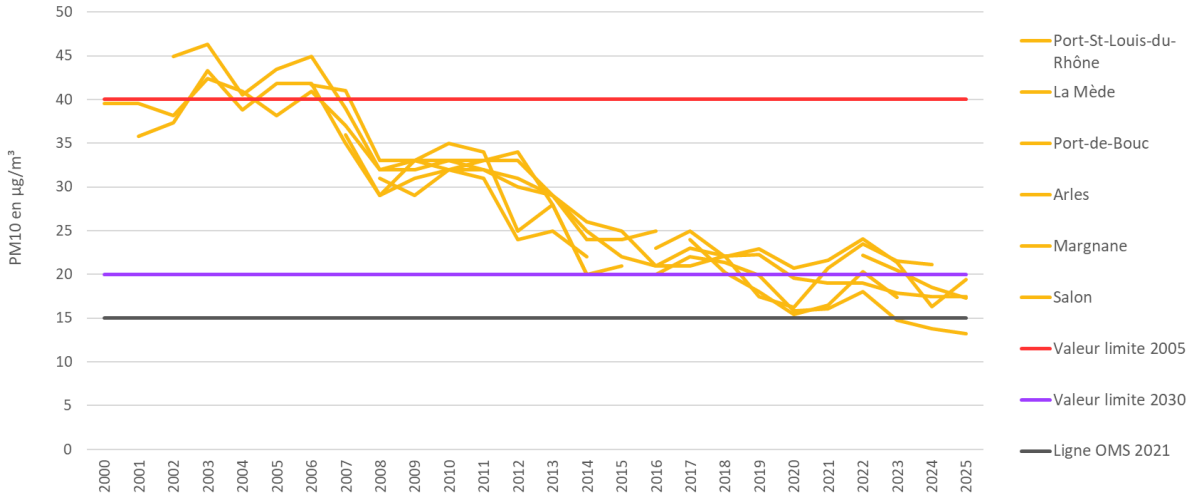
Entre 2013 et 2019, les émissions globales de PM10 ont diminué de 27 %. Cette baisse est notamment portée par l'industrie (-38 %), les transports routiers (-14 %) et le résidentiel (-24 %). En revanche, les émissions de l'agriculture ont augmenté de 14 %.

X.2.2 Evolution des concentrations de PM10

Les concentrations de PM10 dans l'air ambiant s'inscrit dans une évolution à la baisse depuis 2012, ponctuée de quelques variations, comme en 2020 avec la nette diminution liée aux mesures restrictives durant la pandémie (limitation de déplacement et de production).

À la fin de la crise sanitaire, une remontée des concentrations de PM10 a été constatée, notamment en 2021 et 2022, en lien avec la reprise progressive des activités humaines. Cependant, la tendance de fond à la baisse n'est pas remise en cause : l'année 2024 présente des niveaux moyens et maximum inférieurs à ceux de 2019 pour tous les types de stations.

Figure 18 : évolution des concentrations de PM10 sur les stations historiques de la zone Scenarii depuis 2000



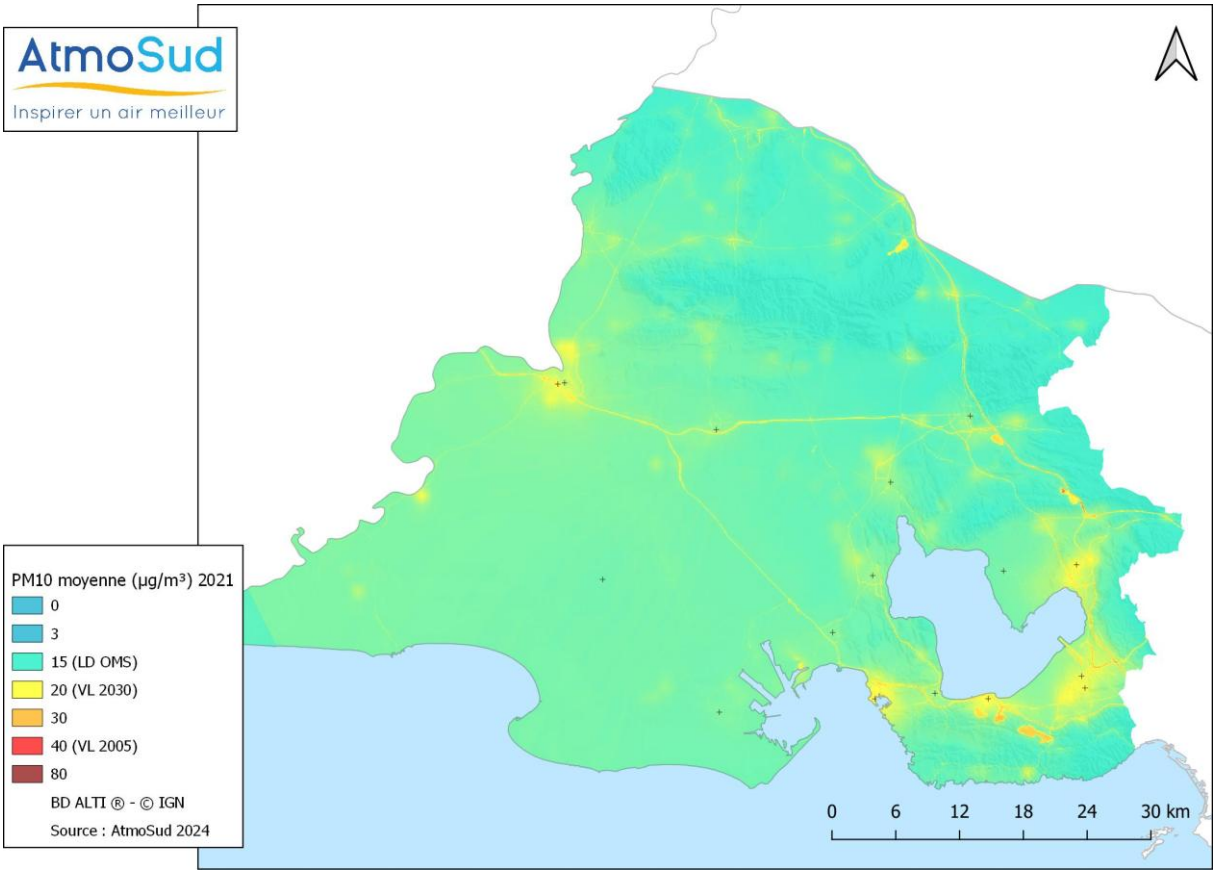
X.2.3 Cartographie des concentrations

Les concentrations de particules PM10 sont réglementées dans l'air ambiant.

Chaque année, AtmoSud produit une cartographie des concentrations de PM10 à l'échelle de la région Sud – Provence-Alpes-Côte d'Azur en s'appuyant sur la modélisation issue de l'inventaire des émissions et sur les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix grises).

Ces cartographies permettent d'évaluer les populations exposées au dépassement de la valeur limite actuelle (40 µg/m^3 en moyenne annuelle) et des autres valeurs de référence (ligne directrice LD OMS 2021 et Valeur Limite VL 2030).

Figure 19 : concentration moyenne annuelle de PM10 en 2021



En 2021, il n'y a pas de population exposée à des dépassements de la valeur limite 2005 fixée à 40 µg/m³ sur la zone de l'étude. En revanche, 1 % de la population vit dans une zone en dépassement de la VL 2030 (20 µg/m³) et 95 % de la population vit dans une zone dépassant la LD OMS (15 µg/m³).

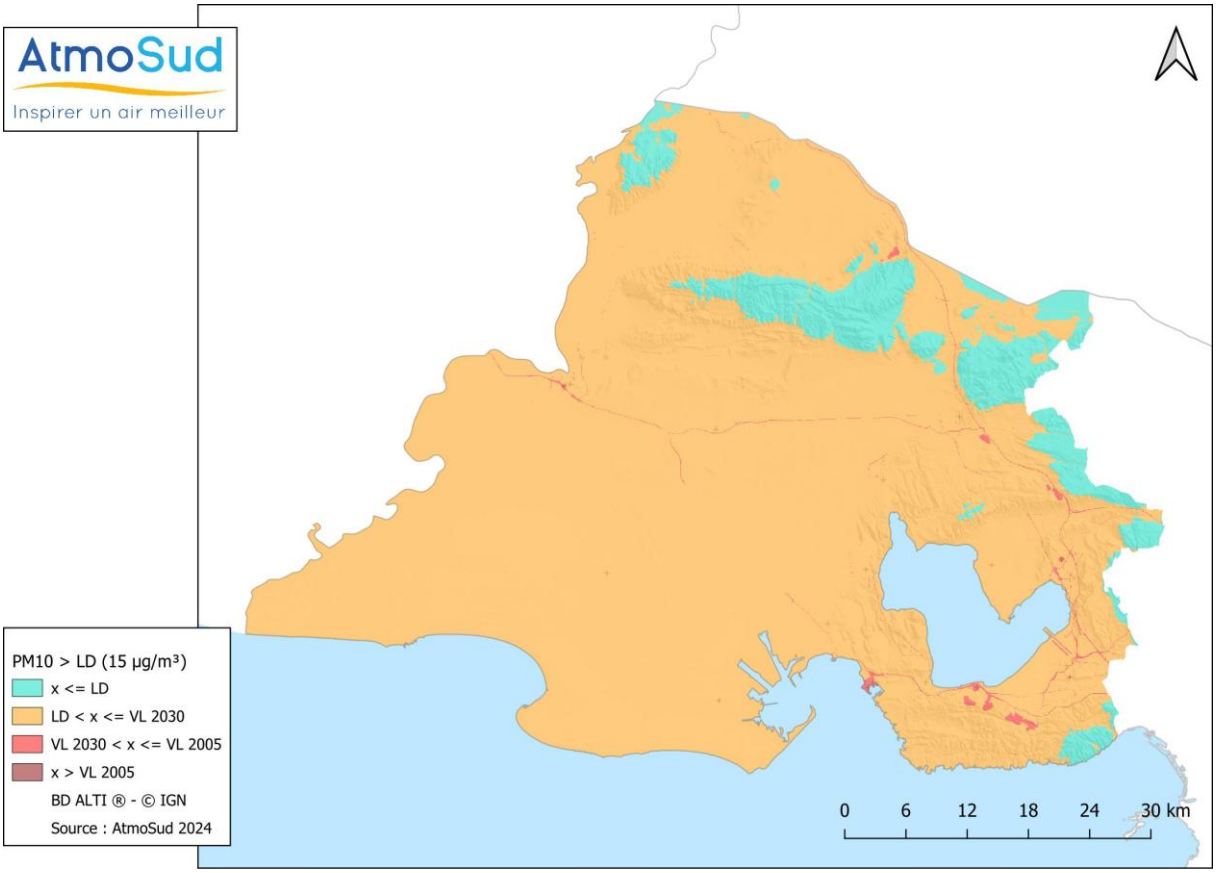
X.2.4 Comparaison aux valeurs de gestion pour les PM10

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à des concentrations supérieures aux valeurs de référence PM10 :

Tableau 14. Population exposée aux dépassements de valeurs de référence pour les PM10

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Particules PM10	40 µg/m³	VL 2005	0 habitant 0 sites sensibles	627 742 habitants 648 sites sensibles
	20 µg/m³	VL 2030	7 000 habitants 11 sites sensibles	
	15 µg/m³	LD OMS 2021	627 000 habitants 628 sites sensibles	

Figure 20 : carte du risque à seuil pour les PM10 en 2021



X.2.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil

Il n'y a valeur toxicologique de référence à effet sans seuil pour les particules PM10. Aucune carte n'est donc produite.

X.2.6 Discussions – Evolution par rapport à 2013

En 2013, la pollution de l'air par les particules PM10 était plus marquée sur le territoire avec des niveaux moyens compris entre 20 et 40 µg/m^3. En effet, l'ensemble de la population était exposé à une concentration supérieure à 20 µg/m^3.

En 2021, la population exposée à la pollution atmosphérique par les particules PM10 aux valeurs limites réglementaires et lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé illustre la nécessité de poursuivre les efforts de réduction des émissions.

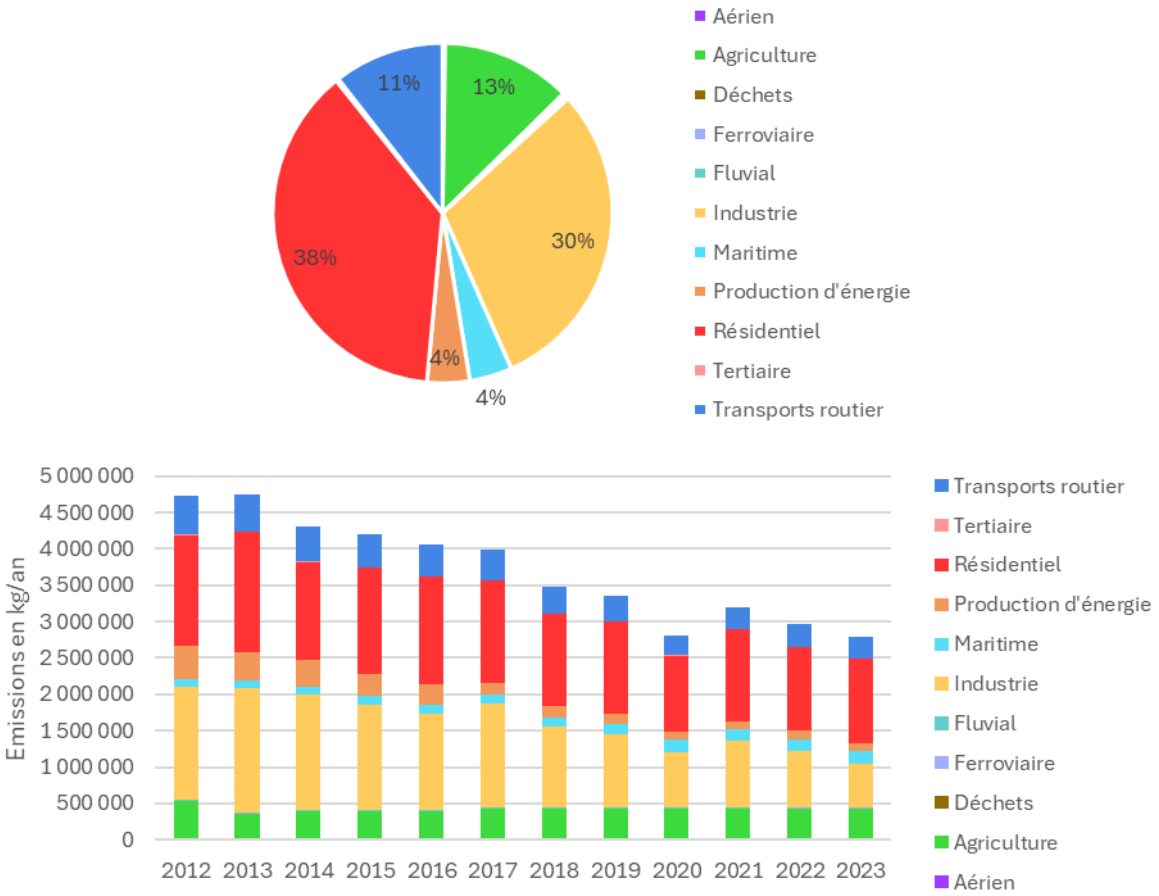
X.3 Particules PM2.5

X.3.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les **PM2.5** sont les particules de diamètre inférieur à 2,5 micromètres, elles sont aussi appelées **« particules fines »**. Les particules sont des **irritants** du système respiratoire et du système cardio-vasculaire. Certaines sont **cancérigènes**.

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques des PM2.5 recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 21 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PM2.5 depuis 2012



Source : AtmoSud

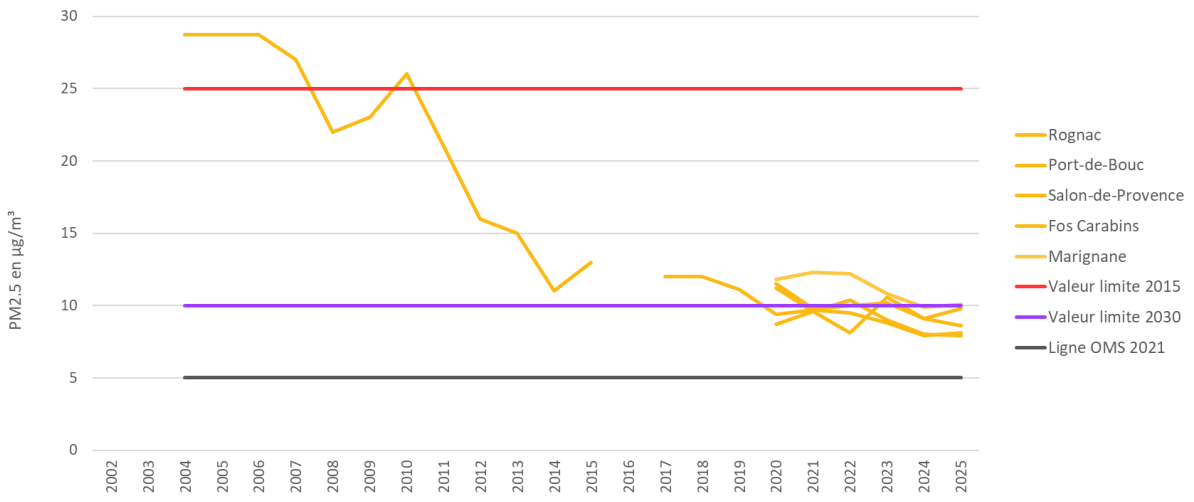
En 2019, les émissions des particules fines PM2.5 proviennent majoritairement du secteur résidentiel, de l'industrie, de l'agriculture et du transport routier.

Entre 2013 et 2019, les émissions de PM2.5 ont baissé de 29 %, notamment grâce aux diminutions d'émissions des secteurs industriel (-41 %), routier (-29 %) et résidentiel (-24 %). Cependant, les émissions du secteur agricole sont en nette hausse (+18 %).

X.3.2 Evolution des concentrations de PM2.5

La **tendance des PM2,5** est similaire à celle des PM10 avec **une baisse homogène** pour l'**ensemble des territoires**.

Figure 22 : évolution des concentrations de PM2.5 sur les stations historiques de la zone Scenarii depuis 2004



Depuis 2012, les concentrations en PM2.5 ont diminué de près de la moitié.

X.3.3 Cartographie des concentrations

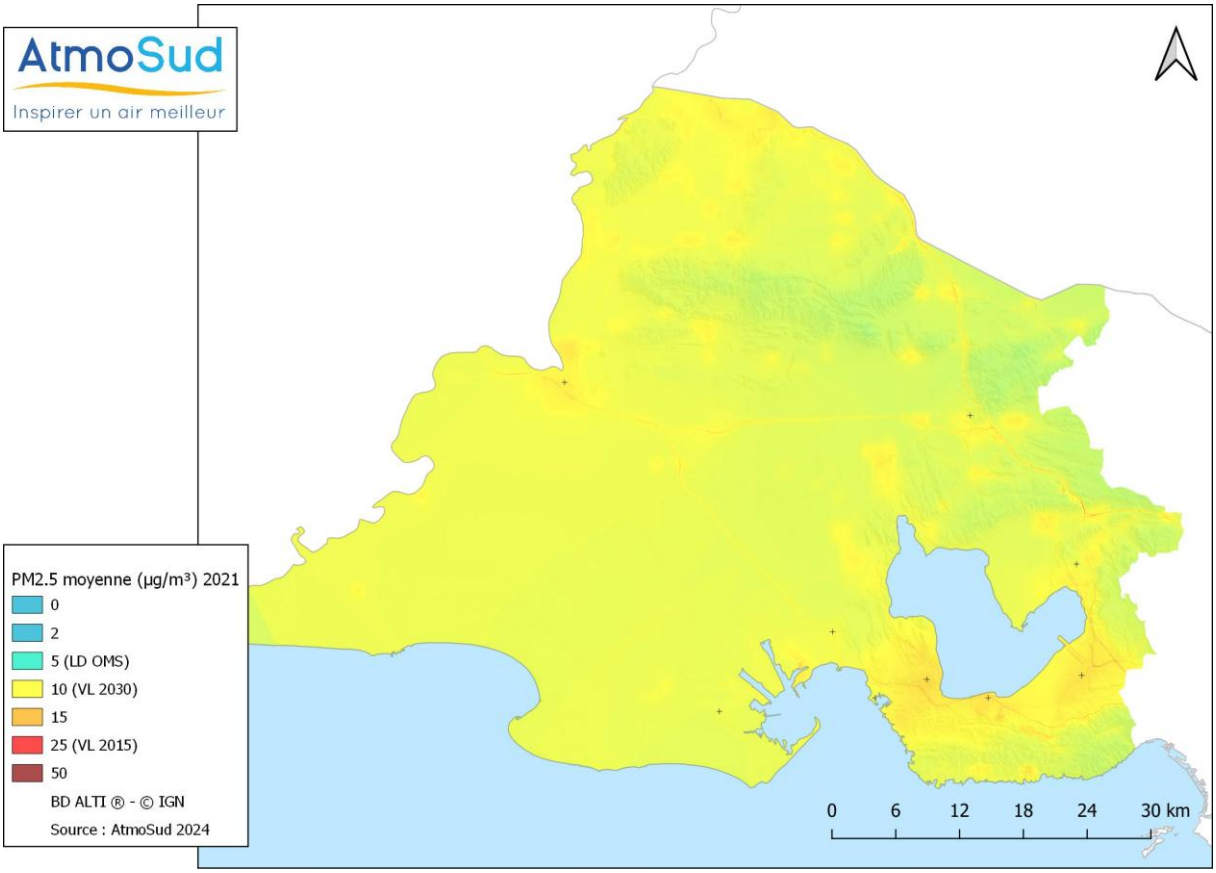
Les concentrations de particules PM2.5 sont réglementées dans l'air ambiant.

Chaque année, AtmoSud produit une cartographie des concentrations de PM2.5 à l'échelle de la région Sud – Provence-Alpes-Côte d'Azur en s'appuyant sur la modélisation issue de l'inventaire des émissions pour les PM10 et sur les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix grises). Ces cartographies permettent d'évaluer les populations exposées au dépassement de la valeur limite (25 µg/m^3 en moyenne annuelle).

En 2021, il n'y a pas de population exposée à des dépassements de la valeur limite 2015 fixée à 25 µg/m^3.

En revanche, 28 % des habitants vivent dans une zone dépassant la VL 2030 (10 µg/m^3) et la totalité de la population vit dans une zone dépassant la Ligne Directrice OMS.

Figure 23 : concentration moyenne annuelle de PM2.5 en 2021



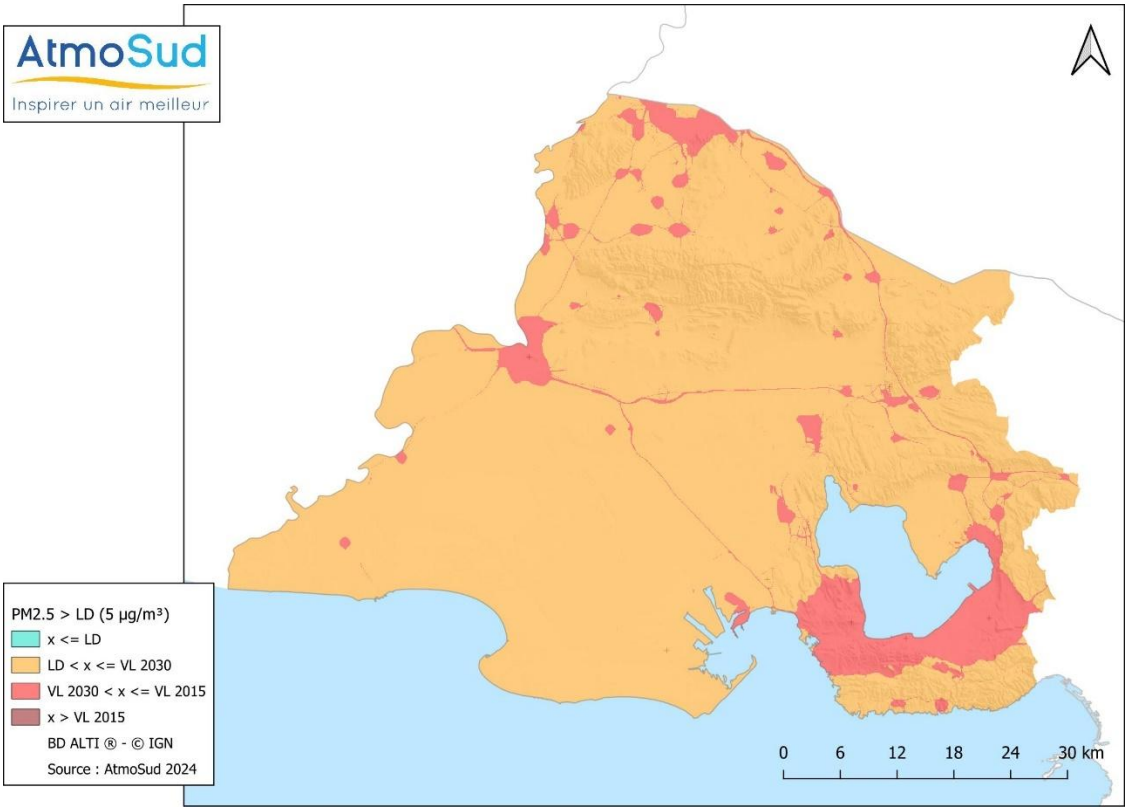
X.3.4 Comparaison aux valeurs de gestion pour les PM2.5

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à des concentrations supérieures aux valeurs de référence pour les PM2.5 :

Tableau 15. Population exposée aux dépassements des valeurs de référence pour les PM2.5

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Particules PM2.5	25 µg/m³	VL 2015	0 habitant 0 sites sensibles	627 742 habitants 648 sites sensibles
	10 µg/m³	VL 2030	301 000 habitants 213 sites sensibles	
	5 µg/m³	LD OMS 2021	627 742 habitants 648 sites sensibles	

Figure 24 : carte du risque à seuil pour les PM2.5 en 2021



X.3.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil

Il existe une valeur toxicologique de référence sans seuil pour les particules PM2.5, définie par l'ANSES en janvier 2023 (**Saisine n° « 2019-SA-0198 »). Elle est fixée à 1,28.10^{-2} (µg/m^3)$^{-1}$, décès toutes causes non accidentelles.**

Toutefois les modalités d'application de cette VTR sans seuil ne sont pas définies ; par conséquent aucun calcul et aucune carte ne peuvent être produits.

X.3.6 Discussions – Evolution par rapport à 2013

En 2013, la pollution de l'air par les particules PM2.5 était plus marquée sur le territoire avec des niveaux moyens supérieurs à 10 µg/m^3 sur les 66 communes étudiées. En effet, 100 % de la population était exposé à une concentration supérieure à 10 µg/m^3 en PM2.5.

En 2021, la baisse des niveaux moyens de PM2.5 est significative : 28 % de la population du territoire étudié est exposée à une concentration supérieure à 10 µg/m^3.

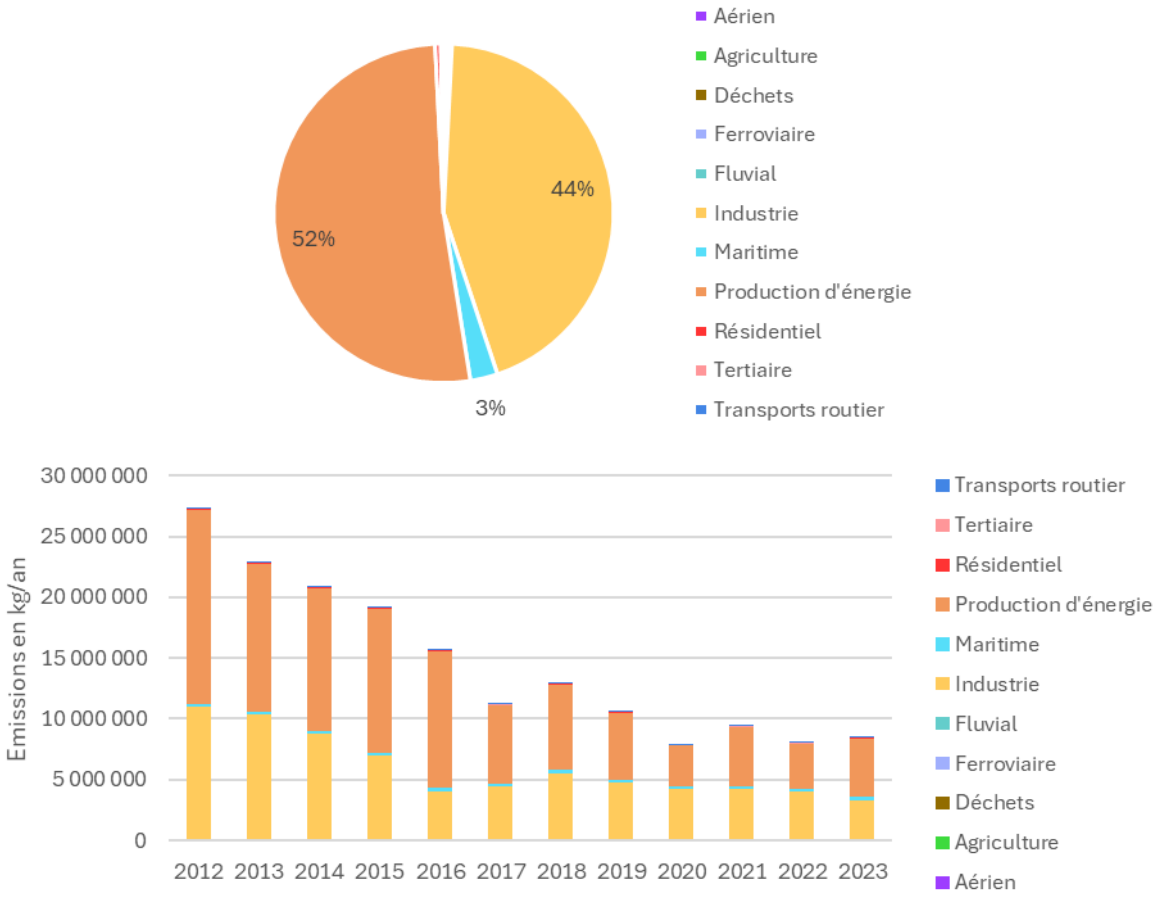
Néanmoins, 100 % de la population reste exposée à une valeur supérieure à la ligne directrice de l'OMS (fixée à 5 µg/m^3 en moyenne annuelle).

X.4 Dioxyde de soufre SO_2

X.4.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 25 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de SOx depuis 2012



Source : AtmoSud

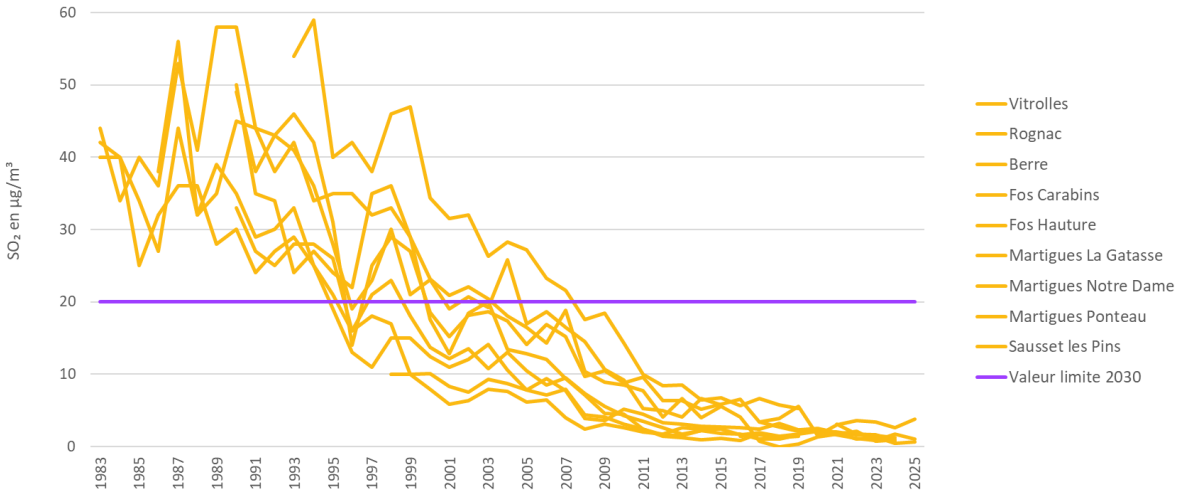
En 2019, le dioxyde de soufre est principalement émis par les secteurs de la production d'énergie et de l'industrie. Entre 2013 et 2019, les émissions sont en forte baisse (-54 %), du fait des diminutions enregistrées dans ces deux secteurs.

X.4.2 Evolution des concentrations de dioxyde de soufre SO_2

Depuis de nombreuses années, les niveaux de dioxyde de soufre en région sont faibles et respectent la réglementation.

Sous la pression réglementaire, les concentrations de SO_2 sur la zone ont considérablement baissé depuis les années 1980. Les concentrations de SO_2 respectent les valeurs réglementaires sur tous les points de mesures depuis 2010, et ont continué à diminuer plus doucement.

Figure 26 : évolution des concentrations de SO_2 sur les stations historiques de la zone SCENARII depuis 1983

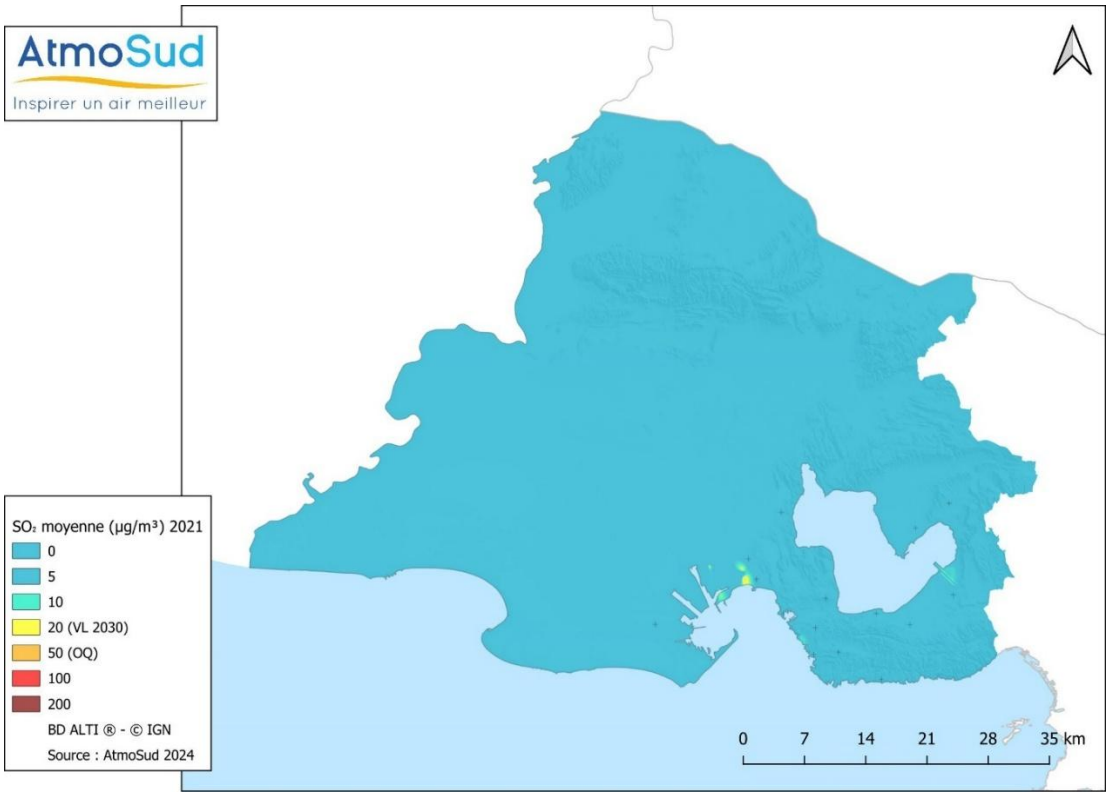


Avec un historique plus élargi, les niveaux décroissent progressivement puis se stabilisent à partir de 2012 à des concentrations annuelles 15 fois inférieures à celles de 1990.

X.4.3 Cartographie des concentrations

Les niveaux de dioxyde de soufre SO_2 sont réglementés dans l'air ambiant.

Figure 27 : concentration moyenne annuelle de SO_2 en 2021



La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire.

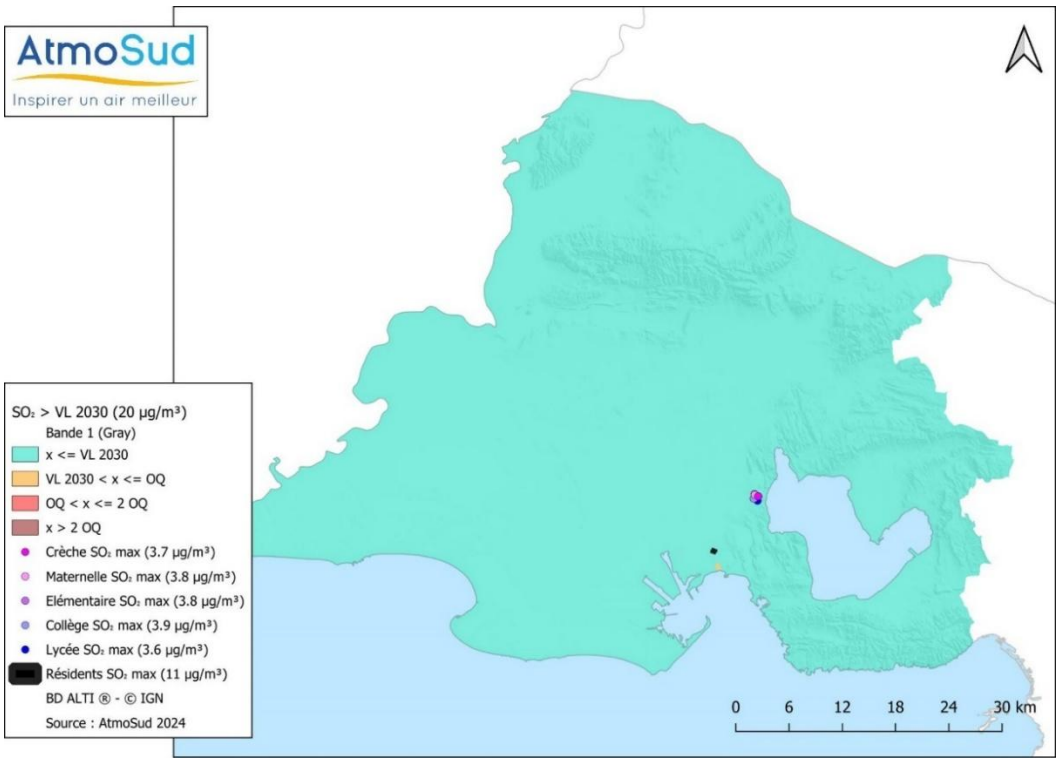
X.4.4 Comparaison aux valeurs de gestion pour le dioxyde de soufre

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à la valeur limite (VL) 2030 du dioxyde de soufre fixée à 20 µg/m³ en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation :

Tableau 16. Population exposée aux dépassements de la VL 2030 pour le SO_2 en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Dioxyde de soufre SO_2	20 µg/m³	VL 2030	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles

Figure 28 : carte du risque à seuil pour le SO_2 en 2021



X.4.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil

Il n'y a valeur toxicologique de référence à effet sans seuil pour le dioxyde de soufre SO_2. Aucune carte n'est donc produite.

X.4.6 Discussions – Evolution par rapport à 2013

Le dioxyde de soufre a été pendant très longtemps le polluant indicateur de la pollution industrielle. Mais les émissions entre 1950 et aujourd'hui ont considérablement baissé en raison de la qualité des carburants automobile et maritime, du traitement des effluences gazeux industriels. Aujourd'hui, les concentrations de dioxyde de soufre dans l'air ambiant sont très faibles.

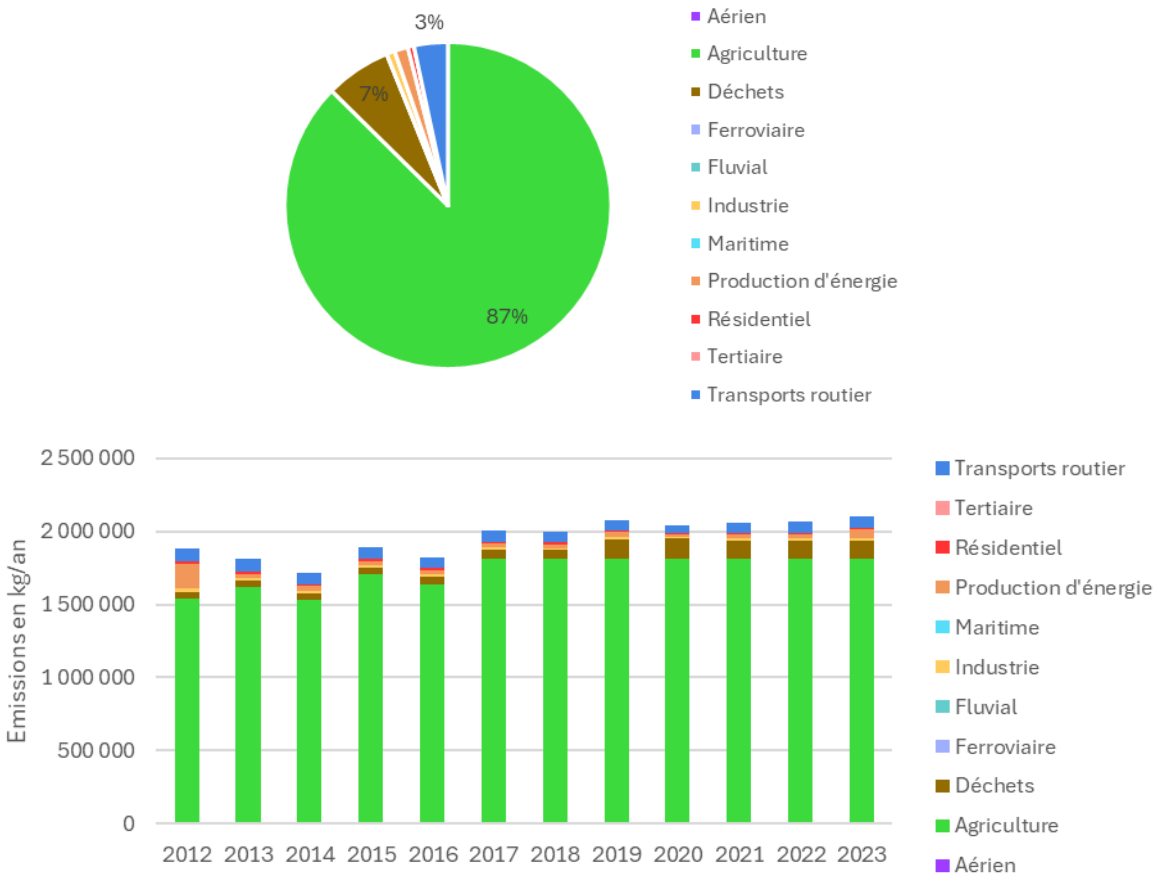
En 2021, le dioxyde de soufre ne présente également pas de risque de dépassement des valeurs de référence.

X.5 Ammoniac

X.5.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 29 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de NH_3 depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, l'ammoniac est émis très majoritairement par l'agriculture, suivi de loin par le traitement des déchets. Les émissions sont en hausse entre 2013 et 2019 (+15 %), du fait d'une augmentation des émissions agricoles (+2%) et d'un triplement des émissions du secteur du traitement des déchets (+203%).

X.5.2 Evolution des concentrations d'ammoniac

La moyenne d'ammoniac sur le site de Fos Carabins entre 2018 et 2023 est de 1,88 µg/m³.

Pour compléter les connaissances sur le territoire, les stations provisoires suivantes ont fourni des conditions aux limites du périmètre :

Tableau 17 : concentration de NH_3 dans les Bouches-du-Rhône en 2021 - Source : AtmoSud

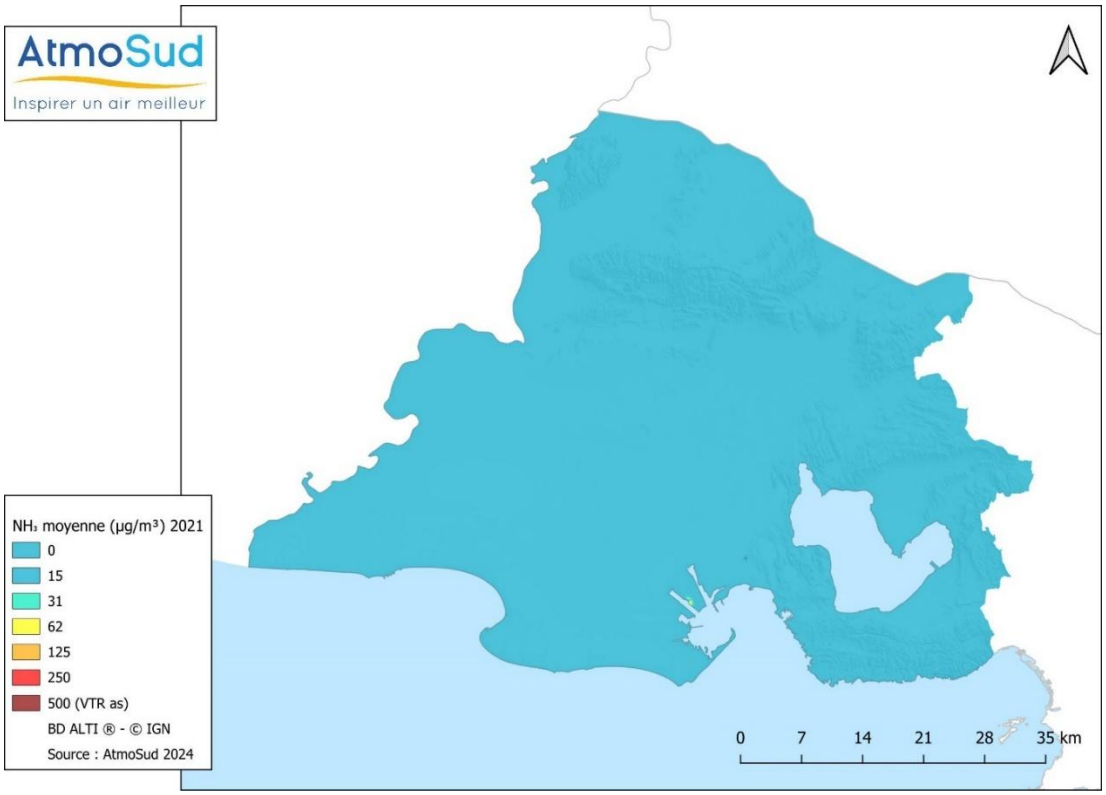
Concentration en µg/m³	Bouc-Bel-Air - Schneider	Bouc-Bel-Air - Transhumance	Cabriès - Verger	Septèmes - Raphaël	Marseille - Longchamp
2021	1,08	1,18	1,88	1,38	2.95

Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.

X.5.3 Cartographie des concentrations de l'ammoniac en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix grises).

Figure 30 : concentration moyenne annuelle d'ammoniac en 2021



Les concentrations de l'ammoniac dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.5.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil pour 2021

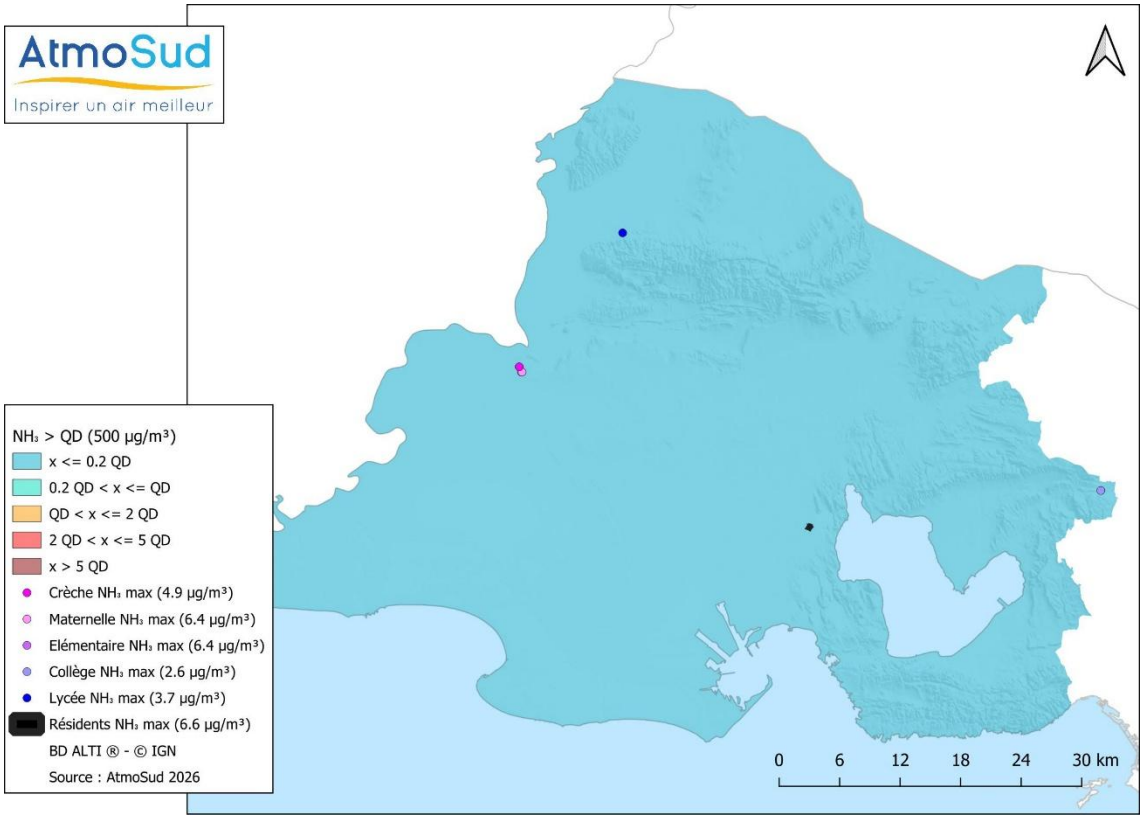
La VTR à seuil de l'ammoniac est fixée à 500 µg/m^3 en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un risque sanitaire chronique significatif pour les effets à seuil liés à l'inhalation. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Figure 31 : Population exposée au QD pour l'ammoniac en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée QD > 1	Population totale zone
Ammoniac	500 µg/m^3	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,01				

Figure 32 : carte du QD pour l'ammoniac en 2021



En 2021, l'ammoniac ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.5.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil pour 2021

Il n'y a pas de VTR sans effet de seuil pour l'ammoniac NH_3. Aucune carte n'est donc produite.

X.5.6 Discussions – Evolution par rapport à 2013

Entre 2013 et 2021, la VTR à seuil de l'ammoniac a évolué en fonction de l'amélioration des connaissances concernant les effets toxiques de la substance : elle est passée de 200 µg/m^3 en moyenne annuelle à 500 µg/m^3.

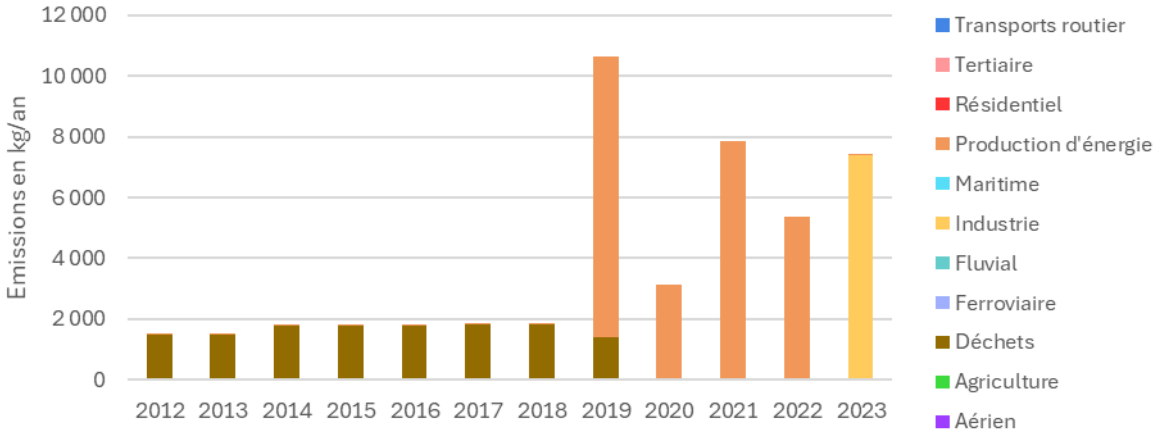
Ce changement de VTR n'a pas d'impact sur les résultats de SCENARII-2. En effet, la concentration maximale au niveau d'une habitation est estimée à 86 µg/m^3 soit associée à un QD non significatif (très inférieur à 1).

X.6 Sulfure d'hydrogène H_2S

X.6.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 33 : évolution des émissions de H_2S depuis 2012



Source : AtmoSud

En **2019**, le **sulfure d'hydrogène (H_2S)** est émis par un ensemble varié d'activités industrielles. Les émissions déclarées pour ce polluant ont été **multipliées par sept entre 2013 et 2019**, traduisant soit une évolution réelle des rejets, soit des changements dans les pratiques déclaratives.

Cependant, l'analyse temporelle de ces émissions est rendue complexe par les **modifications successives du format de reporting** utilisé dans les déclarations industrielles. En particulier :

- **À partir de 2019**, un changement de format dans le dispositif de déclaration a modifié la structuration et la catégorisation des émissions, rendant délicate toute comparaison directe avec les années antérieures.
- **En 2023**, une nouvelle évolution des règles comptables a de nouveau modifié les secteurs d'attribution des émissions.

Ainsi, **une même activité industrielle a pu être successivement déclarée dans différents secteurs**, d'abord comme *traitement des déchets*, puis comme *production d'énergie*, puis comme *industrie*, en fonction des versions des règles de reporting applicables.

Ces modifications successives entraînent une **rupture de cohérence dans les séries temporelles**, et doivent être prises en compte pour toute interprétation des tendances d'émissions de H_2S sur la période 2013–2023.

X.6.2 Evolution des concentrations en hydrogène sulfureux H_2S

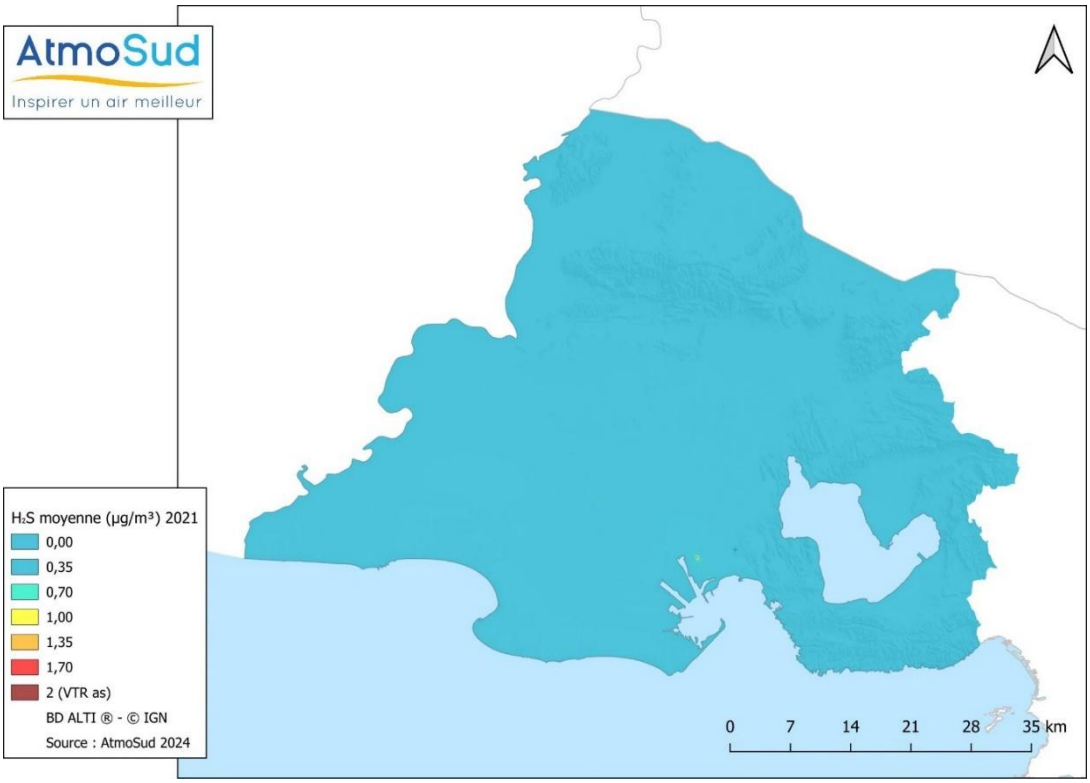
Un point de mesure est disponible sur la zone d'étude : le site de Fos-Carabins qui enregistre une moyenne annuelle de H_2S de 0,36 µg/m³.

Cette concentration a été utilisée pour la réalisation de la cartographie suivante.

X.6.3 Cartographie des concentrations de l'hydrogène sulfureux en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix).

Figure 34 : concentration moyenne annuelle pour l'H_2S en 2021



Les concentrations du sulfure d'hydrogène H_2S dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.6.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil

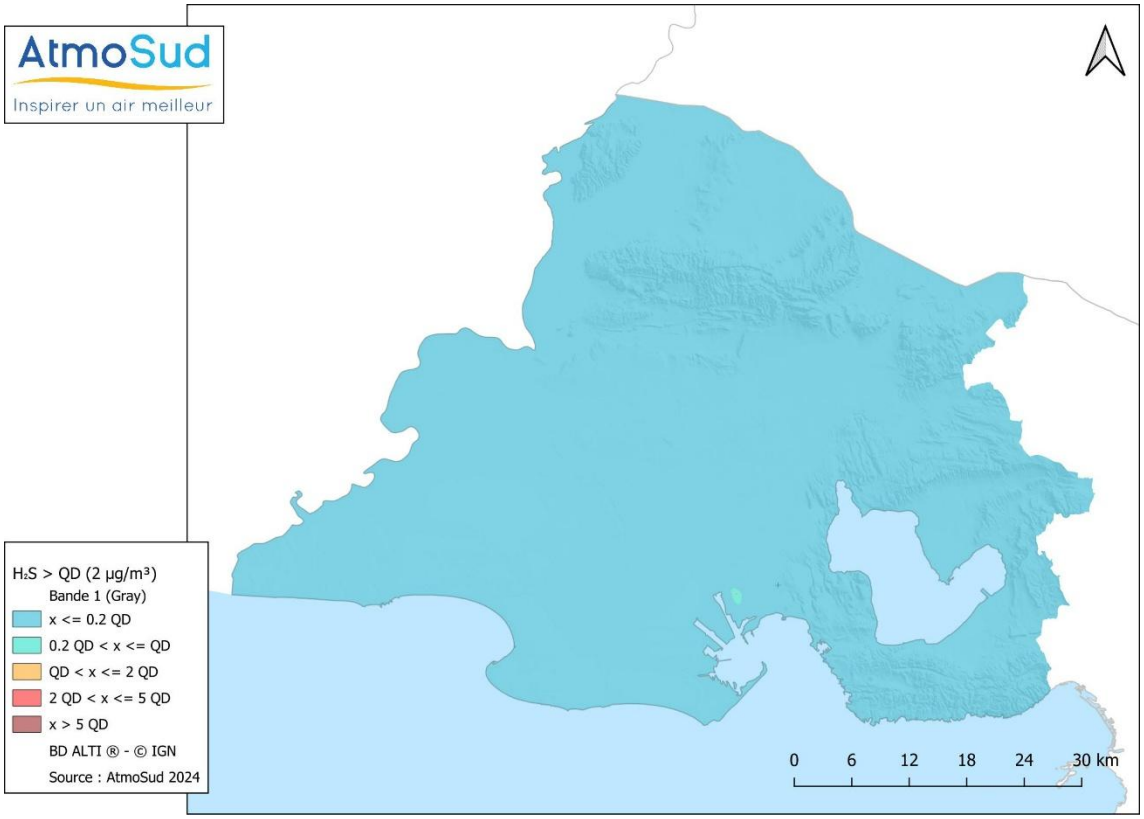
La VTR à seuil de l'hydrogène sulfureux est fixée à 2 µg/m³ en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un risque sanitaire chronique significatif pour les effets à seuil liés à l'inhalation. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Figure 35 : Population exposée au QD > 1 pour l'H_2S en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Hydrogène sulfureux H_2S	2 µg/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,18				

Figure 36 : carte du QD pour l'H_2S en 2021



En 2021, le sulfure d'hydrogène ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.6.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil

Il n'y a pas de VTR sans seuil pour le sulfure d'hydrogène H_2S. Aucune carte n'est donc produite.

X.6.6 Discussions – Evolution par rapport à 2013

Il n'y a pas eu d'évolution des valeurs toxicologiques de référence à seuil ou sans seuil entre SCENARII-1 et SCENARII-2. Ce polluant ne présentait pas de risque significatif pour les effets à seuil liés à l'inhalation en 2013.

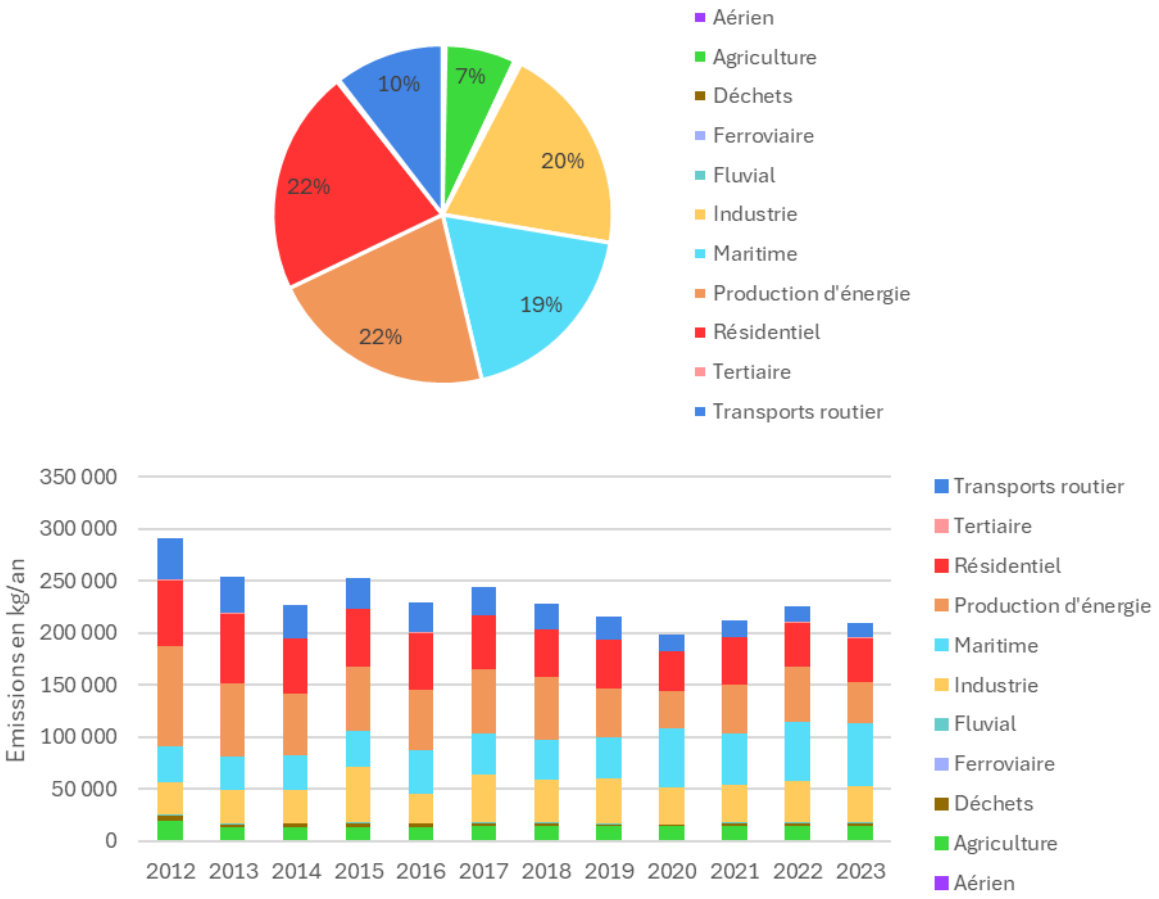
En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, il n'y a pas de risque sanitaire pour l'exposition par inhalation chronique au sulfure d'hydrogène pour les effets à seuil.

X.7 Benzène

X.7.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques de benzène recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 37 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de benzène depuis 2012



Source : AtmoSud

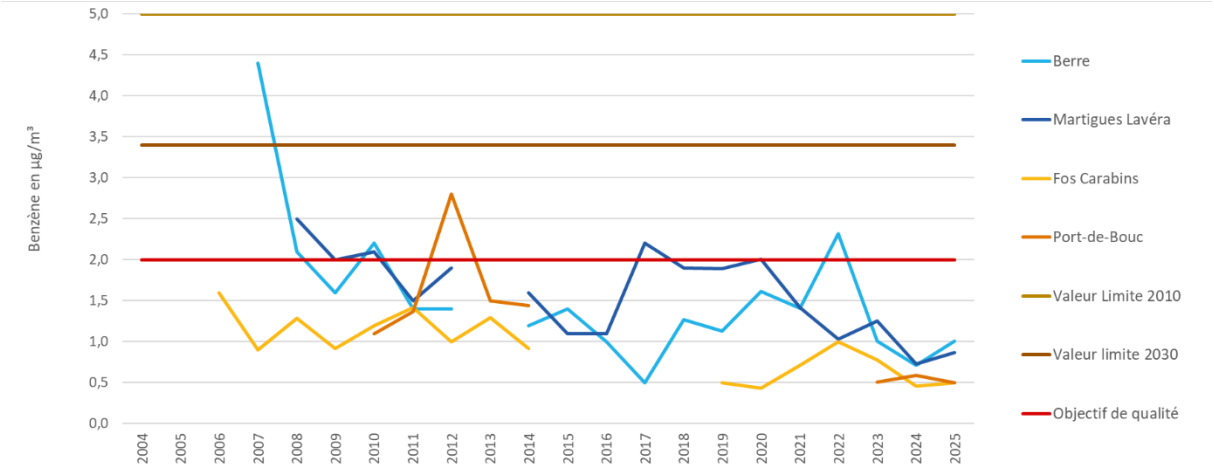
En 2019, le benzène est émis majoritairement par 4 secteurs d'activité : transport maritime, résidentiel, production d'énergie et industrie.

Les émissions de benzène ont baissé de 15 % entre 2013 et 2019.

X.7.2 Evolution des concentrations de benzène

Le graphique comparatif des **émissions** et des **concentrations** présente des évolutions différentes. Depuis 2018, les concentrations sont mesurées sur des sites implantés uniquement dans les Bouches-du-Rhône, où les niveaux sont plus élevés du fait du caractère industriel du département.

Figure 38 : évolution des concentrations de C_6H_6 sur les stations historiques de la zone Scenarii depuis 2006



Les concentrations moyennes annuelles de benzène restent en-deçà de l'**objectif de qualité** et la tendance est à la baisse. La crise sanitaire en 2020 (COVID-19) a limité l'activité industrielle et les déplacements, entraînant de fait des niveaux moindres qui se sont maintenus en 2021.

Depuis 2022, les niveaux sont à la baisse avec une concentration moyenne tous sites confondus la plus faible depuis 2013. Sur le territoire de SCENARII, le constat est contrasté selon les stations, mais toujours avec une tendance générale à la baisse.

De nombreuses études ont été réalisées sur la période 2020-2023 par échantillonnage passif, le site de Salon-de-Provence étant le site de fond non influencé par les sources industrielles.

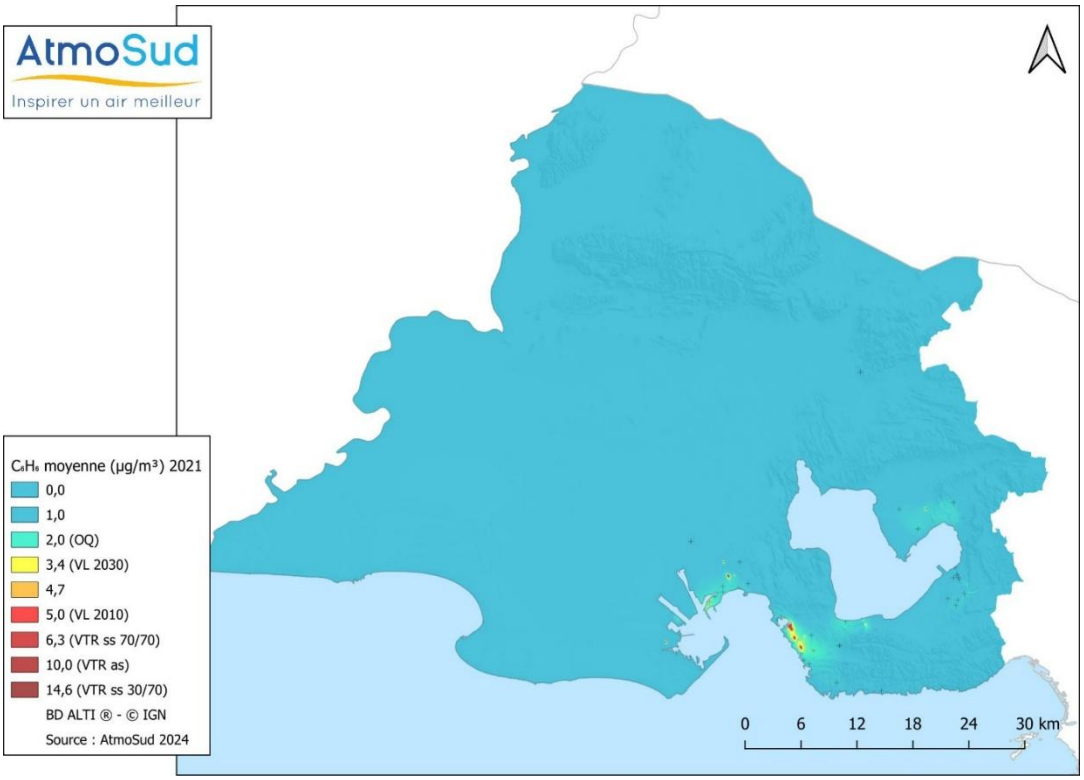
AtmoSud a étendu les mesures automatiques de composés organiques volatils (COV) aux sites de Fos Carabins, Port-de-Bouc La Lèque et Rognac, disposant ainsi de 5 sites de mesures de référence pour les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes). Sur les sites de Port-de-Bouc, Martigues Lavéra et Berre L'Etang, les appareils à disposition fournissent une information sur un large panel de COV (outre les BTEX) dont le 1,3-butadiène, le CVM…

Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.

X.7.3 Cartographique des concentrations du benzène en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix).

Figure 39 : concentration moyenne annuelle de benzène C_6H_6 en 2021



Le benzène est un polluant réglementé dans l'air ambiant :

- Objectif de qualité : 2 µg/m^3 en moyenne annuelle
- Valeur limite 2010 : 5 µg/m^3 en moyenne annuelle
- Valeur limite 2030 : 3.4 µg/m^3 en moyenne annuelle

En 2021, il n'y a pas de population exposée à des dépassements de la valeur limite 2010 fixée à 5 µg/m^3 pour le benzène ou de la valeur limite 2030 fixée à 3.4 µg/m^3.

Moins de 100 habitants sont exposés à une concentration annuelle supérieure à l'objectif de qualité de 2 µg/m^3. Ils sont situés majoritairement à Martigues, quartier Lavéra.

X.7.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

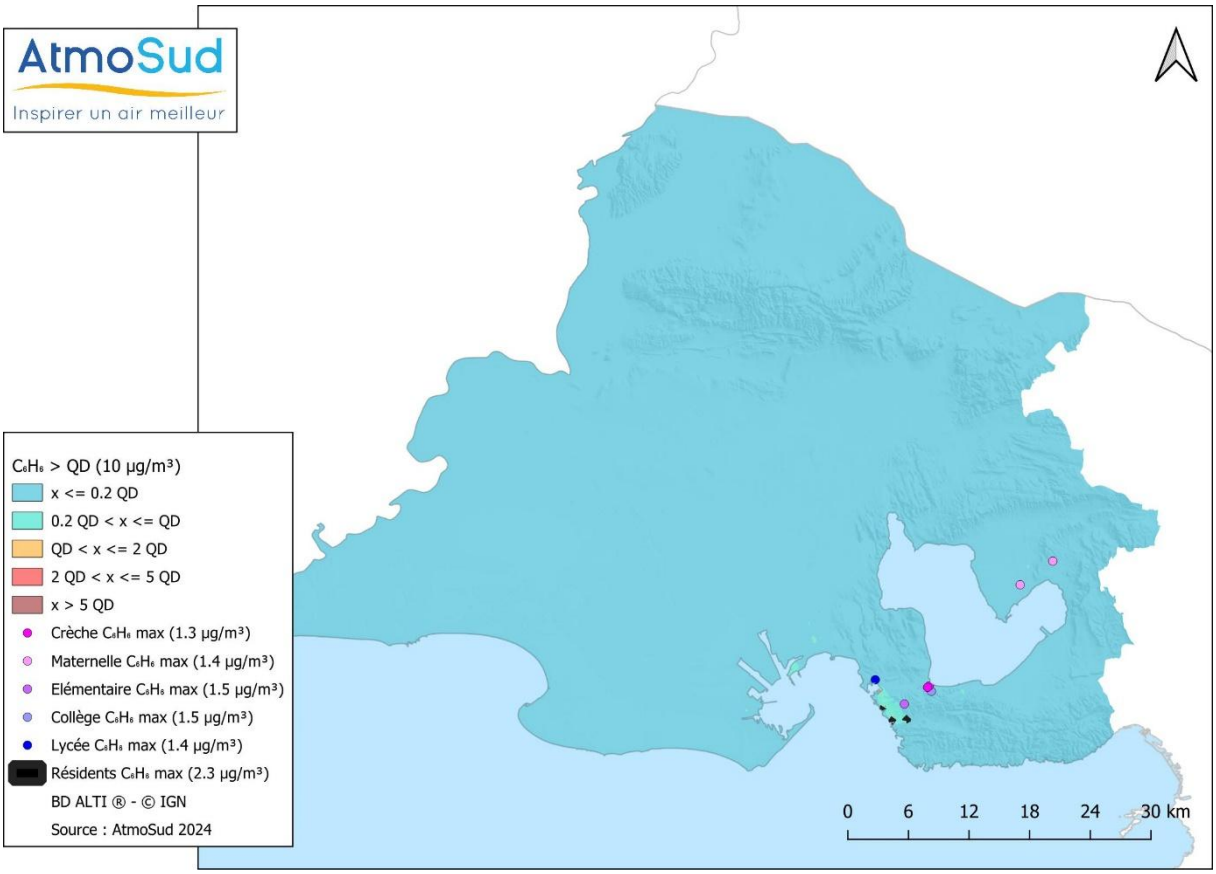
La VTR à seuil du benzène est fixée à 10 µg/m³ en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 18. Population exposée à un QD supérieur à 1 pour le benzène en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Benzène	10 µg/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,23				

Figure 40 : carte du QD pour le benzène en 2021



En 2021, le benzène ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.7.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

L'inhalation est la voie d'exposition majoritaire de l'homme au benzène. Le benzène est classé dans le groupe 1 par le CIRC (cancérogène avéré pour l'Homme) (CIRC,1979, 1982, 2012, 2018). Cette classification s'appuie sur un niveau de preuve suffisant de la cancérogénicité du benzène chez l'Homme (source : https://www.anses.fr/sites/default/files/VSR2021MPEX0005Ra.pdf).

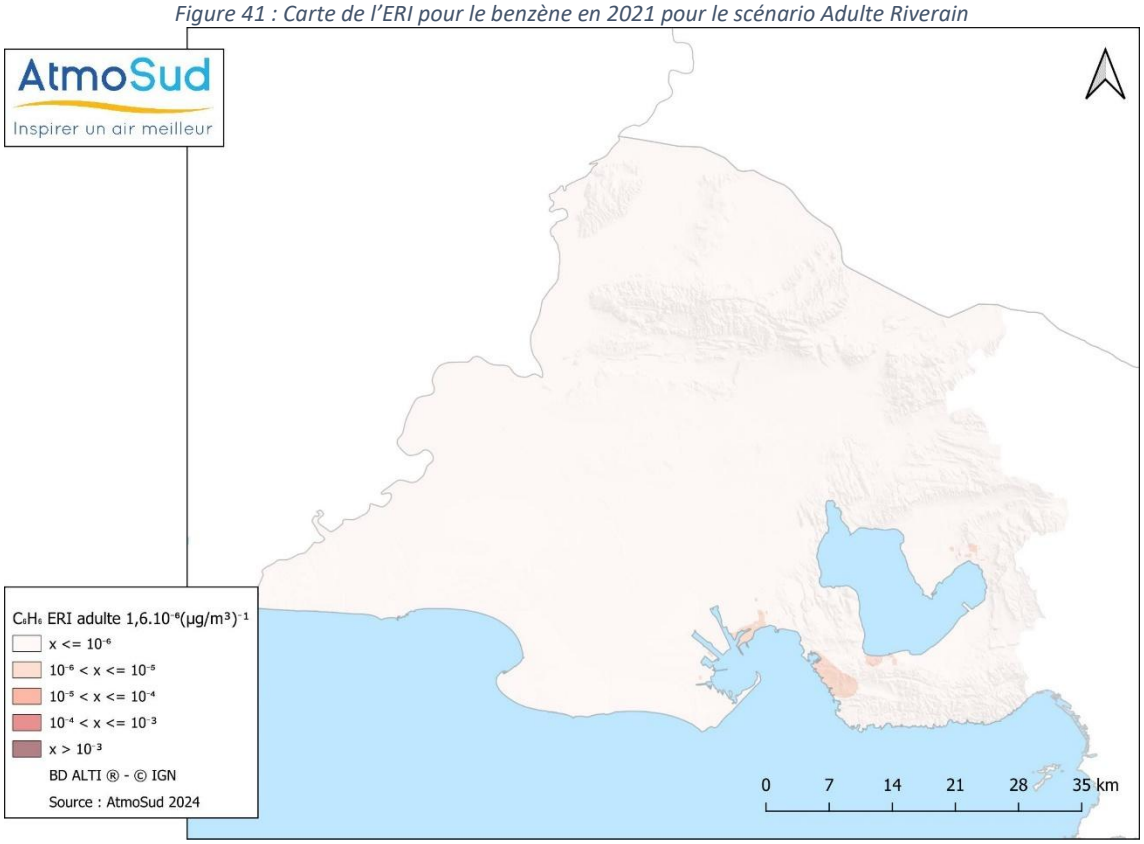
La VTR sans seuil du benzène est fixée à ($1{,}6.10^{-6}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation (ANSES Juillet 2024).

Le tableau suivant indique la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour le benzène :

Tableau 19. Population exposée à un ERI pour le benzène

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : benzène		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 41 : Carte de l'ERI pour le benzène en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le benzène ne présente pas de risque de dépassement de l'ERI à 10^{-5} pour la VTR sans seuil (valeur repère 10^{-5}) pour une exposition chronique par inhalation, quel que soit le scénario envisagé.

X.7.6 Discussions

- **Cartes des concentrations**

De nombreuses campagnes de mesure du benzène par échantillonnage passif et par mesure en continu ont été réalisées depuis 2018, permettant de mieux caractériser les niveaux de fond.

En 2013, avec les hypothèses et les méthodologies utilisés, les zones d'intérêt étaient localisées autour du golfe de Fos, vers les zones industrielles de Berre et de La Mède (Châteauneuf-les-Martigues), au niveau de la ville de Marignane.

La pollution de l'air par le benzène a diminué entre 2013 et 2021.

En 2021, aucune zone résidentielle n'est concernée par des valeurs supérieures à 5 µg/m^3 (valeur limite européenne).

- **Evolution du risque par rapport à 2013**

En juillet 2024, l'ANSES a publié un avis relatif à la mise à jour des VTR à court, moyen et long terme par voie respiratoire pour le benzène[11]. Considérant leurs différentes limites et incertitudes des VTR cancérogènes par voie respiratoire existantes, l'ANSES a construit une nouvelle VTR sans effet de seuil par inhalation [12] : ERU = 1,6.10^{-6} (µg/m^3)$^{-1}$.

Lors de l'étude SCENARII-1 produite sur l'année de référence 2013, la VTR sans seuil du benzène était de 2,6.10^{-5} (µg/m^3)$^{-1}$ soit 16 fois plus contraignante que celle utilisée dans l'étude SCENARII-2 en 2024.

En 2013, 124 295 personnes étaient exposées à un excès de risque supérieur à 10^{-5} pour le risque chronique par inhalation à effet sans seuil pour le benzène.

Ce changement de VTR, lié à une meilleure connaissance des effets toxique du benzène, ainsi que la baisse des concentrations ont un impact significatif sur les résultats de SCENARII-2.

En 2021, aucune population n'est exposée à un excès de risque chronique par inhalation à effet sans seuil pour le benzène.

[11] https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2021MPEX0005Ra.pdf

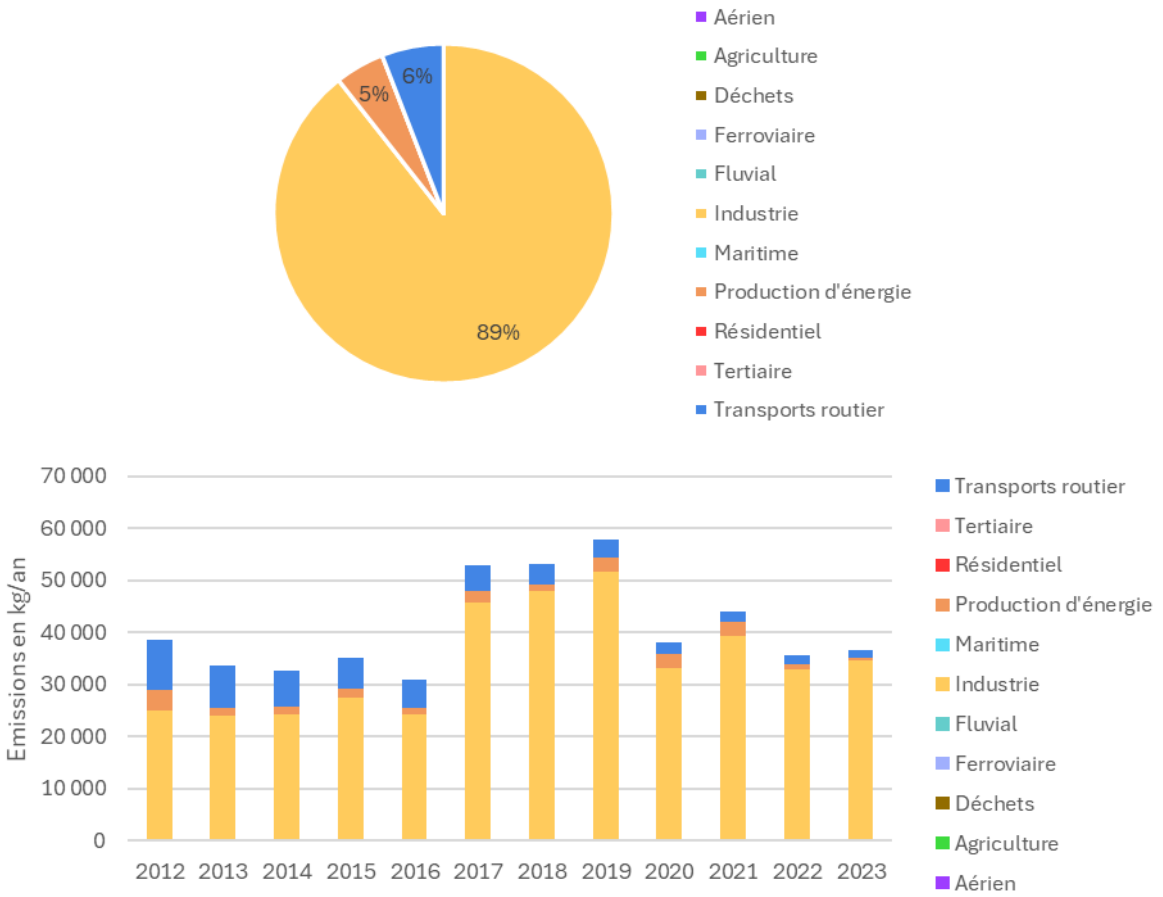
[12] Scholten B., Portengen L., Pronk A., Stierum R., Downward G.S., Vlaanderen J., Vermeulen R. (2022). Estimation of the exposure-Response relation between benzene and acute myeloïde leukemia by combining epidemiologic, human biomarker, and animal data. Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev. Vol. 31(4): 751-757.

X.8 1,3-butadiène

X.8.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques pour le 1,3-butadiène recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 42 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de 1,3-BD depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le 1,3-butadiène est émis très majoritairement par le secteur industriel, ainsi que pour une faible part par les secteurs du transport routier et de la production d'énergie.

Les émissions ont fortement augmenté entre 2013 et 2019 (+72 %), mais redescendent depuis 2019 sans toutefois avoir retrouvé leur minimum de 2016.

X.8.2 Evolution des concentrations de 1,3-butadiène

En 2015-2016, dans le cadre de SCENARII-1, une campagne de mesure avait été réalisée pour fournir des informations concernant les concentrations de 1,3-butadiène sur le territoire. Dans le cadre des arrêtés préfectoraux complémentaires (APC) COV, de nouvelles campagnes de mesure ont été mises en œuvre dès 2019-2020. A partir de 2021, les mesures sont réalisées par analyseur automatique, sur les sites de Port-de-Bouc, Martigues Lavéra et Berre.

Tableau 20 : évolution des concentrations de 1,3-butadiène depuis 2015 - – en rouge l'année de référence de l'étude

	2015-2016	2018-2019	2021	2022	2023	2024
Salon	0.1	0.11				
Port de Bouc	0.2	0.15	0,15*	2,68*	0,43*	0,61
Martigues Lavéra	0.3	0.23	0.3*	0,43	0,52	0,21
Martigues Les Laurons / Martigues Caravelle	0.3	0.32				
Rognac	0.2	0.16				
Berre	1	0.45	1.34*	2,69*	2,00*	1,24*

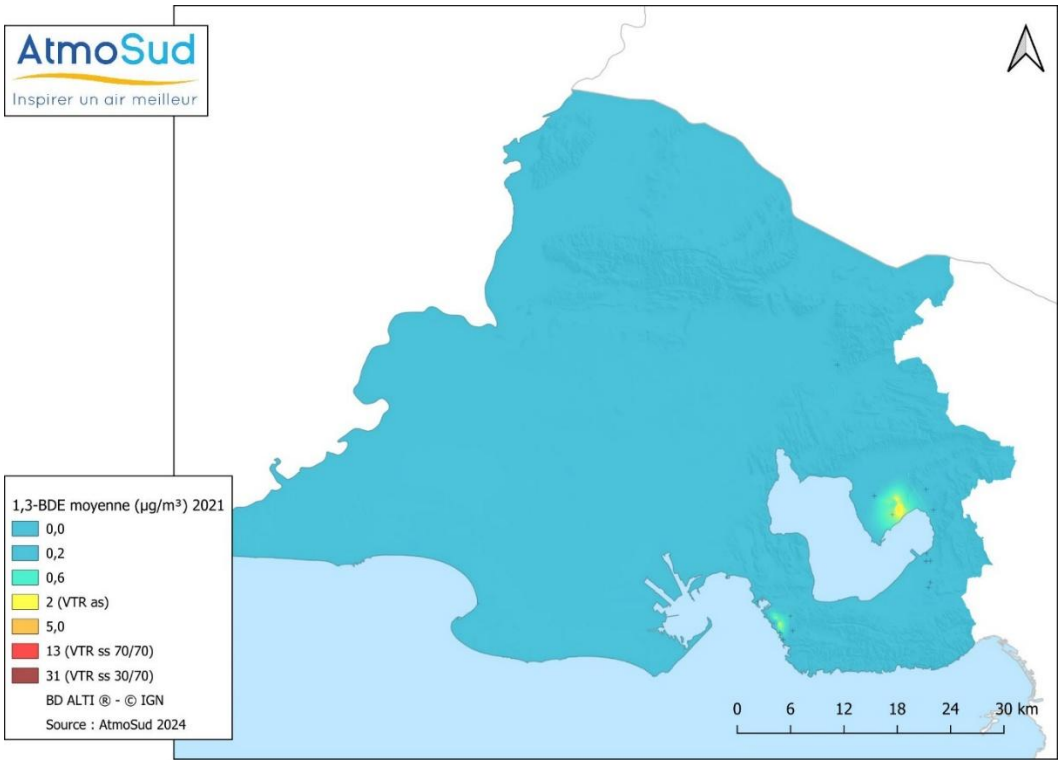
* : mesure réalisée par analyseur automatique.

En 2021, les niveaux de 1,3-butadiène sont globalement stables par rapport à 2015. **Ces niveaux ont été utilisés pour la réalisation de la cartographie suivante.**

X.8.3 Cartographie des concentrations en 2021

Dans le cadre de SCENARII-2, AtmoSud produit une cartographie des concentrations de 1,3-butadiène en s'appuyant sur la modélisation issue de l'inventaire des émissions et sur les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix) et reportées dans le Tableau 20.

Figure 43 : concentration moyenne annuelle de 1,3-butadiène en 2021



Les concentrations du 1,3-butadiène dans l'environnement ne sont pas réglementées.

X.8.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

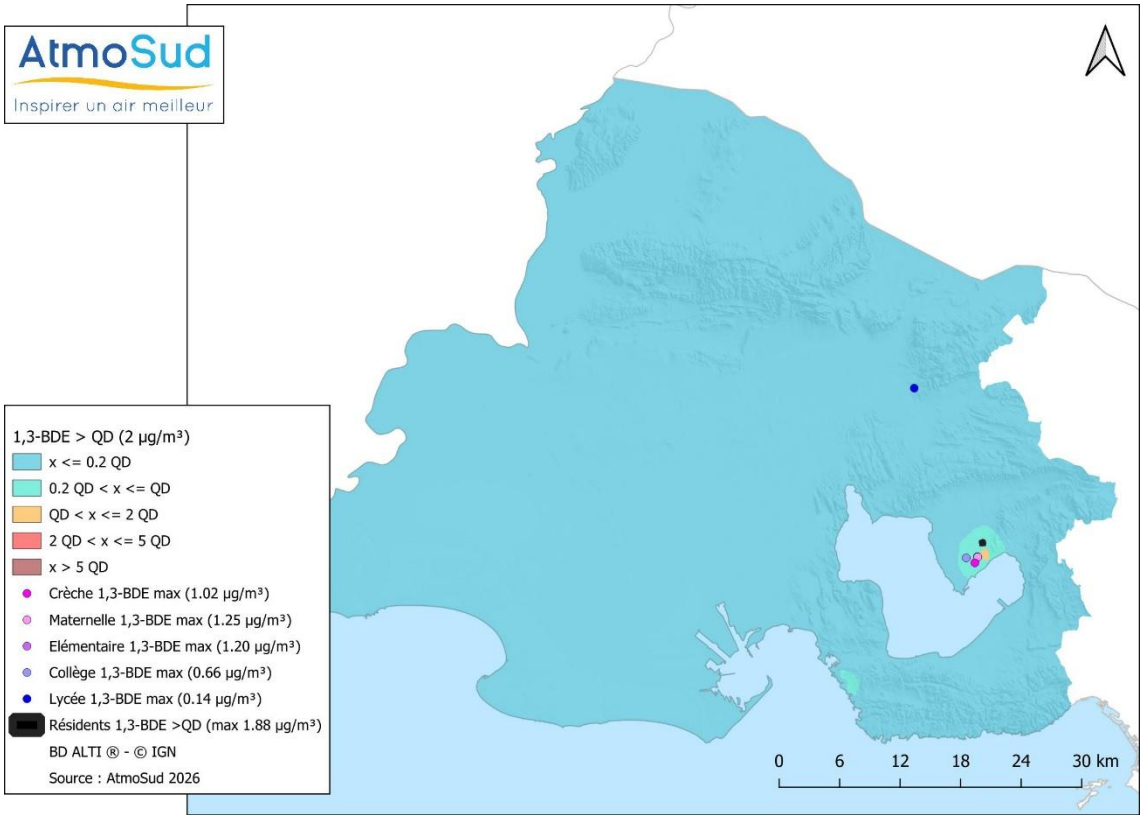
La VTR à seuil pour le 1,3-butadiène est fixée à 2 µg/m³ en moyenne annuelle (ANSES 2021).

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Figure 44 : Population exposée à un QD supérieur à 1 pour le 1,3-butadiène en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte	Population exposée	Population totale zone
1,3-butadiène	2 µg/m³	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,94			

Figure 45 : carte du QD pour le 1,3-butadiène en 2021



En 2021, le 1,3-butadiène ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.8.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

La principale voie d'absorption du 1,3-butadiène est la voie respiratoire. Chez l'homme, le 1,3-butadiène entraîne des irritations oculaires et des voies respiratoires supérieures. Il a également une action délétère sur le système nerveux central.

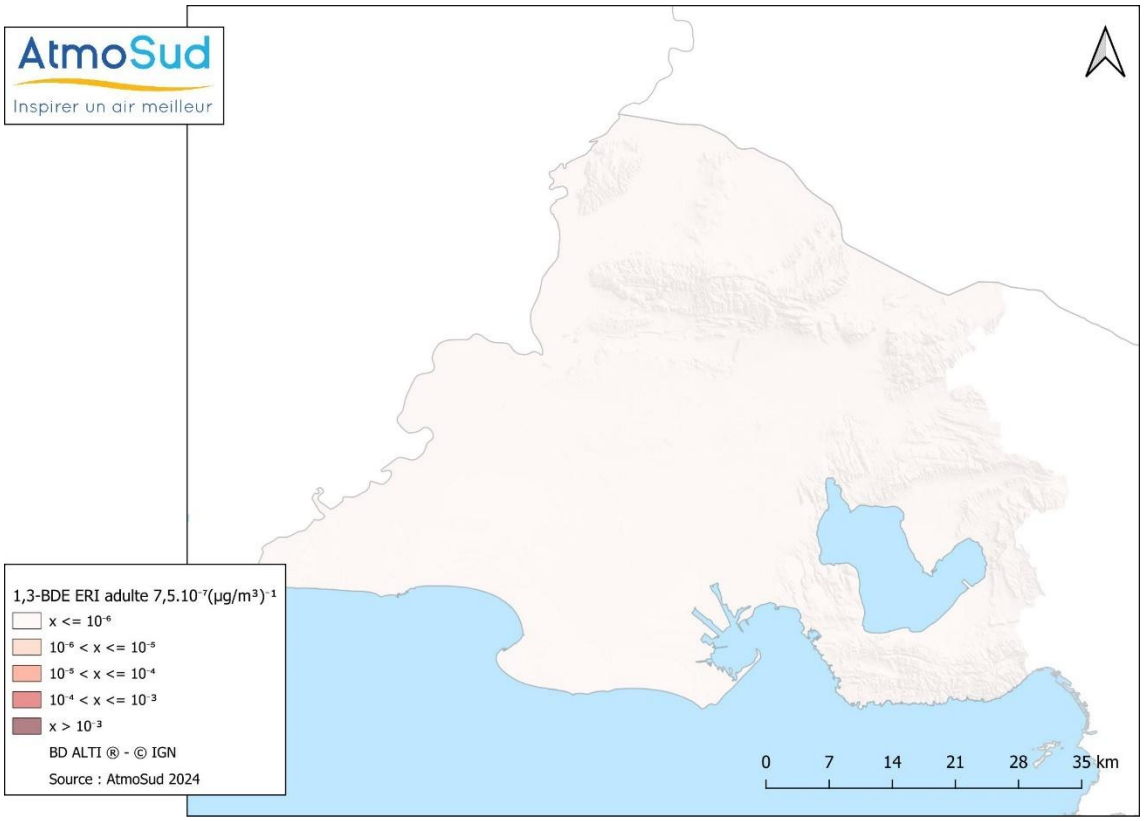
Le 1,3-butadiène est reconnu cancérigène de catégorie 1A pour l'Union Européenne pour l'homme depuis 2001. Chez l'homme, il a été montré qu'il existe un lien entre la survenue de leucémies et les expositions au 1,3-butadiène (source : https://substances.ineris.fr/substance/106-99-0#toxicology_entity). La VTR sans seuil du 1,3-butadiène est fixée à $(7{,}5.10^{-7}\ \mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation (ANSES 2023).

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour le 1,3-butadiène :

Figure 46 : Population exposée à un ERI pour le 1,3-butadiène en 2021

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : 1,3-butadiène		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 habitant
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 47 : carte de l'ERI pour le 1,3-butadiène en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le 1,3-butadiène ne présente pas de risque de dépassement de l'ERI pour la VTR sans seuil (valeur repère 10^{-5}) pour une exposition chronique par inhalation, quel que soit le scénario envisagé.

X.8.6 Discussions

- **Cartes des concentrations**

Depuis 2020, de nombreuses mesures de 1,3-butadiène ont été réalisées sur le territoire par échantillonnage passif et par mesures en continu. Elles ont permis de caractériser de façon plus fine les concentrations sur le territoire par rapport à 2023.

Ainsi, en 2021, les niveaux les plus importants sont représentés au niveau des zones industrielles émettrices à Lavéra et Berre-L'Etang.

- **Evolution du risque par rapport à 2013**

En avril 2019, l'ANSES (agence d'expertise pour le choix et la construction des VTR) a été saisie par la DGS et la DGPR afin de sélectionner ou d'élaborer des VTR à long terme pour le 1,3-butadiène au vu des nouvelles données scientifiques.

Considérant les différentes limites et incertitudes des VTR cancérogènes par voie respiratoire existantes, l'ANSES a construit une nouvelle VTR en se basant sur les résultats de l'étude de Sathiakumar *et al.* (2021)[13] qui montre des excès de décès par « leucémies lymphoïdes » associés à l'exposition au 1,3-butadiène[14] : ERU = $7{,}5.10^{-7}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$

Pour cette substance, la VTR sans seuil a donc évolué en fonction des nouvelles des connaissances scientifiques**.**

Lors de l'étude, SCENARII-1 produite sur l'année de référence 2013, la VTR sans seuil du 1,3-butadiène était de $1{,}7.10^{-4}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$, soit plus de 200 fois plus contraignante que celle utilisée dans l'étude SCENARII-2 en 2024.
En effet, en 2013, 165 566 personnes étaient exposées à un excès de risque supérieur à 10^{-5} pour le 1,3-butadiène (VTR sans seuil : $1{,}7.10^{-4}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$).

Ce changement de VTR, lié à une meilleure connaissance sanitaire, a un impact non négligeable sur les résultats de SCENARII-2.

En 2021, aucune population n'est exposée à un excès de risque chronique par inhalation (valeur repère 10^{-5}) à effets sans seuil pour le 1,3-butadiène.

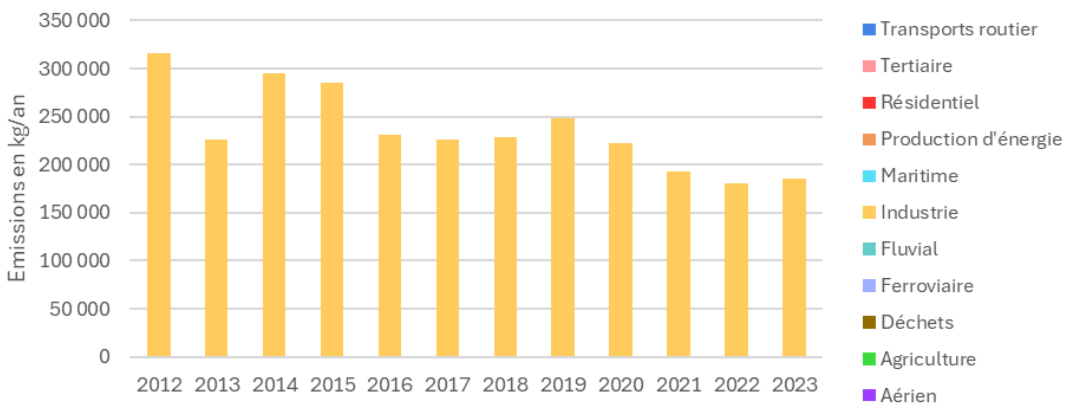
[13] Sathiakumar N, Bolaji BE, Brill I, Chen L, Tipre M, Leader M, Arora T, Delzell E. 2021. 1,3-Butadiene, styrene and lymphohaematopoietic cancers among North-American synthetic rubber polymer workers : exposure response-analyses. Occup Environ Med 2021. 78(12):859-868.
[14] https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2019SA0073Ra.pdf

X.9 1,2-dichloroéthane (ou 1,2-DCE)

X.9.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques du 1,2-DCE recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 48: évolution des émissions de 1,2-DCE depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le 1,2-DCE est émis exclusivement par **le secteur industriel**. Les émissions entre 2013 et 2019 sont légèrement en hausse (+10 %), mais la tendance générale sur un temps plus long est globalement à la baisse.

X.9.2 Evolution des concentrations en 1,2-DCE

En 2014-2015, dans le cadre de SCENARII-1, une campagne de mesure avait été diligentée pour caractériser les niveaux de 1,2-DCE sur le territoire. Depuis 2018, des campagnes ont été réalisées sur le territoire pour une représentativité de plus de 14 % du temps annuel. Elles fournissent les informations suivantes :

Tableau 21 : Concentration moyenne depuis 2018 sur le territoire SCENARII-2 – en rouge l'année de référence de l'étude

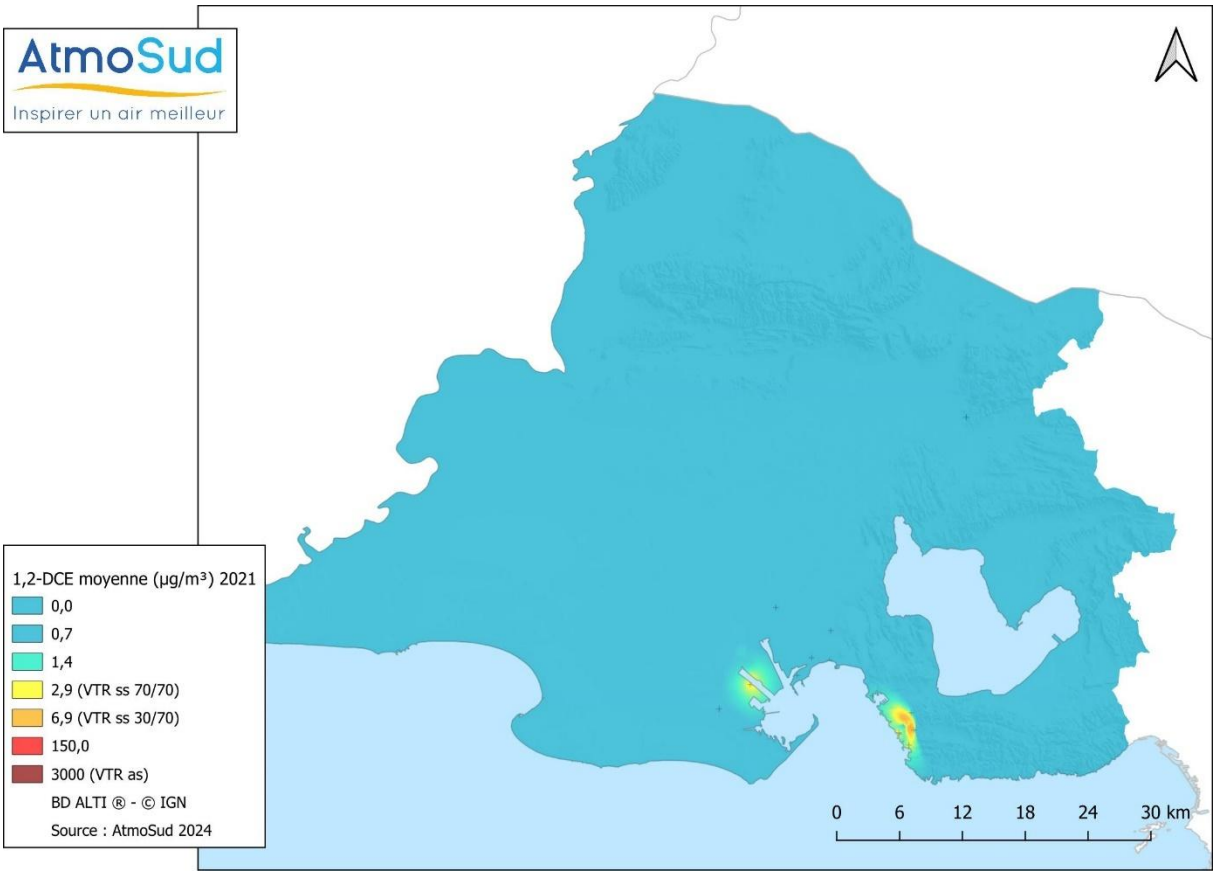
Concentration annuelle estimée en µg/m³	2014-2015	2018	2019-2020	2021	2022	2023	2024
Martigues Les Laurons	5,5	2.08	3.21				
Port-de-Bouc	1,5		1,4	-	-		
Fos Carabins	0,5	0,28	0,3	0,26	0,28	0.33	0.33
Martigues Lavéra	1,6		1,9				
Fos La Fossette	0.5	0.69	0.23				
Berre-L'Etang			0.27	-	-		
Fos Elengy			0.84	0,62	0,56	0.50	0.42
Fos - Clôture			0.31	0,34	0,27	0.3	0.31
Fos - Cavaou			0.51	0.68	0.29	0.30	0.32
Bouc Bel Air				0.26			
Cabriès le Verger				0.27			

Pour les points de surveillance bénéficiant d'un historique, les niveaux sont en baisse depuis 2018 voire 2014-2015 de 10 à 50 % selon les points de surveillance. **Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.**

X.9.3 Cartographie des concentrations de 1,2-DCE

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix grises).

Figure 49 : concentration moyenne annuelle de 1,2-dichloroéthane en 2021



Les concentrations du 1,2-DCE dans l'environnement ne sont pas réglementées.

X.9.4 Carte du risque sanitaire pour les effets de seuil en 2021

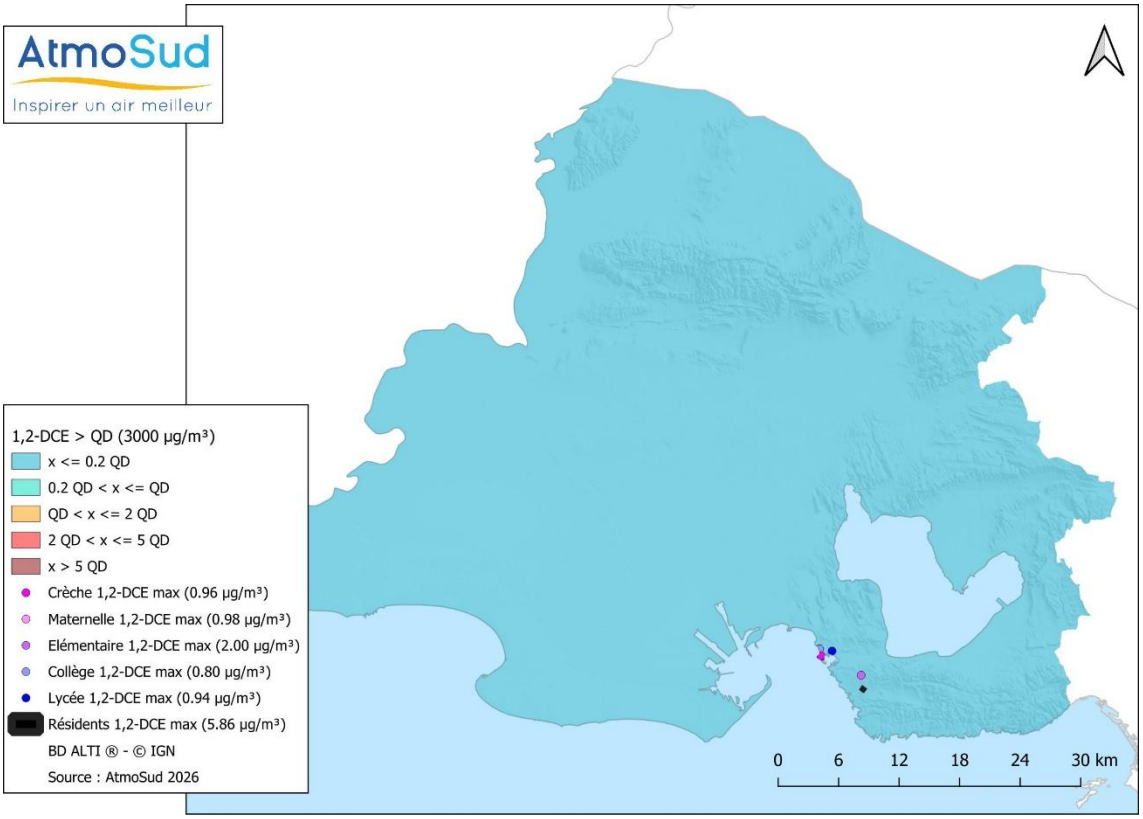
La VTR à seuil du 1,2-DCE est fixée à 3 000 µg/m^3 en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 22. Population exposée à un QD supérieur à 1 pour le 1,2-DCE en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
1,2-DCE	3 000 µg/m^3	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,002				

Figure 50 : carte du QD pour le 1,2-DCE en 2021



En 2021, le 1,2-dichloroéthane ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.9.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Par inhalation, le 1,2-dichloroéthane est rapidement absorbé par les poumons. Il est reconnu cancérigène de catégorie 2 par l'Union Européenne pour l'homme depuis 1993 : « Le 1,2-dichloroéthane doit être assimilé à une substance cancérogène pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer » (source : https://substances.ineris.fr/substance/107-06-2#toxicology_entity__introduction).

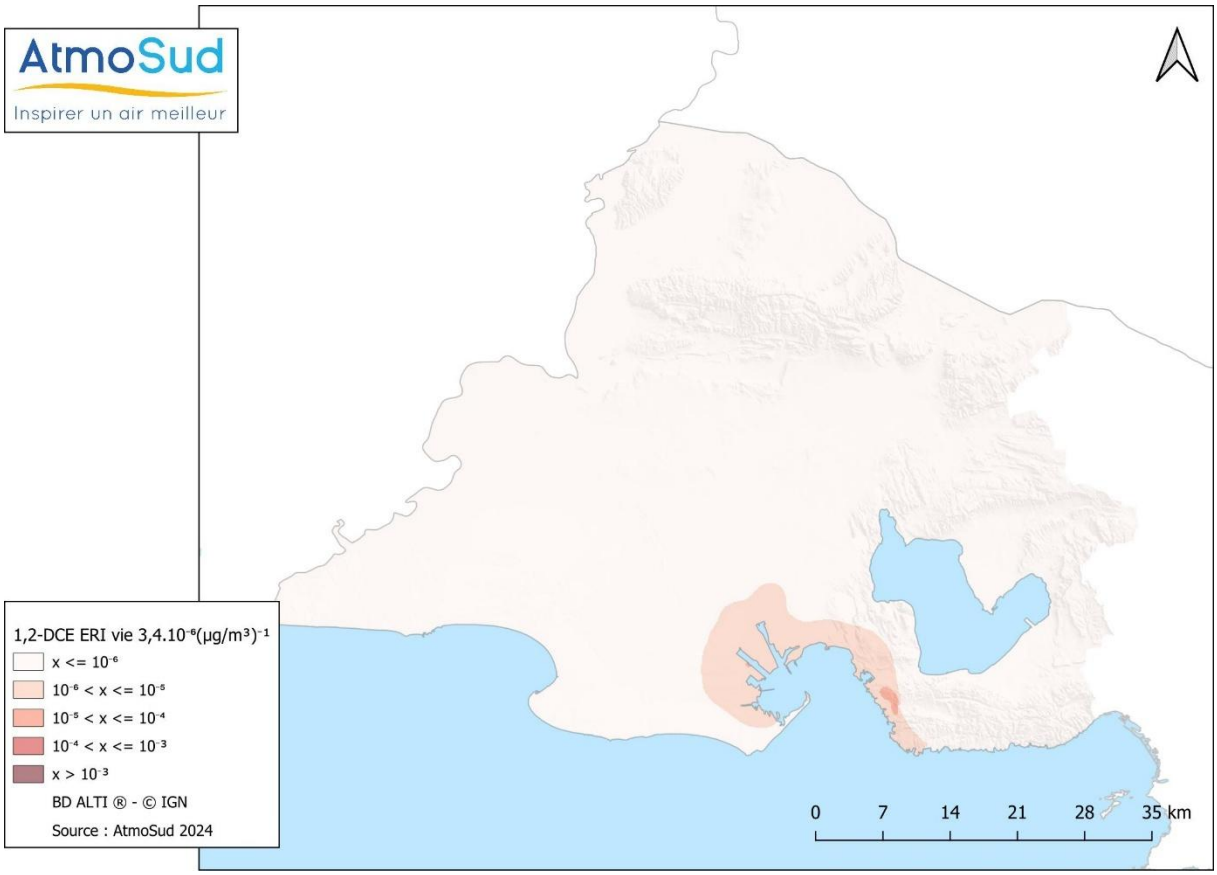
La VTR sans seuil du 1,2-DCE est fixée à $3{,}4.10^{-6}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour le 1,2-DCE :

Tableau 23. Population exposée à l'ERI pour le 1,2-DCE

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}	Population exposée ERI > 10^{-4}
Substance : 1,2-DCE			
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	100 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte	0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant	0 enfant

Figure 51 : carte de l'ERI pour le 1,2-DCE en 2021 pour le scénario Vie Entière



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le 1,2-dichloroéthane ne présente pas de risque de dépassement de l'ERI pour la VTR sans seuil (valeur repère 10^{-5}) pour une exposition chronique par inhalation pour les scénarios riverain adulte et riverain enfant.

Un excès de risque de dépassement de l'ERI (valeur repère 10^{-5}) est identifié pour le scénario majorant Riverain Vie entière.

X.9.6 Discussions

- **Evolution des concentrations entre 2013 et 2021**

Depuis 2020, de nombreuses mesures de 1,2-DCE ont été réalisées sur le territoire par échantillonnage passif. Elles ont permis de cartographier de façon plus fine les concentrations sur le territoire.

Ainsi les niveaux les plus importants sont représentés au niveau des zones industrielles avec des niveaux plus bas en 2021 par rapport à 2013.

- **Evolution par rapport à 2013**

Les émissions de 1,2-DCE ont baissé entre 2013 et 2021.

La VTR sans seuil n'a pas évolué entre 2013 et 2021.

En 2013, 146 personnes (< 500) étaient exposées à un excès de risque sanitaire à effet sans seuil par inhalation chronique pour l'hypothèse Adulte Riverain.

En 2021, les concentrations moyennes en 1,2-DCE ont baissé sur le territoire.

Selon le scénario majorant vie entière, 100 personnes sont exposées à un excès de risque sanitaire à effet sans seuil par inhalation chronique (risque de 10^{-5}).

Selon les scénarios Adulte riverain et Enfant riverain, aucune population n'est, en 2021, exposée à un excès de risque sanitaire à effet sans seuil par inhalation chronique (risque de 10^{-5}).

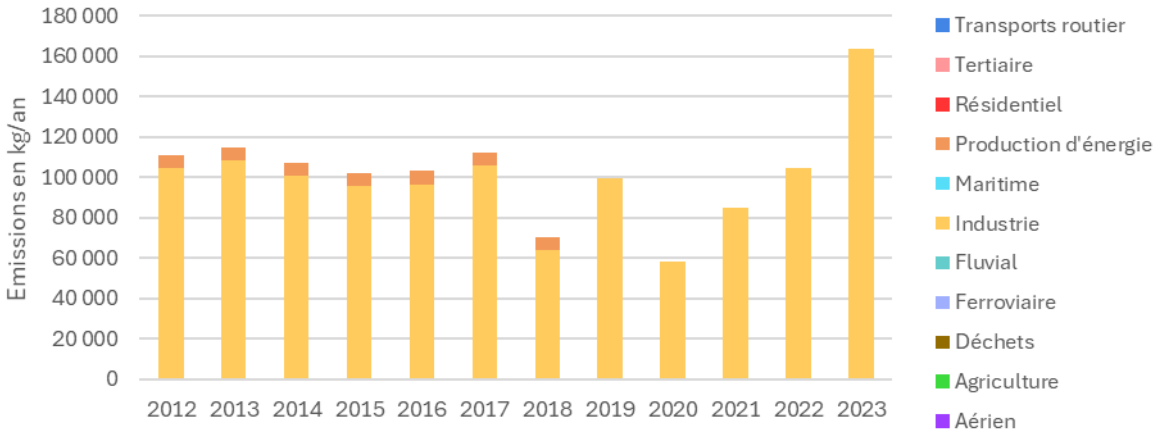
Les zones influencées sont situées sur les zones industrielles de Fos et Martigues / Lavéra (excès de risque compris entre 10^{-5} et 10^{-6} pour le scénario majorant Vie Entière).

X.10 Chlorure de vinyle monomère (CVM)

X.10.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques de CVM recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 52 : évolution des émissions de CVM depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le chlorure de vinyle monomère CVM est émis presque uniquement par **le secteur industriel**. Entre 2013 et 2019, les émissions de CVM sont en baisse (-13 %), mais remontent fortement depuis 2020.

X.10.2 Evolution des concentrations pour le CVM

AtmoSud suit en continu les niveaux de CVM dans l'air ambiant au niveau des stations de mesure de Martigues Lavéra, Port-de-Bouc et Berre-L'Etang depuis 2021.

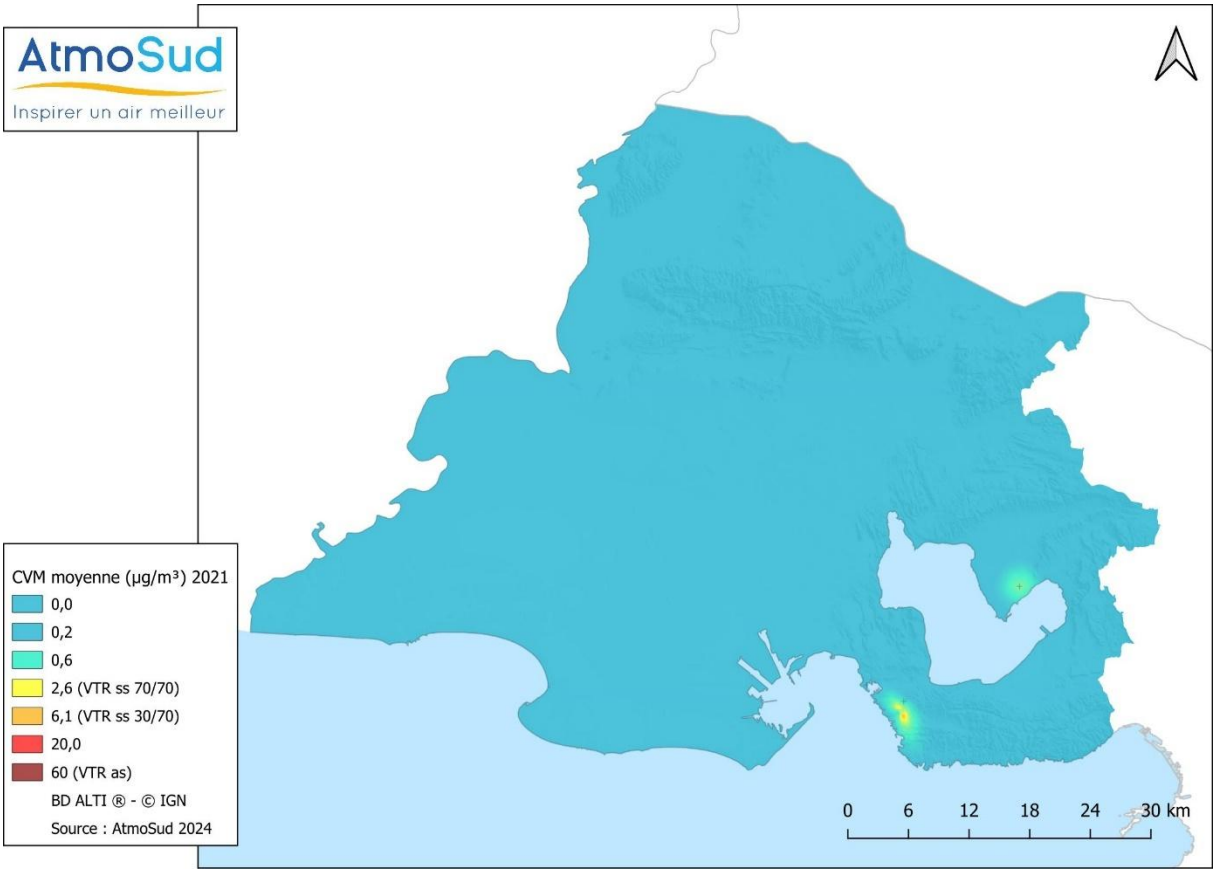
Les concentrations pour l'année 2021 sont : 0,23 µg/m³ à Port-de-Bouc (24 % de validité annuelle), 0,53 µg/m³ à Martigues Lavéra (23 %) et 1,4 µg/m³ à Berre (70 %).

Ces niveaux ont été utilisés pour la réalisation de la cartographie suivante.

X.10.1 Cartographie des concentrations en 2021 pour le CVM

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix).

Figure 53 : concentration moyenne annuelle de CVM en 2021



Les concentrations du CVM dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.10.2 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

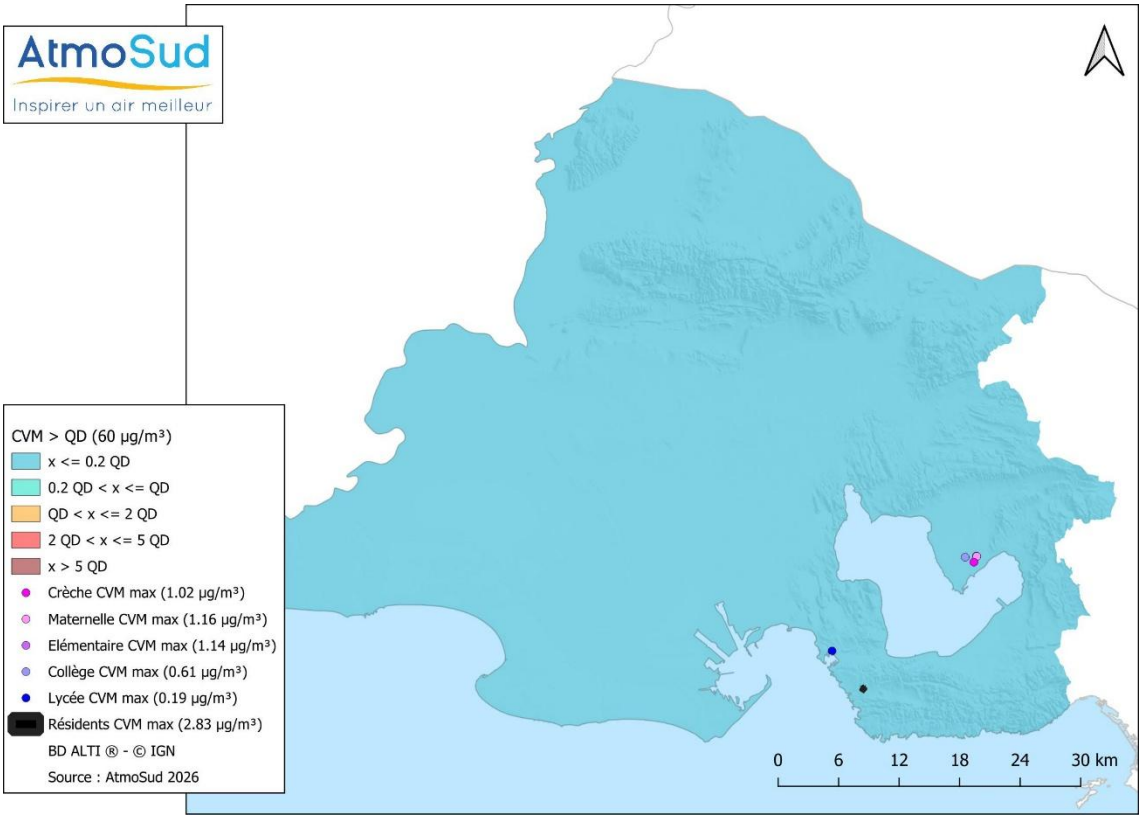
La VTR à seuil du CVM est fixée à 60 µg/m^3 en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un risque sanitaire chronique significatif pour les effets à seuil liés à l'inhalation. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 24. Population exposée à un QD pour le CVM en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée QD > 1	Population totale zone
CVM	60 µg/m^3	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,05				

Figure 54 : carte du QD pour le CVM en 2021



En 2021, le chlorure de vinyle monomère (CVM) ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.10.3 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

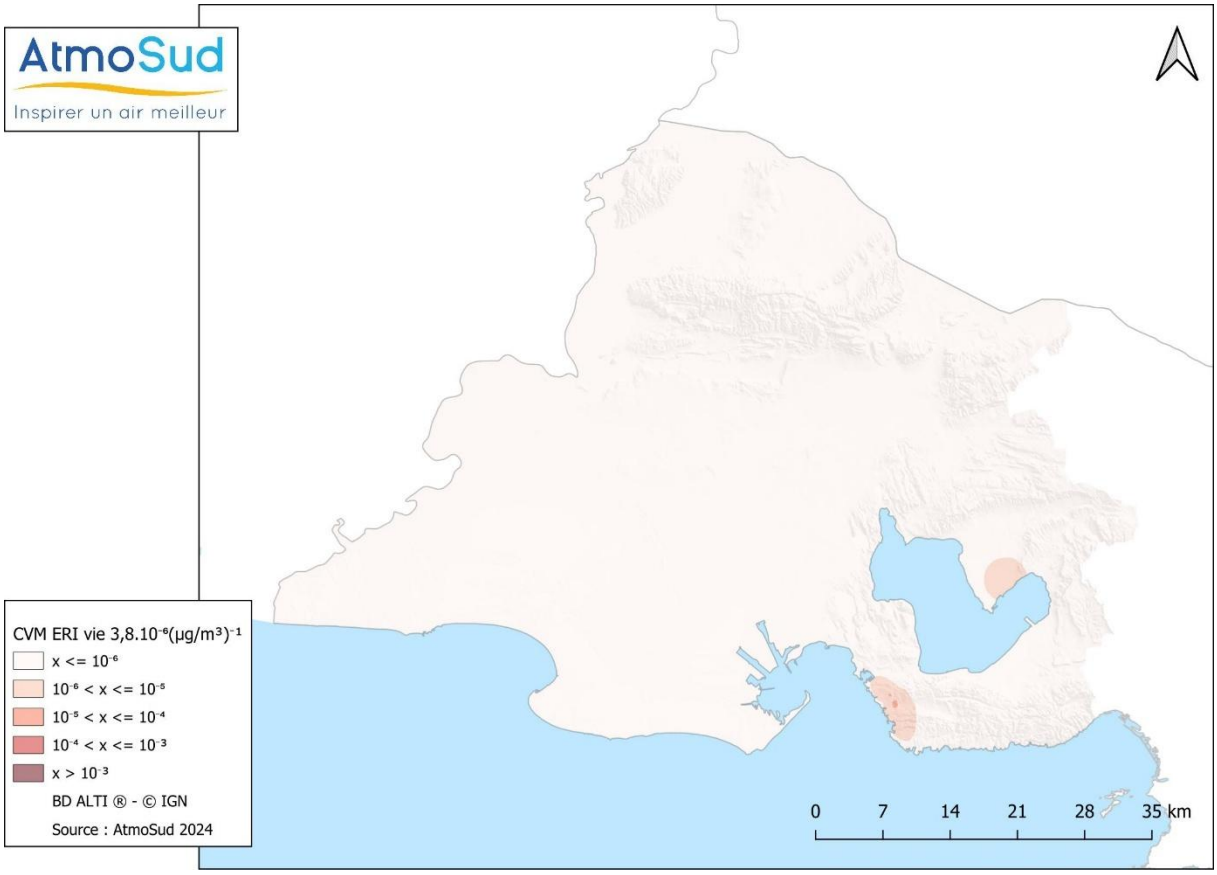
La principale voie d'exposition au chlorure de vinyle chez l'homme est la voie respiratoire. Le CVM est classé cancérogène catégorie 1A depuis 2008 par l'Union Européenne : « le potentiel cancérogène du chlorure de vinyle est avéré pour l'homme. » (source : https://substances.ineris.fr/substance/75-01-4). Ce classement est confirmé par l'IARC (Centre international de recherche sur le cancer) en 2012.

La VTR sans seuil du CVM est fixée à $3{,}8.10^{-6}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.
Le tableau suivant présente la population riveraine sur-exposée à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour le CVM :

Tableau 25. Population exposée à l'ERI pour le CVM

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}	Population exposée ERI > 10^{-4}
Substance : CVM			
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	< 100 habitants (10)	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte	0 habitant
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant	0 enfant

Figure 55 : carte de l'ERI pour le CVM en 2021 pour le scénario Vie entière



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul de risque sanitaire pour le chlorure de vinyle monomère CVM présente un dépassement de l'ERI pour les effets sans seuil pour le scénario majorant Vie entière (valeur repère 10^{-5}).

Il ne présente pas de risque de dépassement de l'ERI pour les effets sans seuil pour une exposition chronique par inhalation, pour les scénarios Adulte Riverain et Enfant Riverain.

X.10.4 Discussions

- **Polluant non étudié dans le cadre de SCENARII-1**

Cette substance n'a été étudiée en 2013 dans le cadre de SCENARII-1. Elle a été ajoutée dans le cadre de la mise à jour de SCENARII car d'intérêt local (émissions locales). Des mesures ont été réalisées par AtmoSud dans le cadre des arrêtés préfectoraux complémentaires relatifs à l'encontre des exploitations industrielles émettrices de COV entre 2019 et 2023 (APC COV).

Le calcul de risque sanitaire pour le CVM montre une absence de risque pour les effets à seuil.

Il présente un dépassement de l'ERI pour les effets sans seuil (valeur repère 10^{-5}) pour le scénario majorant Riverain Vie Entière. Il n'y a pas de dépassement du seuil sanitaire de référence en termes de risque pour les scénarios Adulte riverain et Enfant riverain.

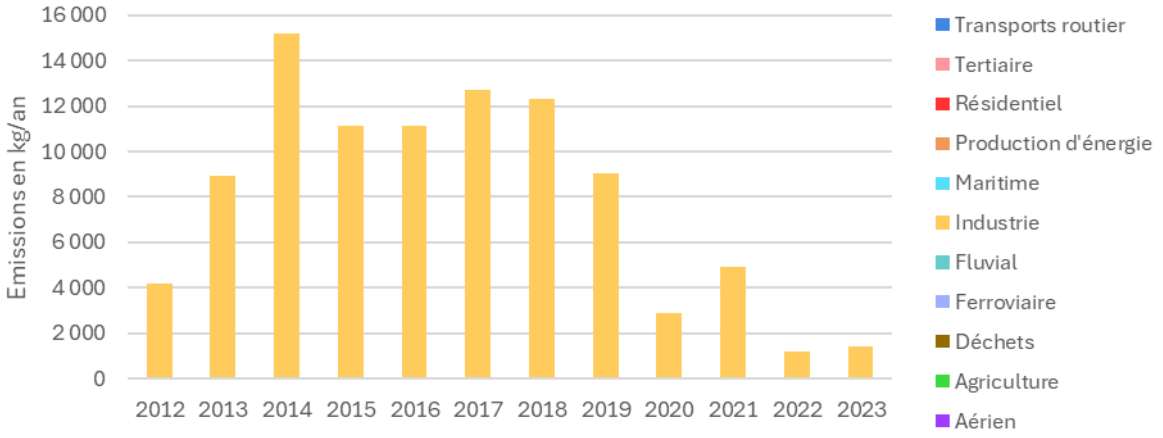
Les zones influencées sont localisées sur les zones industrielles de Berre-L'Etang et de Martigues Lavéra.

X.11 Oxyde d'éthylène

X.11.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques d'oxyde d'éthylène (OE) recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 56 : évolution des émissions d'OE depuis 2012



Source : AtmoSud

L'oxyde d'éthylène est émis exclusivement par le secteur industriel. Entre 2013 et 2019, les émissions sont stables. Une forte baisse est enregistrée à partir de 2018.

En effet, à partir de 2022 les émissions d'oxyde d'éthylène ont été nettement réduites, et de façon pérenne, par amélioration du process industriel. Les années 2020 et 2021 correspondent à la mise en place progressive des actions de réduction. Les émissions des années 2023 et 2024 confirment les niveaux de 2022 (source : DREAL PACA).

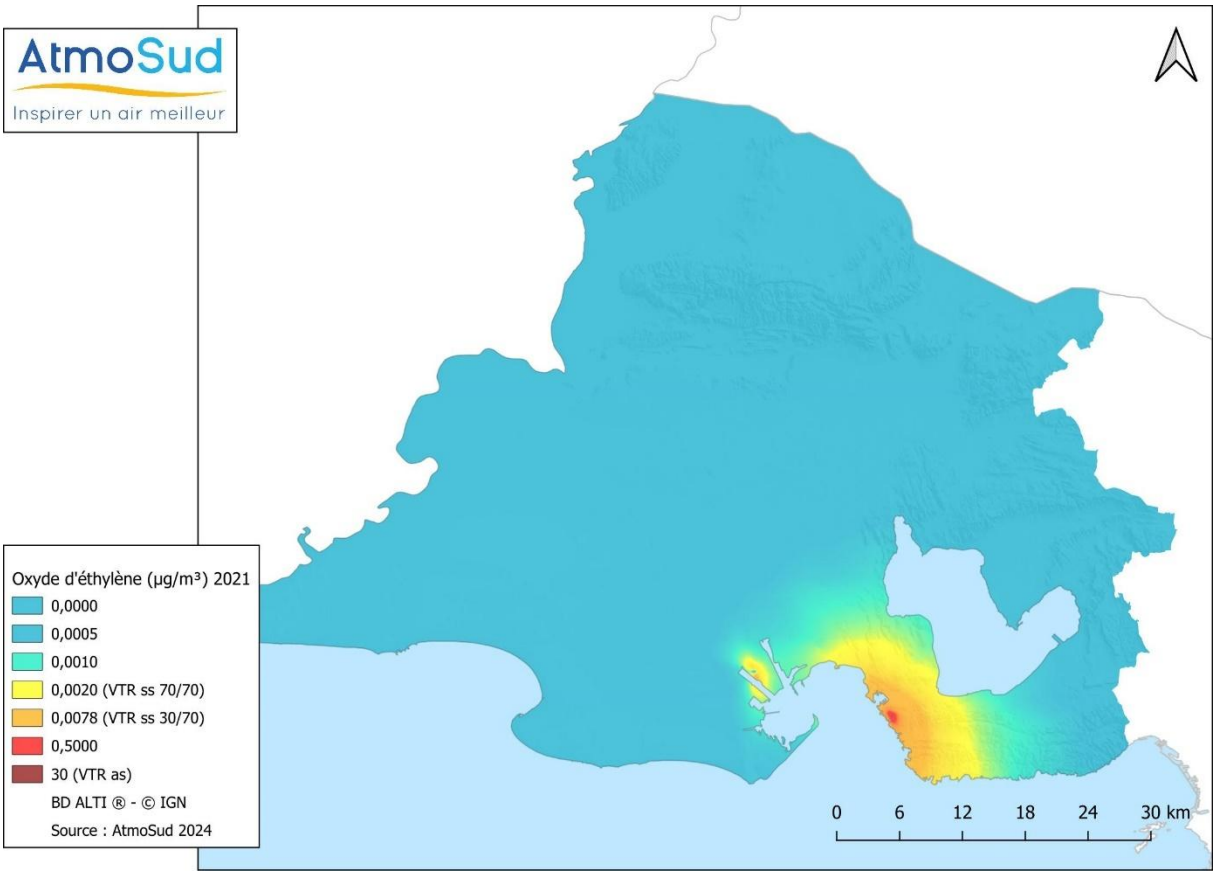
X.11.1 Evolution des concentrations d'oxyde d'éthylène

Depuis 2020, des mesures d'oxyde d'éthylène sont réalisées sur le territoire : effectuées par échantillonnage actif sur 7 jours pendant 14 % de l'année, elles restent inférieures à la limite de quantification LQ analytique de 0,81 µg/m^3. Les méthodes analytiques disponibles ne permettent pas d'abaisser ce seuil analytique.

X.11.2 Cartographie des concentrations d'oxyde d'éthylène en 2021

Les concentrations modélisées seront utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante. Les concentrations modélisées sont inférieures à 0,81 µg/m^3 : elles sont cohérentes avec les mesures sur le territoire.

Figure 57 : concentration moyenne annuelle d'oxyde d'éthylène en 2021



Les concentrations de l'oxyde d'éthylène dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.11.3 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

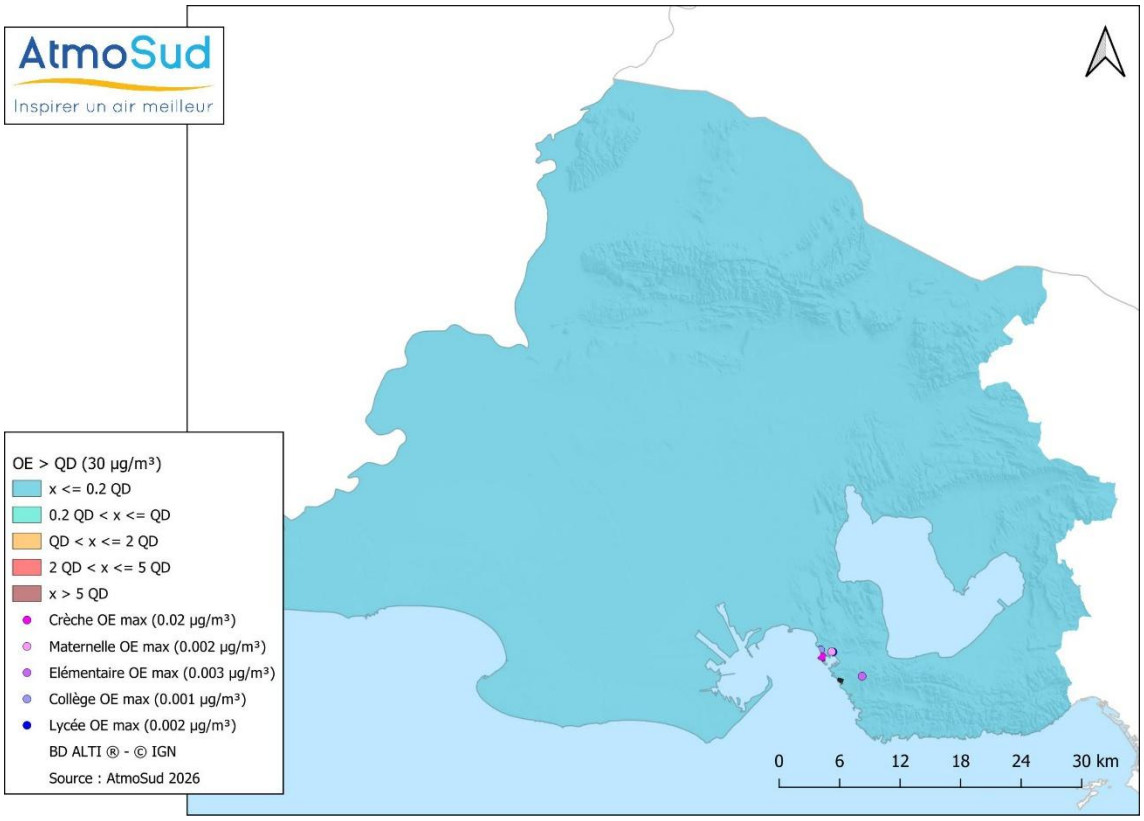
La VTR à seuil de l'oxyde d'éthylène est fixée à 30 µg/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur au seuil sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 26. Population exposée au QD supérieur à 1 pour l'oxyde d'éthylène en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Oxyde d'éthylène OE	30 µg/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	622 278 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0.0004				

Figure 58 : carte du QD pour l'oxyde d'éthylène en 2021



En 2021, le calcul de risque pour l'oxyde d'éthylène ne met pas en évidence de dépassement du QD pour les effets à seuil.

X.11.4 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

L'OE est un cancérigène mutagène, ce qui signifie qu'il peut endommager l'ADN et augmenter le risque de cancer. Les enfants sont plus sensibles aux effets mutagènes en raison de leur croissance rapide et du développement de leurs organes, d'où l'application de coefficient adaptatif ADAF.

Cette substance est classée CMR, son caractère perturbateur endocrinien est suspecté et étudié dans le cadre du règlement européen REACH (source : https://substances.ineris.fr/substance/75-21-8).

La VTR sans seuil de l'oxyde d'éthylène OE est fixée à $3{,}0.10^{-3}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.

Les cartographies du risque sans seuil pour l'adulte riverain, l'enfant riverain et le riverain vie entière sont présentées ci-après.

Figure 59 : carte de l'ERI pour l'OE en 2021 pour le scénario Adulte Riverain

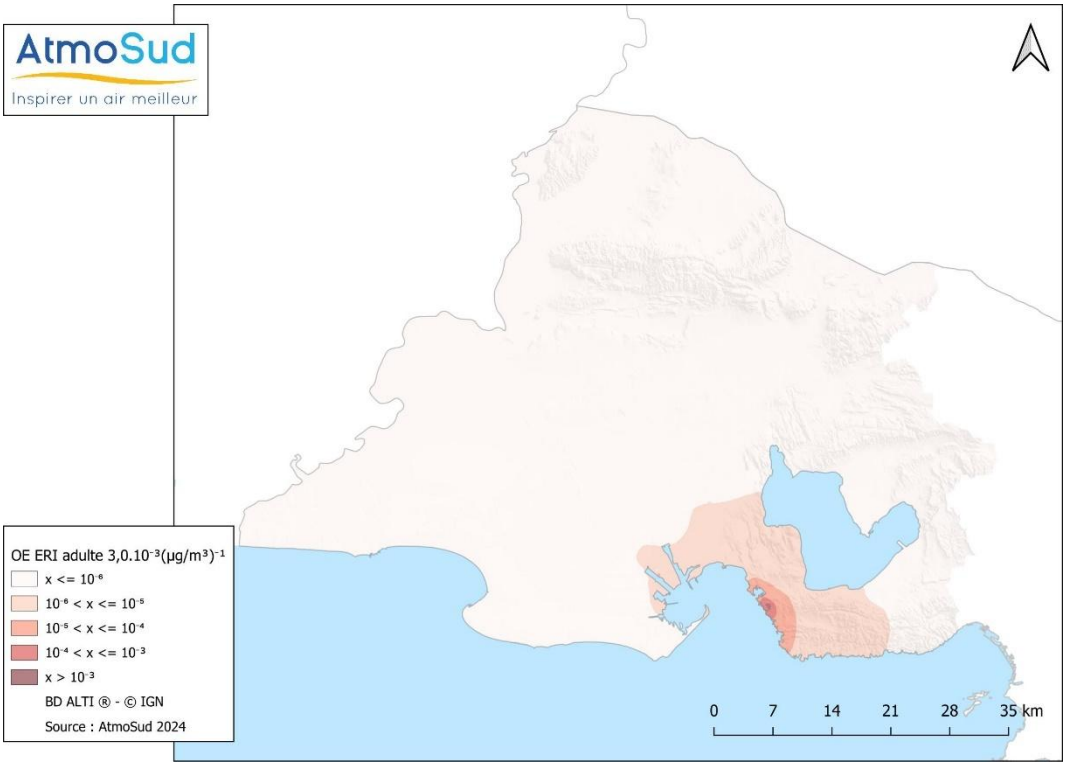


Figure 60 : carte de l'ERI pour l'OE en 2021 pour le scénario Enfant Riverain

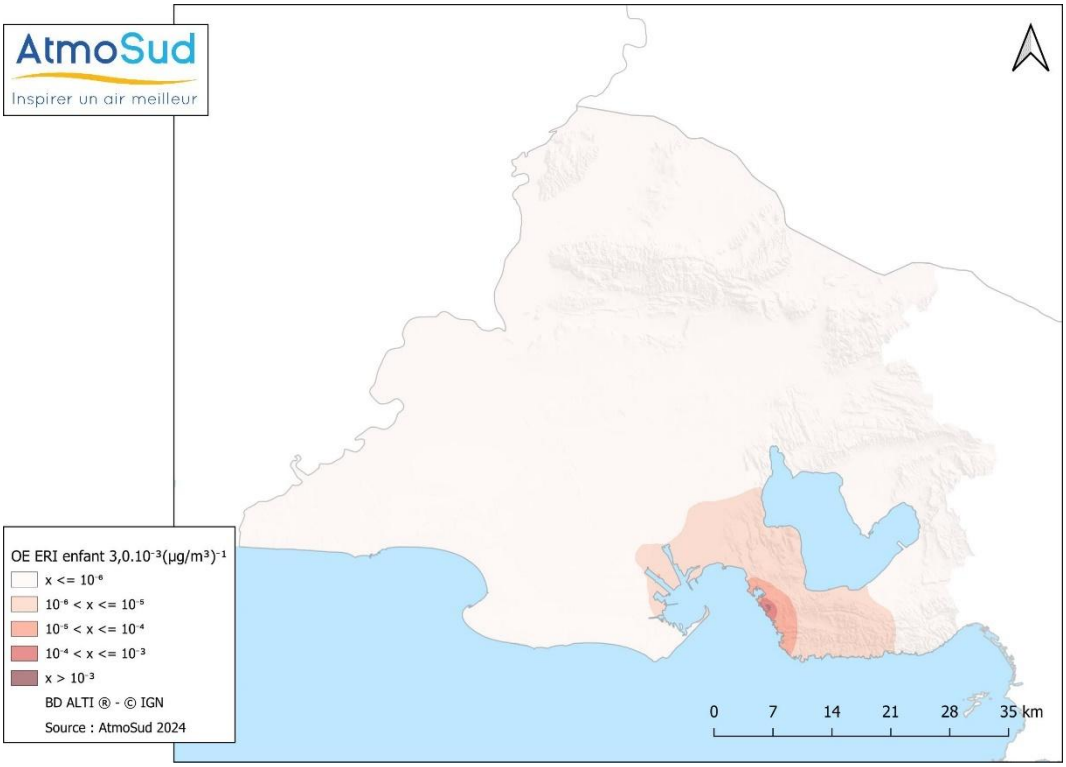
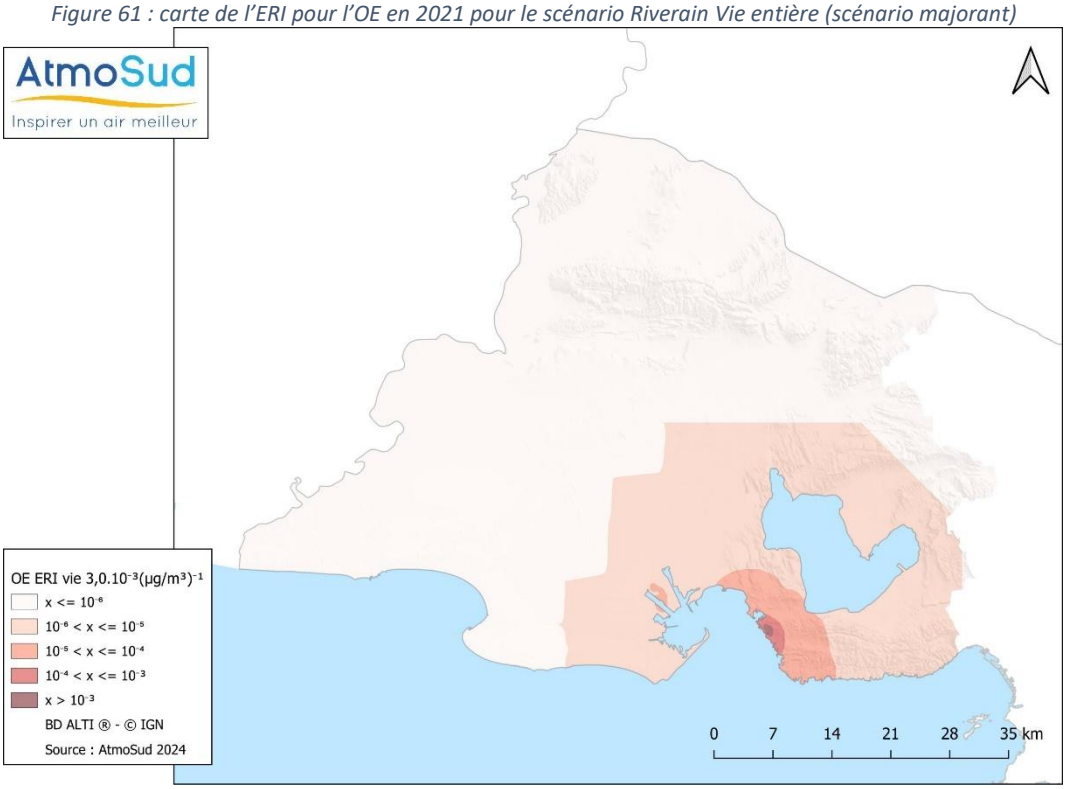


Figure 61 : carte de l'ERI pour l'OE en 2021 pour le scénario Riverain Vie entière (scénario majorant)



Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour l'oxyde d'éthylène :

Tableau 27. Population exposée à l'ERI pour l'oxyde d'éthylène en 2021

Scénario 2021	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}	Population exposée ERI > 10^{-4}
Substance : Oxyde d'éthylène OE - 2021			
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	51 000 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		10 000 adultes	0 habitant
Enfant Riverain 6 ans		1 000 enfants	0 enfant

X.11.5 Discussions

- **Polluant non étudié dans le cadre de SCENARII-1**

Ce polluant n'a pas été étudié dans le cadre de SCENARII-1.

Il a été ajouté en raison de son intérêt local : il a fait l'objet d'investigations de la part des exploitants dans le cadre des arrêtés préfectoraux complémentaires (APC COV). Il est émis sur les zones de Fos et de Martigues Lavéra.

- **Correction des cartes**

Les concentrations utilisées dans cette étude sont les concentrations modélisées.

En effet, les mesures réalisées sur le territoire sont effectuées par échantillonnage actif sur 7 jours consécutifs pendant 14 % de l'année. Elles restent inférieures à la limite de quantification LQ analytique de 0,81 µg/m^3. Les méthodes analytiques disponibles ne permettent pas d'abaisser ce seuil analytique.

Or celui-ci ne permet pas de comparaison à la VTR sans seuil (3,0.10^{-3} (µg/m^3)$^{-1}$: pour une exposition 100 % du temps pendant 30 ans sur une vie de 70 ans, cela correspond à une concentration de 0,008 µg/m^3). La Limite de Quantification analytique est 100 fois supérieure à la VTR sans seuil.

- **Réduction des émissions atmosphériques depuis 2020**

L'inventaire des émissions montre une diminution significative des émissions d'oxyde d'éthylène depuis 2020.

Pour évaluer l'impact de cette évolution, une nouvelle cartographie est produite : tous les paramètres sont conservés à l'identique (météorologie, toutes les émissions sauf industrielles) ; seules les émissions industrielles des exploitants concernés sont modifiées pour prendre en considération les émissions 2023.

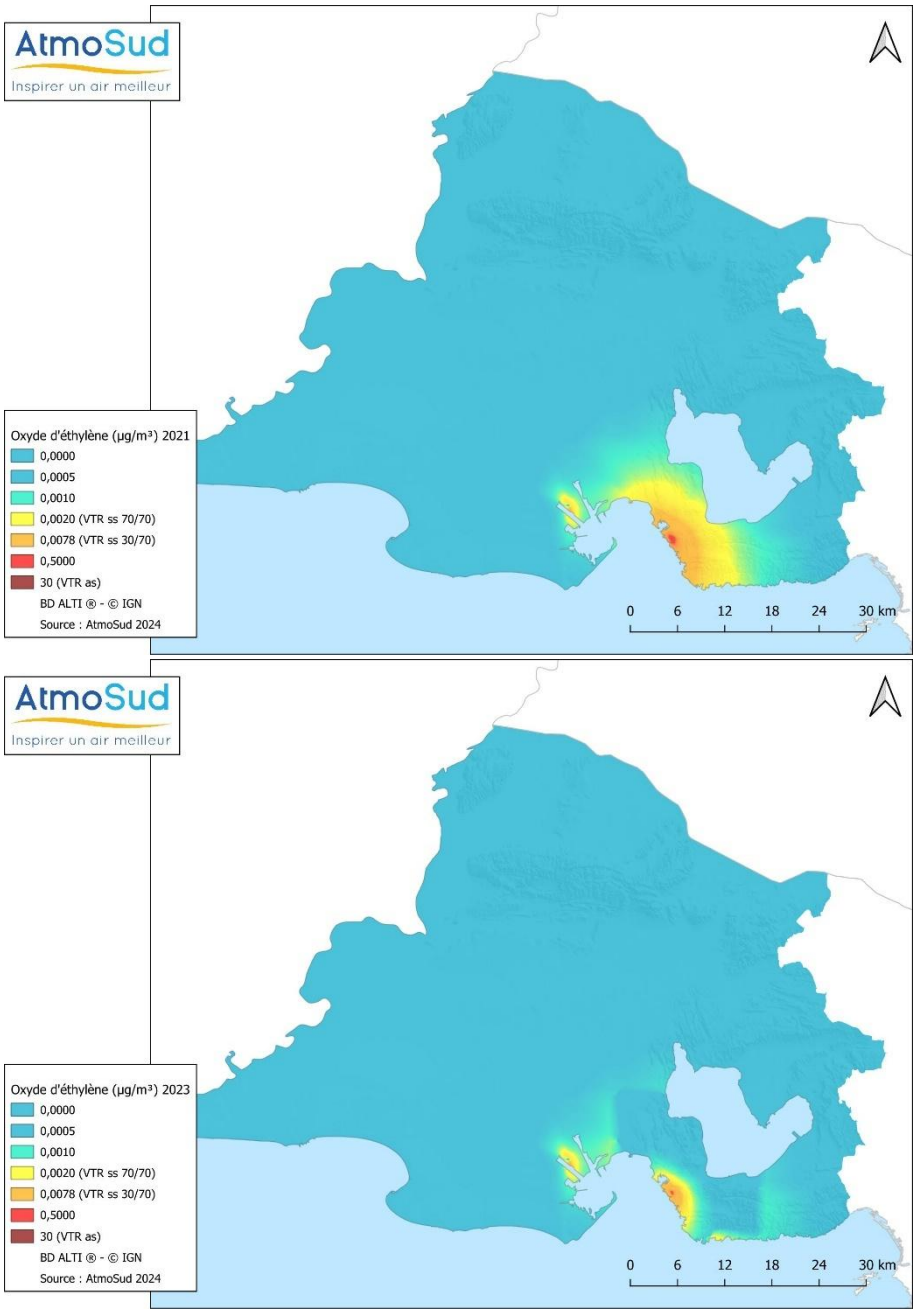
Tableau 28. Hypothèses de travail

Territoire	**Localisation**
66 communes	Ouest des Bouches-du-Rhône et Etang de Berre
Météorologie prise en compte	**Année de référence Météorologie**
Modélisée	2021
Polluants	**Année de référence Cadastre AtmoSud**
30 substances	Pour les exploitants industriels concernés : 2023

- Impact sur les concentrations

Les niveaux les plus importants sont toujours représentés au niveau des zones industrielles avec des niveaux plus bas en 2023 par rapport à 2021 en lien direct avec la réduction des émissions qui se stabilisent depuis 2022 à moins de 2 tonnes par an.

Figure 62 : concentration moyenne annuelle de OE en 2021 (en haut) et en 2023 (en bas)



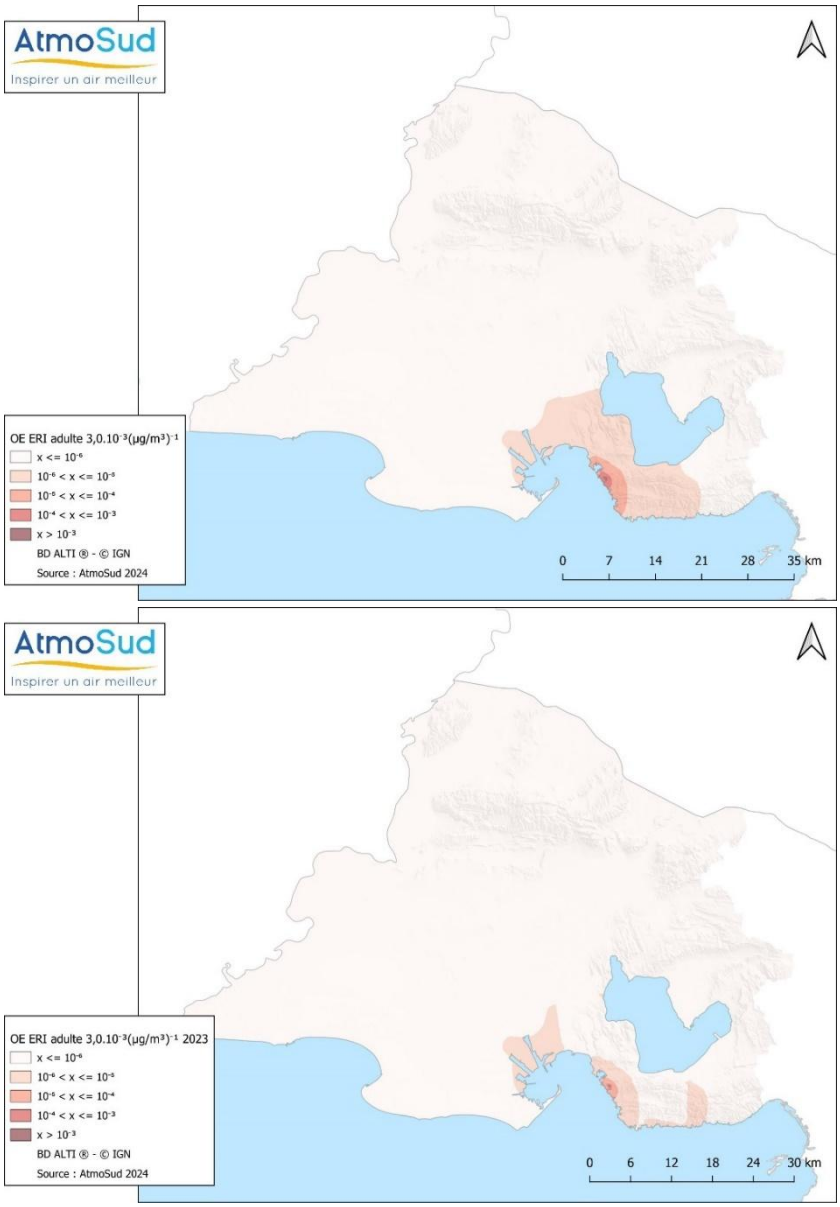
- Impact sur l'exposition des populations à des risques sanitaire pour les effets sans seuil

Les impacts sur les expositions des populations aux risques sans effet de seuil sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 29. Population exposée à l'ERI pour l'oxyde d'éthylène en 2021 et 2023

Scénario	Population totale zone	Population exposée 2021 ERI > 10^{-5}	Population exposée 2023 ERI > 10^{-5}
Substances : Oxyde d'éthylène - 2023			
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	51 000 habitants	800 habitants
Adulte Riverain 30 ans		10 000 adultes	< 100 adultes (12)
Enfant Riverain 6 ans		1 000 enfants	< 100 enfants (1)

Figure 63 : carte de l'ERI pour le scénario Adulte Riverain pour l'OE en 2021 (en haut) et en 2023 (en bas)



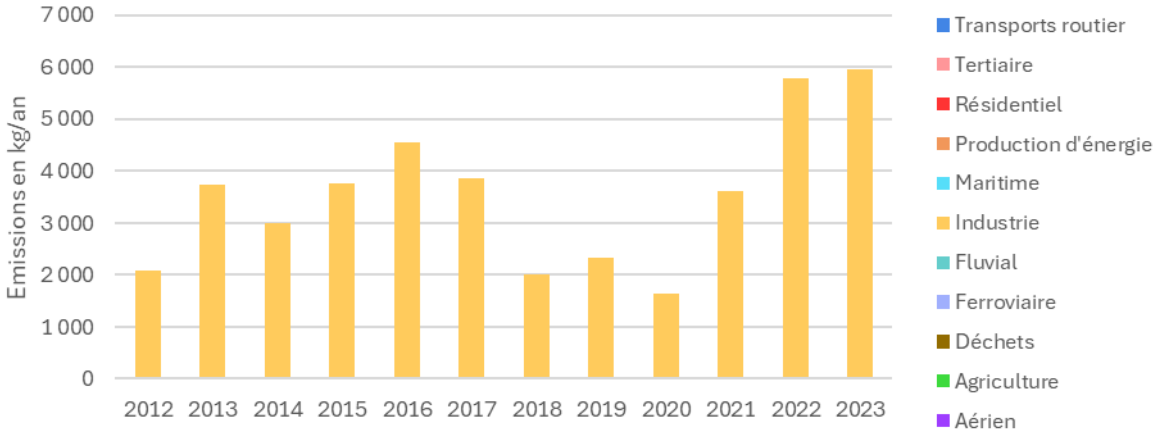
Sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul de risque sanitaire en 2023 montre une amélioration significative de l'impact sanitaire sans seuil pour l'oxyde d'éthylène. **Les données d'exposition 2023 seront retenues pour les calculs de risque pour rendre compte de l'efficacité des actions menées pour réduire les émissions.**

X.12 Oxyde de propylène

X.12.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques d'oxyde de propylène OP recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 64 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions d'OP depuis 2012



Source : AtmoSud

L'oxyde de propylène est émis exclusivement par le secteur industriel. Les émissions sont très variables d'une année sur l'autre. Entre 2013 et 2020, elles ont baissé de 38 %, mais elles ont fortement augmenté depuis 2020.

X.12.2 Evolution des concentrations en oxyde de propylène

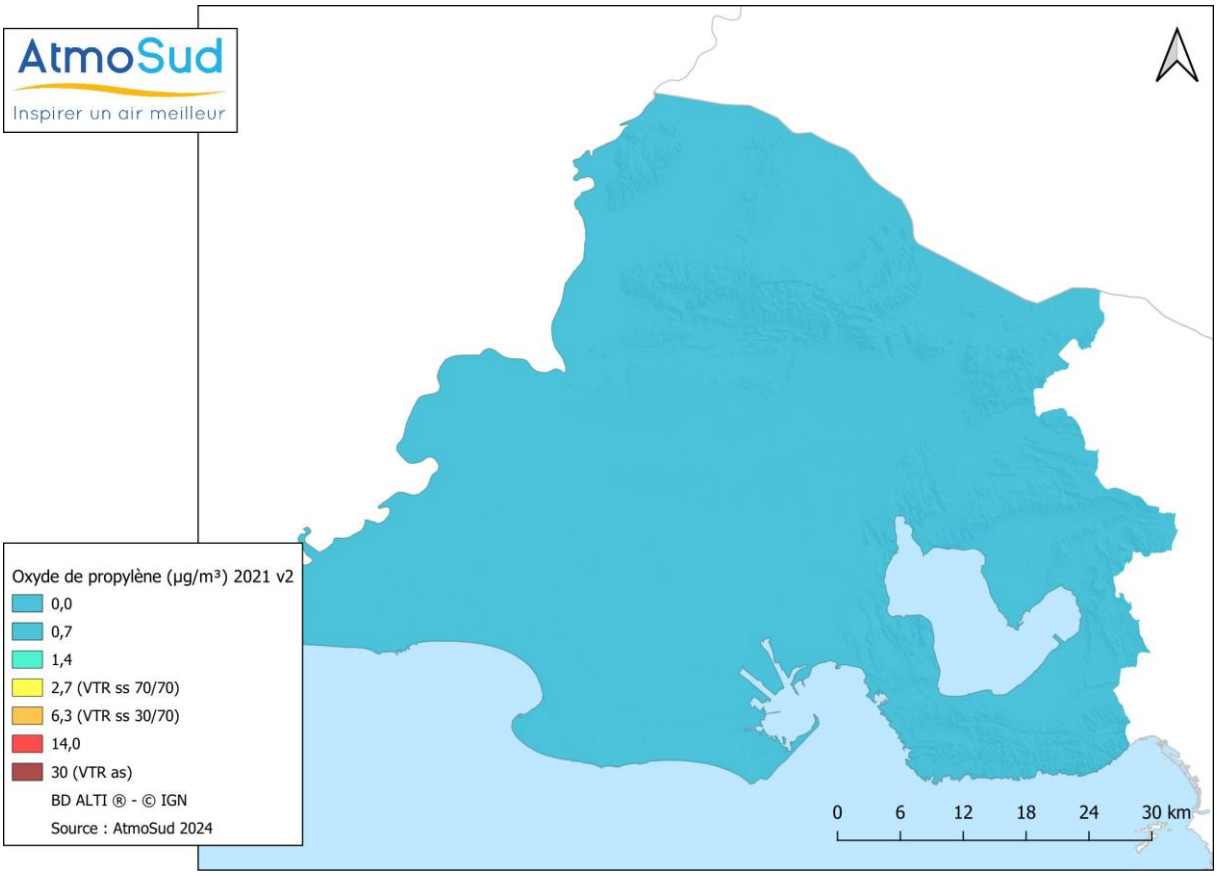
Depuis 2020, les mesures sur le territoire sont réalisées par échantillonnage actif sur 7 jours pendant 14 % de l'année. Elles restent inférieures à la limite de quantification LQ analytique de 1,81 µg/m^3. Les méthodes analytiques disponibles ne permettent pas d'abaisser ce seuil analytique.

La limite de quantification permet la comparaison aux VTR à seuil et sans seuil.

X.12.1 Cartographie des concentrations d'oxyde de propylène en 2021

Les concentrations modélisées seront utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante. Les concentrations modélisées sont inférieures à 1,81 µg/m^3 : elles sont cohérentes avec les mesures sur le territoire.

Figure 65 : concentration moyenne annuelle d'oxyde de propylène en 2021



Les concentrations de l'oxyde de propylène dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.12.2 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

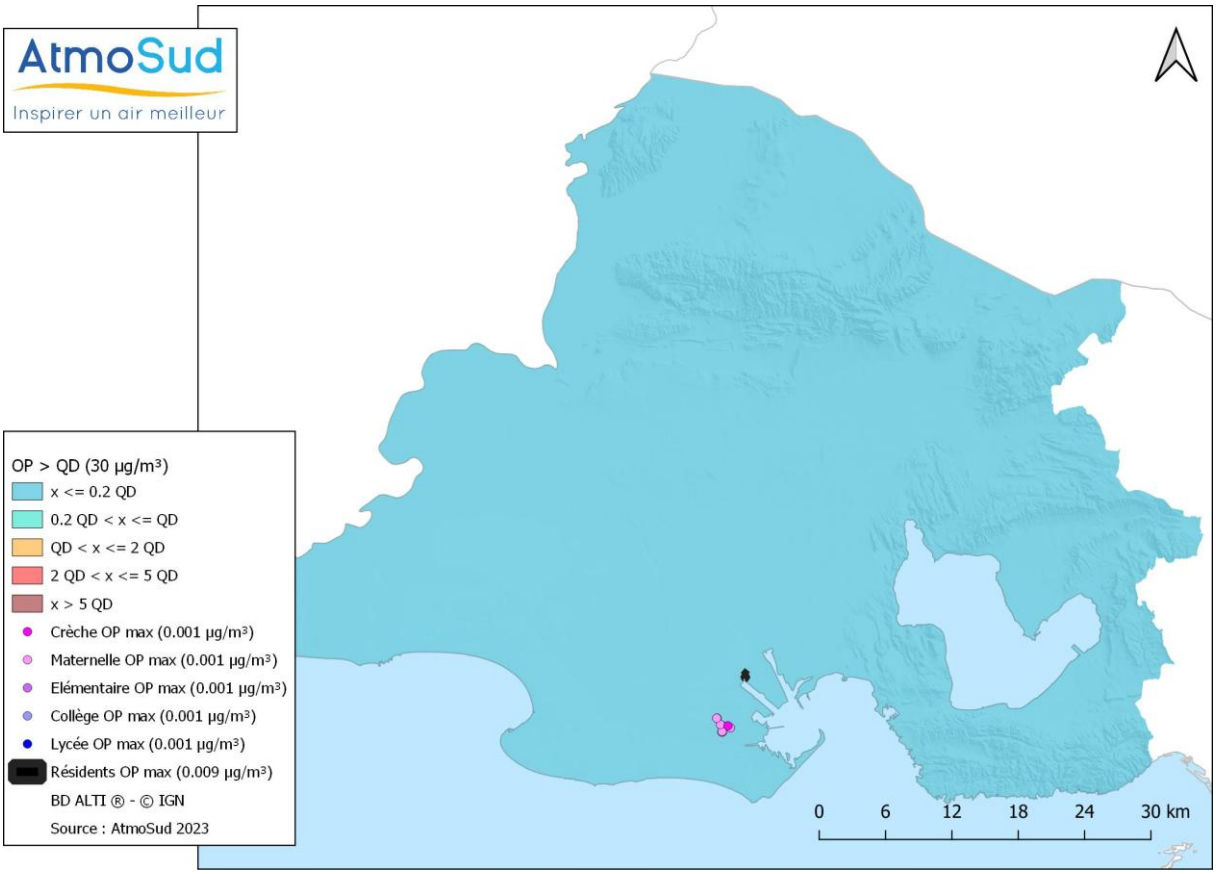
La VTR à seuil de l'OP est fixée à 30 µg/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur au seuil de risque de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 30. Population exposée au QD supérieur à 1 pour l'oxyde de propylène en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée QD > 1	Population totale zone
Oxyde de propylène OP	30 µg/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,0003				

Figure 66 : carte du QD pour l'oxyde de propylène en 2021



En 2021, l'oxyde de propylène ne présente pas de risque de dépassement du QD pour les effets à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.12.3 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Les vapeurs d'oxyde de propylène sont irritantes pour l'œil et le système respiratoire. L'oxyde de propylène est connu pour son caractère génotoxique. Ainsi l'oxyde de propylène est classé B2 par l'US EPA (cancérogène probable chez l'homme) (source : https://substances.ineris.fr/substance/75-56-9).

La VTR sans seuil de l'oxyde de propylène est fixée à $(3{,}7.10^{-6}$ µg/m$^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.

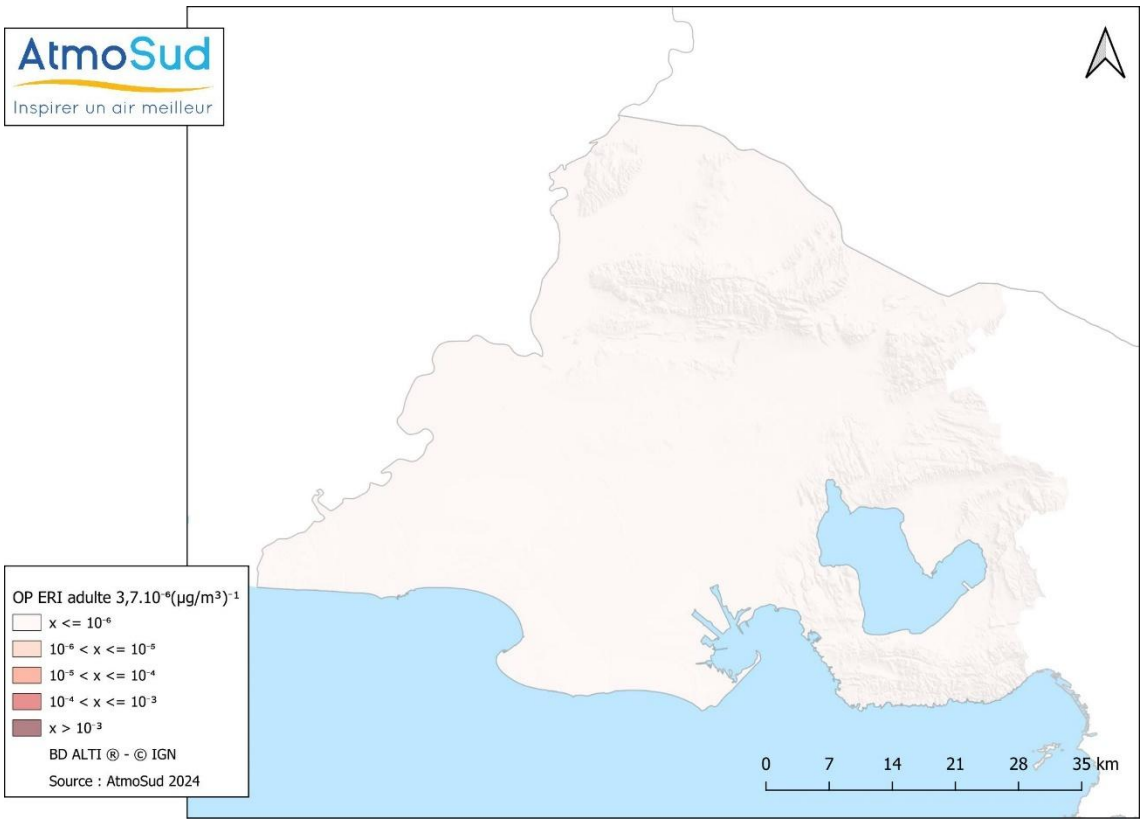
Le tableau suivant présente la population riveraine sur-exposée à un excès de risque de 10^{-5} pour

l'oxyde de propylène OP :

Tableau 31. Population exposée à l'ERI pour l'oxyde de propylène

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : Oxyde de propylène		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 67 : carte de l'ERI pour l'OP en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul de risque pour l'oxyde de propylène ne met pas en évidence de dépassement de l'ERI (valeur repère 10^{-5}) pour les effets sans seuil, quel que soit le scénario envisagé.

X.12.4 Discussions

- **Polluant non étudié dans le cadre de SCENARII-1**

Ce polluant n'a pas été étudié dans le cadre de SCENARII-1.

Il a été ajouté en raison de son intérêt local : il a fait l'objet d'investigations de la part des exploitants dans le cadre des arrêtés préfectoraux complémentaires (APC COV).

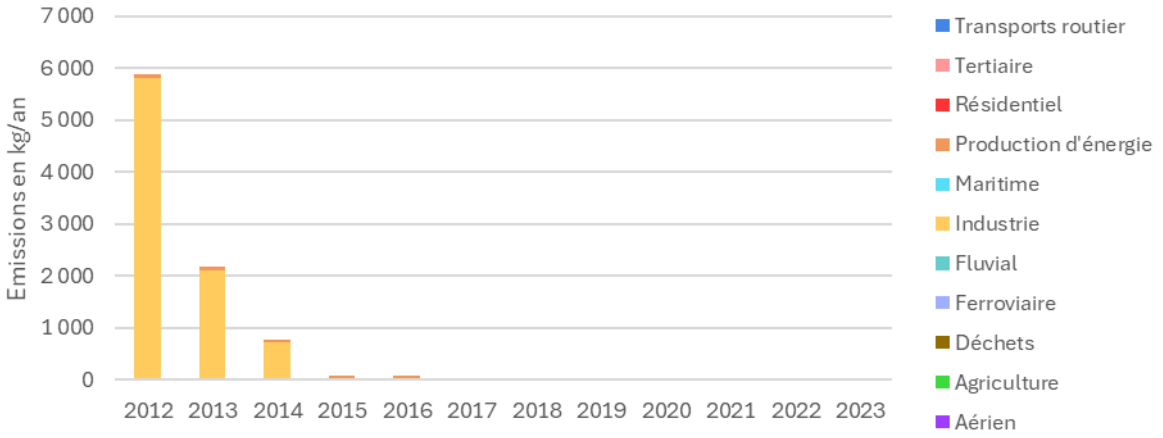
X.13 Trichloroéthylène

X.13.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques de trichloroéthylène (TCE) recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

En 2019, le trichloroéthylène est émis exclusivement par le secteur industriel. Les émissions se sont effondrées entre 2013 et 2019 (-99 %), en lien avec la réglementation.

Figure 68 : évolution des émissions de TCE depuis 2012



Source : AtmoSud

X.13.2 Evolution des concentrations en TCE

AtmoSud suit en continu les niveaux du trichloroéthylène dans l'air ambiant au niveau des stations de mesure de Martigues Lavéra, Port-de-Bouc et Berre-L'Etang depuis 2021.

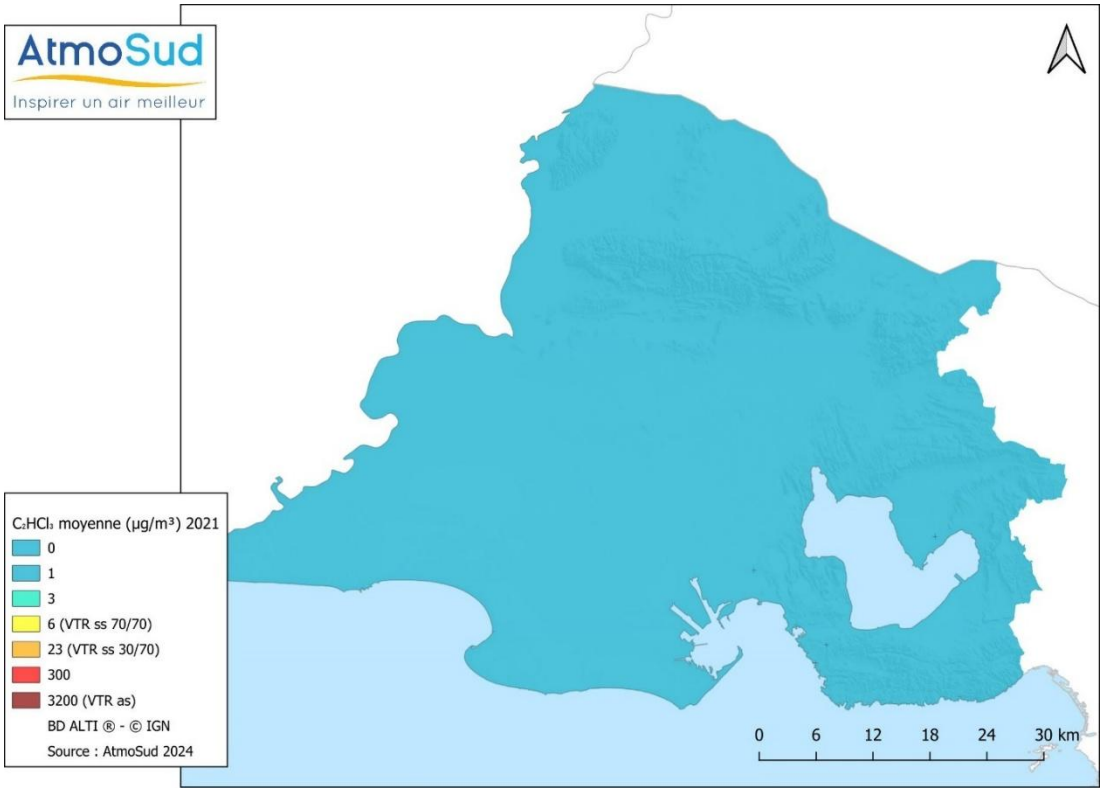
Sur la zone d'étude, les trois sites de mesure automatiques de Port-de-Bouc, Martigues-Lavéra et Berre-L'Etang présentent des concentrations comprises entre 0,12 et 0,17 µg/m^3 en 2021.

Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.

X.13.1 Cartographie des concentrations de TCE en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix).

Figure 69 : concentration moyenne annuelle de trichloroéthylène en 2021



Les concentrations du trichloroéthylène dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.13.2 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

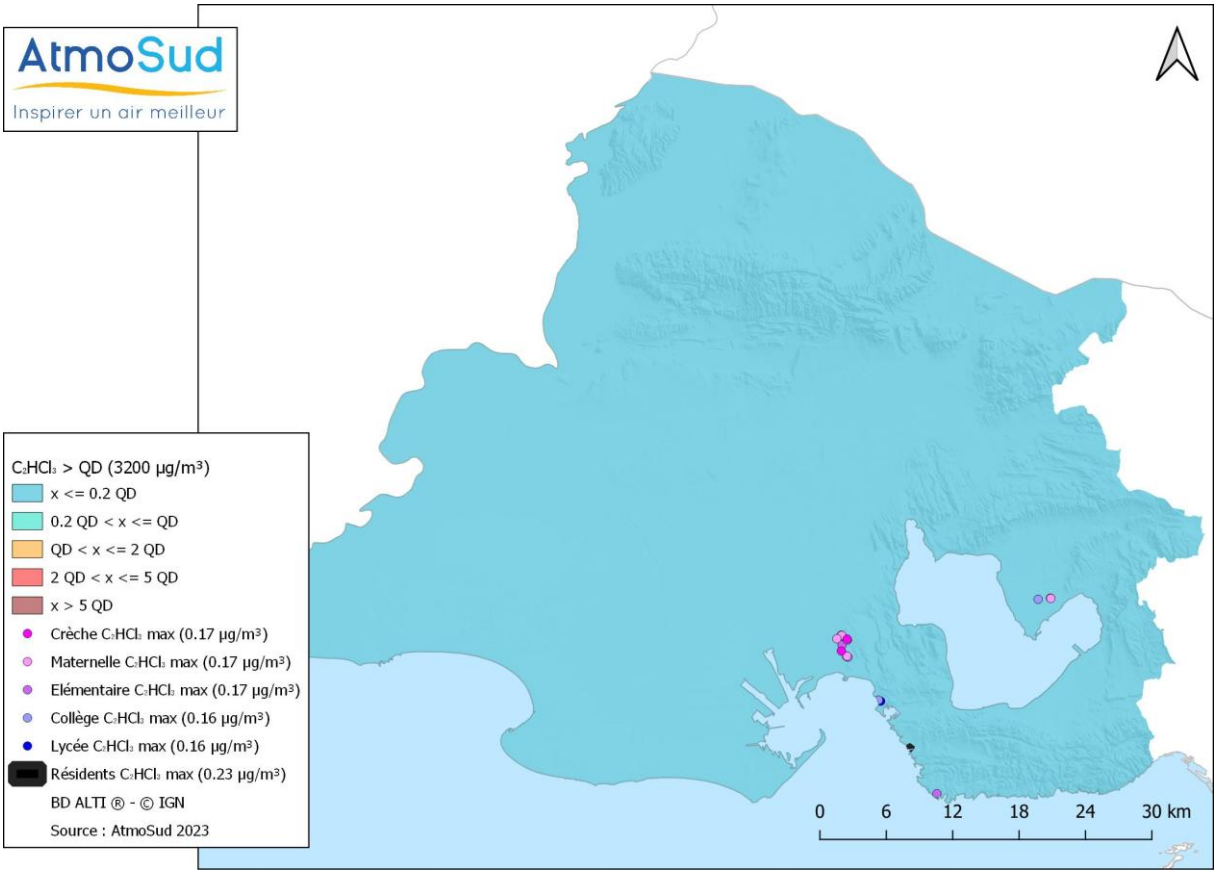
La VTR à seuil du trichloréthylène fixée à 3 200 µg/m^3 pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 32. Population exposée au QD pour le trichloroéthylène en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée QD > 1	Population totale zone
Trichloroéthylène	3 200 µg/m^3	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,0001				

Figure 70 : carte du QD pour le trichloréthylène en 2021



En 2021, le trichloroéthylène ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.13.3 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

La volatilisation est une voie de transfert importante du TCE. La voie respiratoire est la voie la plus fréquente d'exposition au TCE **chez l'homme**. La distribution se fait dans tout l'organisme, particulièrement au niveau du foie et des graisses et le TCE est susceptible de passer les barrières hématoencéphalique et placentaire. Le TCE est classé cancérigène 1B par l'Union Européenne (source : https://substances.ineris.fr/substance/79-01-6).

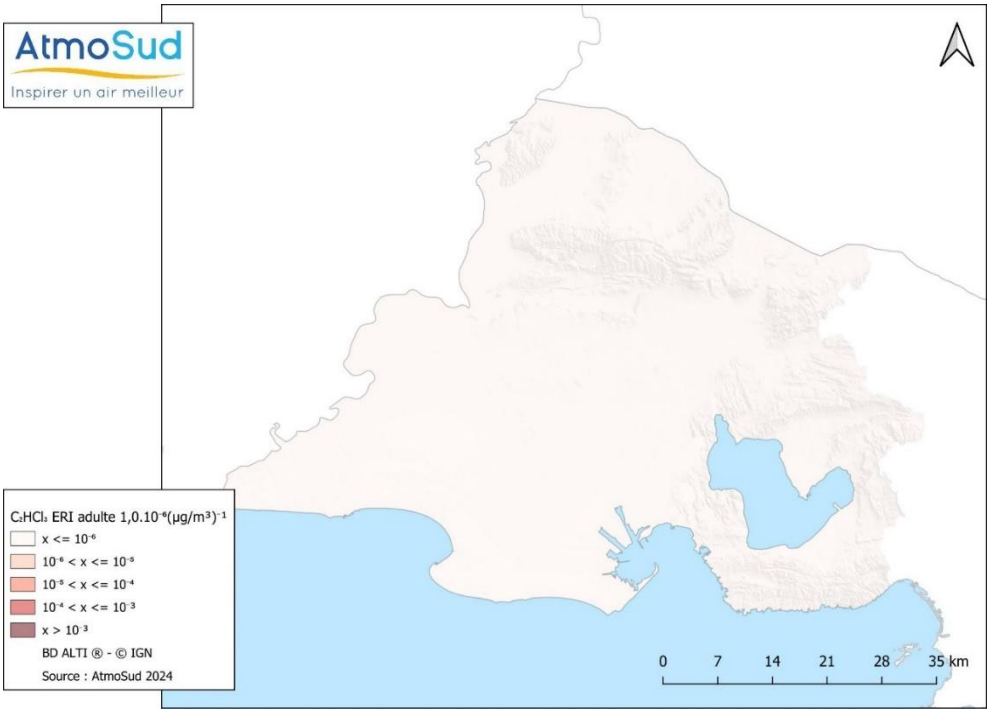
La VTR sans seuil du TCE est fixée à $(1{,}0.10^{-6}\ \mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant présente la population riveraine sur-exposée à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour le trichloroéthylène :

Tableau 33. Population exposée à l'ERI pour le trichloroéthylène

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : trichloroéthylène		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 71 : cartographie de l'ERI pour le TCE en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul de risque sanitaire pour le trichloroéthylène ne met pas en évidence de dépassement de l'ERI (pour une valeur repère de 10^{-5}).

X.13.4 Discussions

- **Polluant non étudié dans le cadre de SCENARII-1**

Ce polluant n'était pas étudié dans le cadre de SCENARII-1.

Il a été ajouté en raison de son intérêt national : en effet en juin 2018, l'ANSES a émis un avis relatif aux « polluants émergents dans l'air ambiant[15] ». Dans cet avis, le trichloroéthylène est classé dans les polluants prioritaires en vue d'une surveillance accrue dans l'environnement.

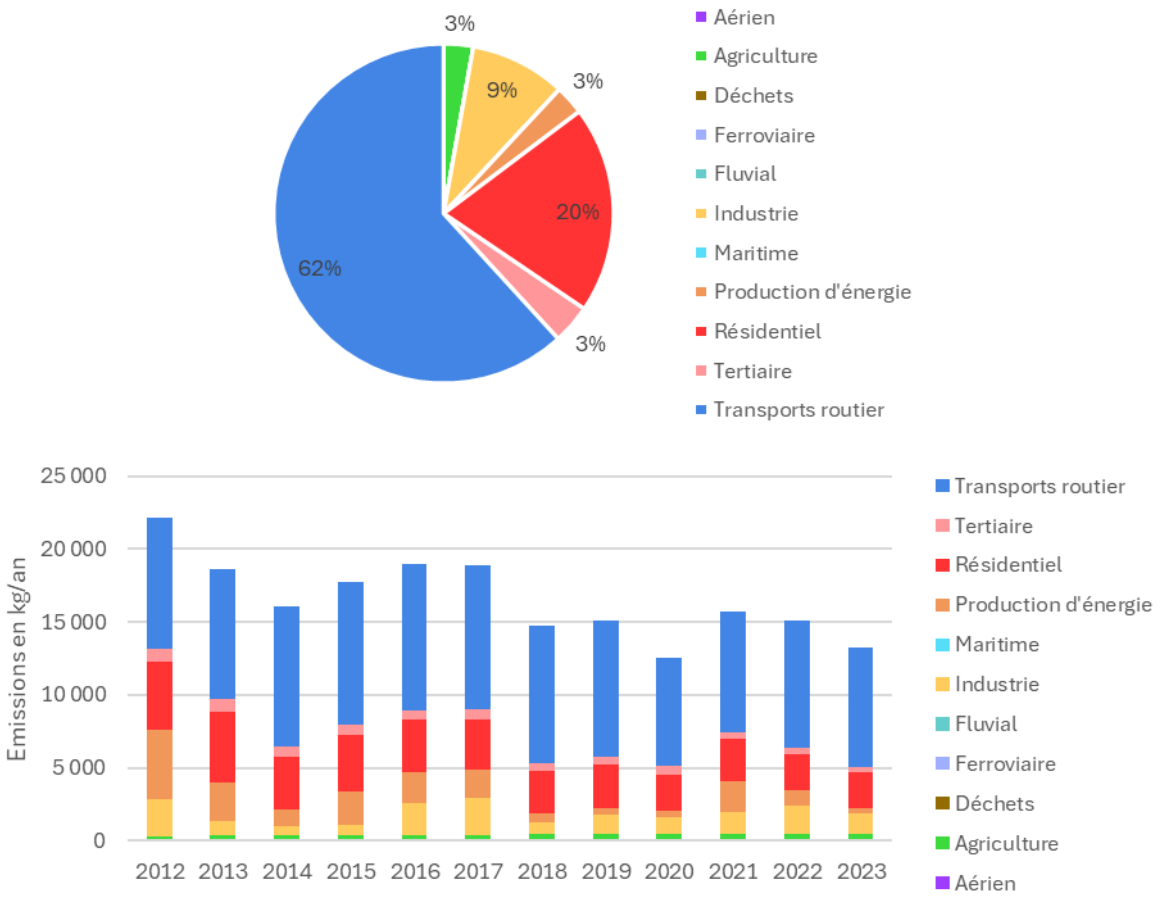
[15] Polluants émergents dans l'air ambiant : Identification, catégorisation et hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air – Juin 2018 : https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf

X.14 Naphtalène

X.14.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 72 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de naphtalène depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le naphtalène est émis principalement par trois secteurs d'activité : le transport routier pour plus de la moitié, le résidentiel et l'industrie.

Entre 2013 et 2019, les émissions de naphtalène sont en baisse (-19 %), mais avec de fortes variations d'une année sur l'autre liées à deux secteurs secondaires : l'industrie et la production d'énergie. Les transports routiers sont stables (+4 %) et le résidentiel est en baisse (-38 %). Les émissions de la production d'énergie semblent globalement en baisse également.

X.14.2 Evolution des concentrations de naphtalène

En 2019-2020, lors des campagnes de mesures réalisées dans le cadre des APC COV, les concentrations de naphtalène sur le territoire ont été recherchées. Les mesures ont été poursuivies les années suivantes autour de la zone industrielle de Fos.

Tableau 34. Evolution des concentrations de naphtalène depuis 2019-2020- – en rouge l'année de référence de l'étude

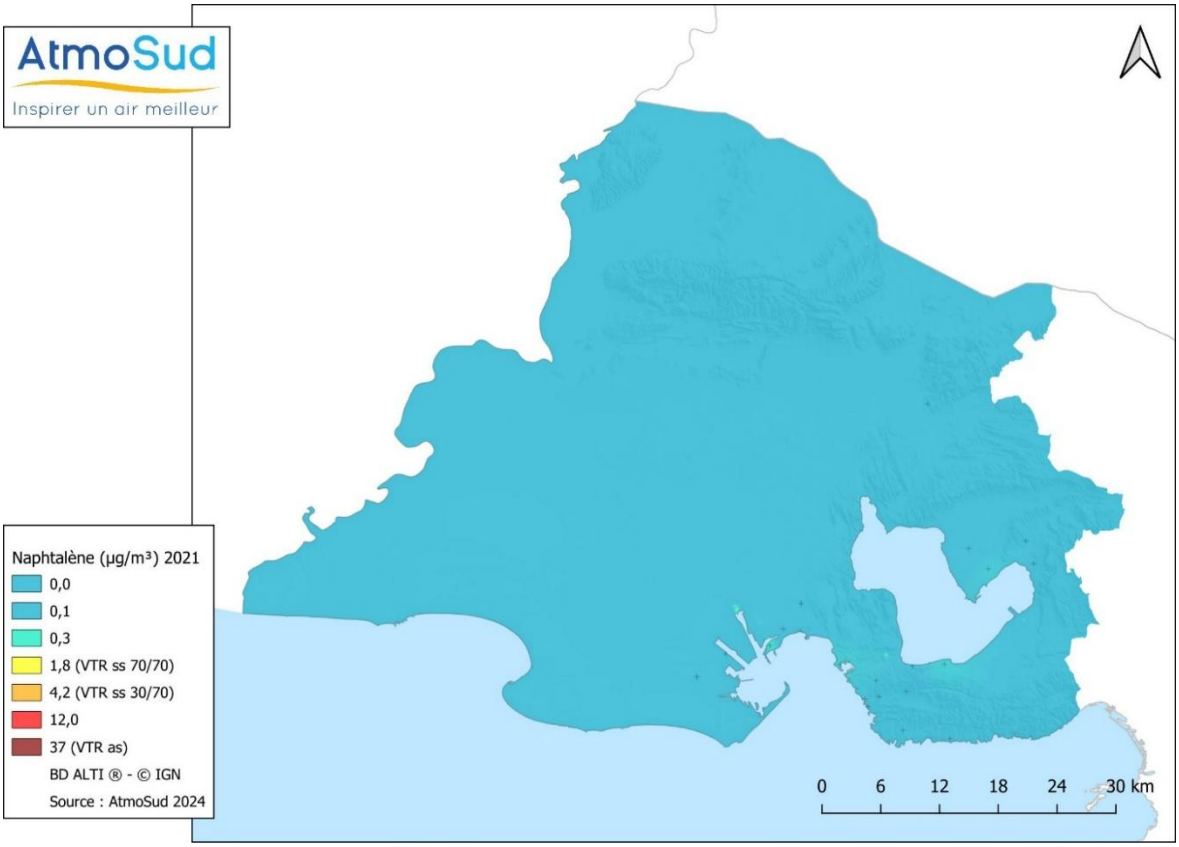
	2019-2020	2021	2022	2023	2024
Fos Carabins	0.10	0.02	0.07	0.06	0.04
Fos Elengy 2	1,17	0.26	0.57	0.56	0.41
Fos Arcelor	0.27	0.06	0.13	0.15	0.09
Fos Cavaou	0.23	0.05	0.07	0.09	0.05

Les niveaux de naphtalène depuis 2019-2020 sont en baisse quel que soit le point de mesure sur la zone d'étude. **Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.**

X.14.3 Cartographie des concentrations de naphtalène en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix grises).

Figure 73 : concentration moyenne annuelle de naphtalène en 2021



Les concentrations de naphtalène dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.14.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

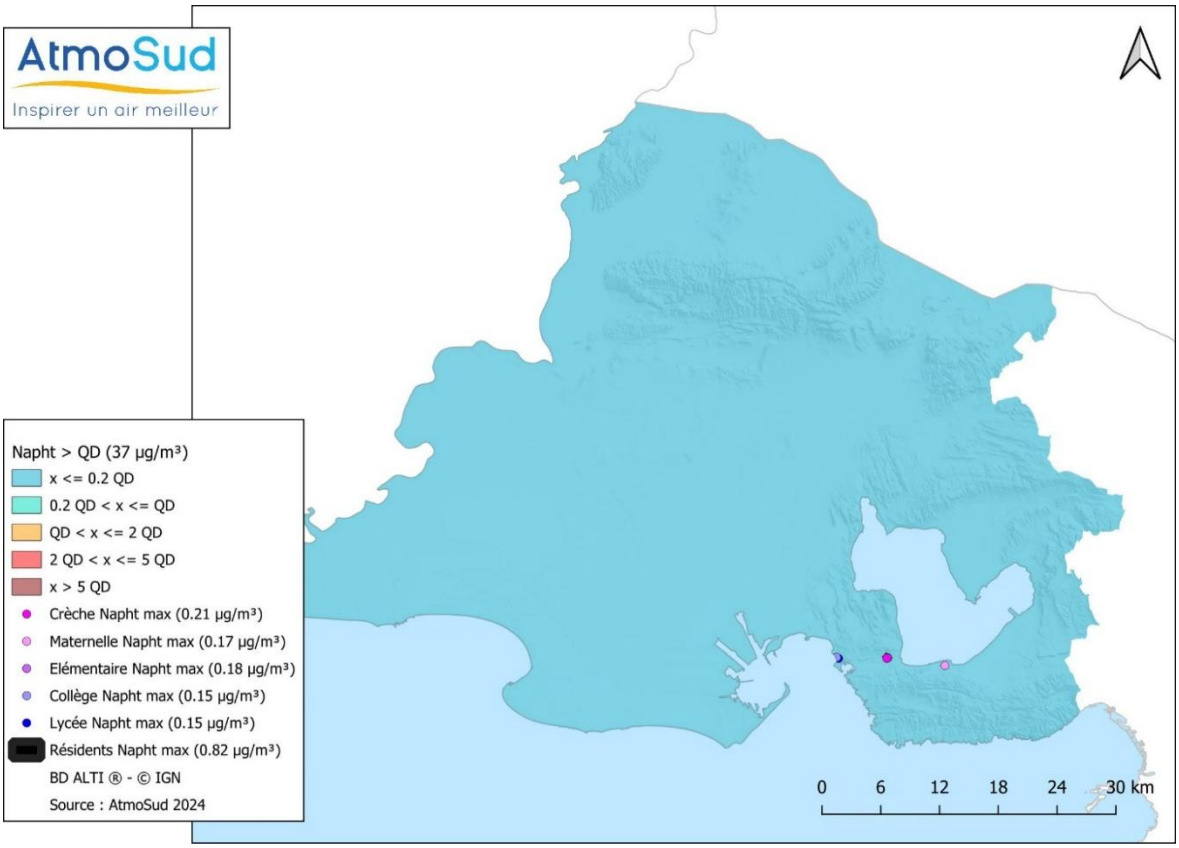
La VTR à seuil du naphtalène est fixée à 37 µg/m^3 pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 35. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le naphtalène en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Naphtalène	37 µg/m^3	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,02				

Figure 74 : carte du QD pour le naphtalène en 2021



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le naphtalène ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.14.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Le naphtalène est volatil. Son évaporation depuis la surface du sol est importante, de même à partir de l'eau. Le naphtalène est classé cancérigène de catégorie 2 (substance préoccupante pour l'homme) par l'Union Européenne. Le naphtalène n'est pas classé génotoxique pour l'Union Européenne en l'absence de résultats concordants (source : https://substances.ineris.fr/substance/91-20-3).

La VTR sans seuil du naphtalène est fixée à 5,6.10^{-6} (µg/m^3)$^{-1}$ pour une exposition chronique par

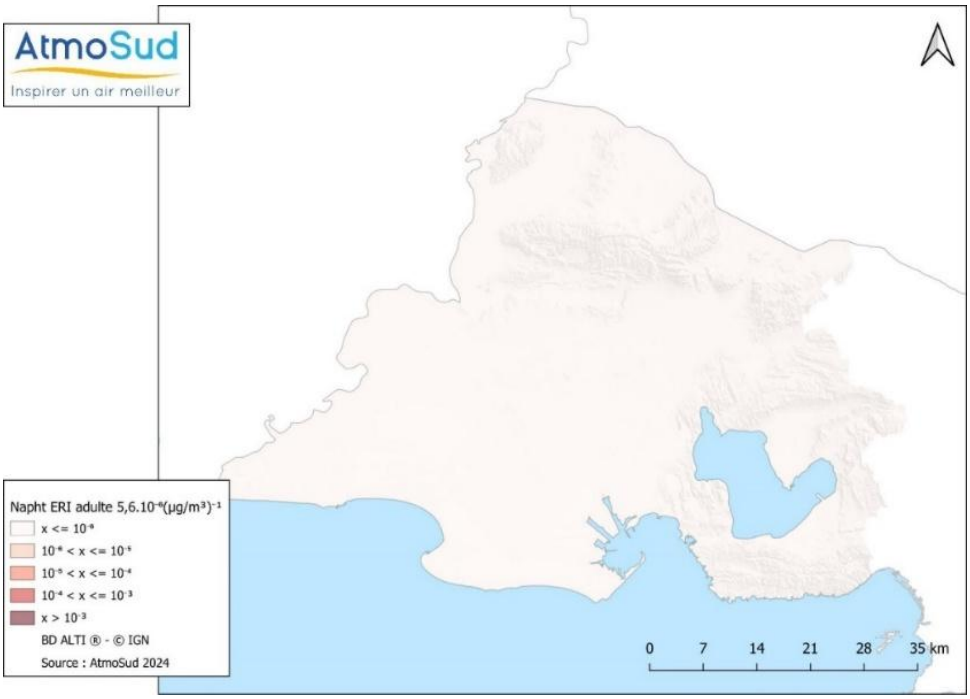
inhalation.

Le tableau suivant présente la population riveraine sur-exposée à un excès de risque de 10^{-5} pour le naphtalène :

Tableau 36. Population exposée à l'ERI pour le naphtalène

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : naphtalène		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 75 : carte du risque sans seuil pour le naphtalène en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul de risque pour le naphtalène ne met pas en évidence de dépassement de l'ERI (pour une valeur repère de 10^{-5}).

X.14.6 Discussions

- **Evolution par rapport à 2013**

Les VTR à seuil et sans seuil du naphtalène n'ont pas évolué entre 2013 et 2021, permettant ainsi une comparaison entre les deux études SCENARII et SCENARII-2.

Le naphtalène est un polluant d'intérêt national, classé prioritaire par l'ANSES[16] en 2018.

En 2021, comme en 2013, le naphtalène ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à effet de seuil et de l'ERI pour la VTR sans effet de seuil pour une exposition chronique par inhalation.

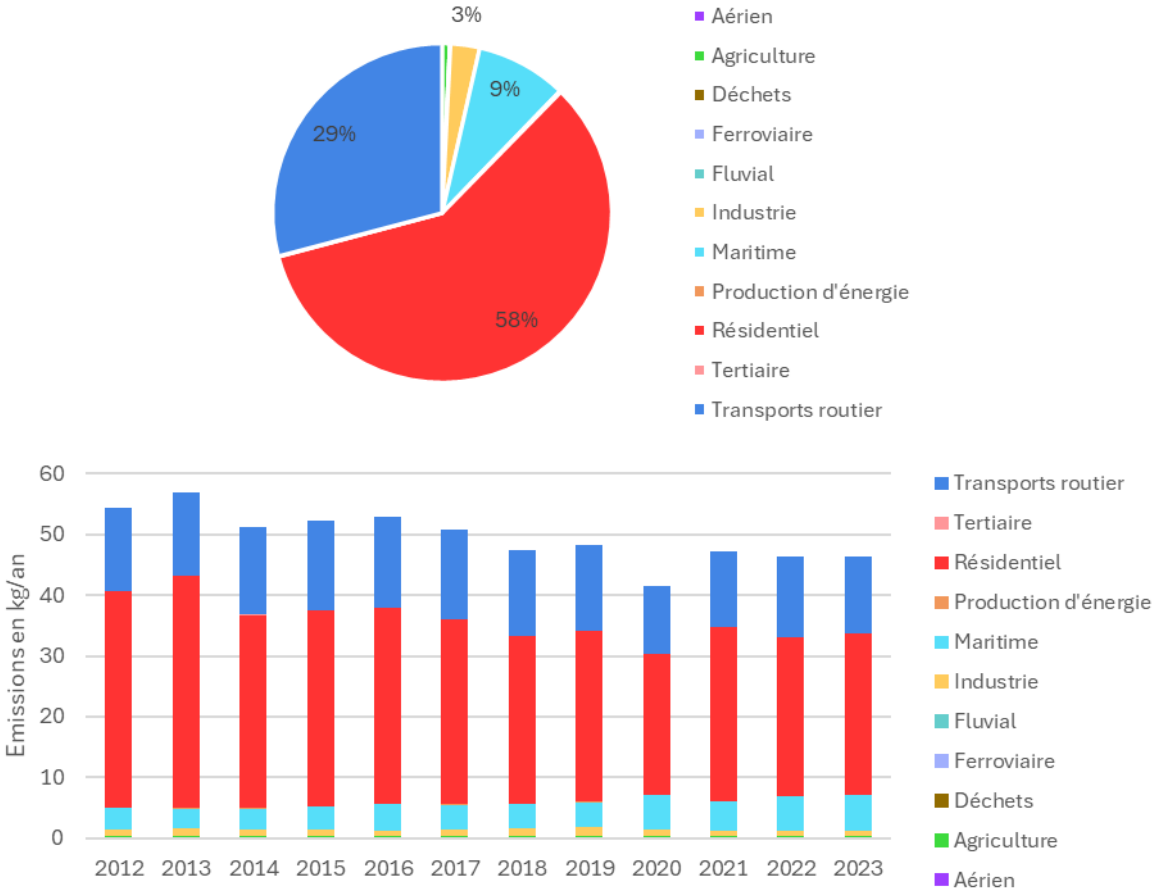
[16] https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf

X.15 Benzo(a)pyrène BaP

X.15.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 76 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de BaP depuis 2012



Source : AtmoSud

Le benzo(a)pyrène BaP est émis par trois secteurs d'activité : le résidentiel pour plus de la moitié des émissions, suivi du transport routier et du transport maritime.

Entre 2013 et 2019, une baisse des émissions de BaP (-15 %) est observée essentiellement due au secteur du résidentiel (-26 %). Les émissions du routier sont stables (+3 %), le maritime est en hausse (+25 %).

Le BaP est un HAP particulaire. Il est considéré comme l'indicateur des HAP particulaires. C'est le HAP particulaire le plus toxique (la toxicité des autres HAP est généralement exprimée en « équivalent BaP »).

X.15.2 Evolution des concentrations en benzo(a)pyrène depuis 2018

Sur la zone SCENARII, AtmoSud a mis en œuvre une mesure de BaP sur la fraction PM10 depuis 2018 sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc pour une représentativité annuelle de plus de 14 %. La mesure du BaP consiste en un échantillonnage sur filtre suivi d'une analyse en laboratoire par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC).

Tableau 37. Evolution des concentrations en BaP depuis 2018 - Zone SCENARII

BaP (ng/m³)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Fos Carabins	0.21	0.16	0.21	0.23	0.16	0.16	0.14
Port-de-Bouc	0.13	0.11	0.14	0.11	0.12	0.12	0.08
	Hors zone SCENARII						
Marseille Longchamp	0.15	0.15	0.14	0.23	0.12	0.12	0.14
Marseille Rabatau	0.19	0.22	0.16	0.30			

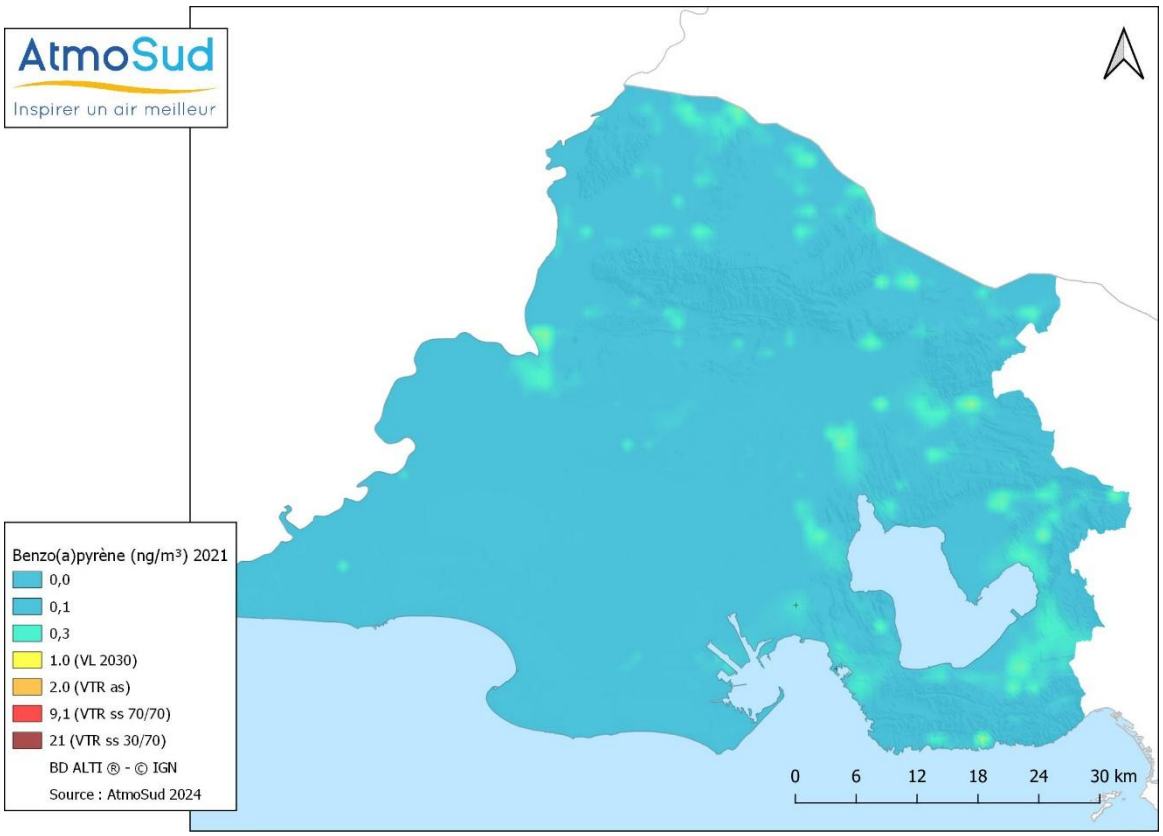
L'évolution des concentrations de BaP dans l'air est relativement stable d'une année sur l'autre depuis 2018 jusqu'en 2021. Une baisse semble s'amorcer à compter de 2022.

Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.

X.15.3 Cartographie des concentrations pour le BaP en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix grises).

Figure 77 : concentration moyenne annuelle de BaP en 2021



Le benzo(a)pyrène est le seul HAP pour lequel les concentrations dans l'environnement sont réglementées. La valeur cible 2030 est fixée à 1 ng/m³ en moyenne annuelle.

En 2021, aucune station de mesure ne dépasse la valeur cible 2030 du BaP, en moyenne annuelle.

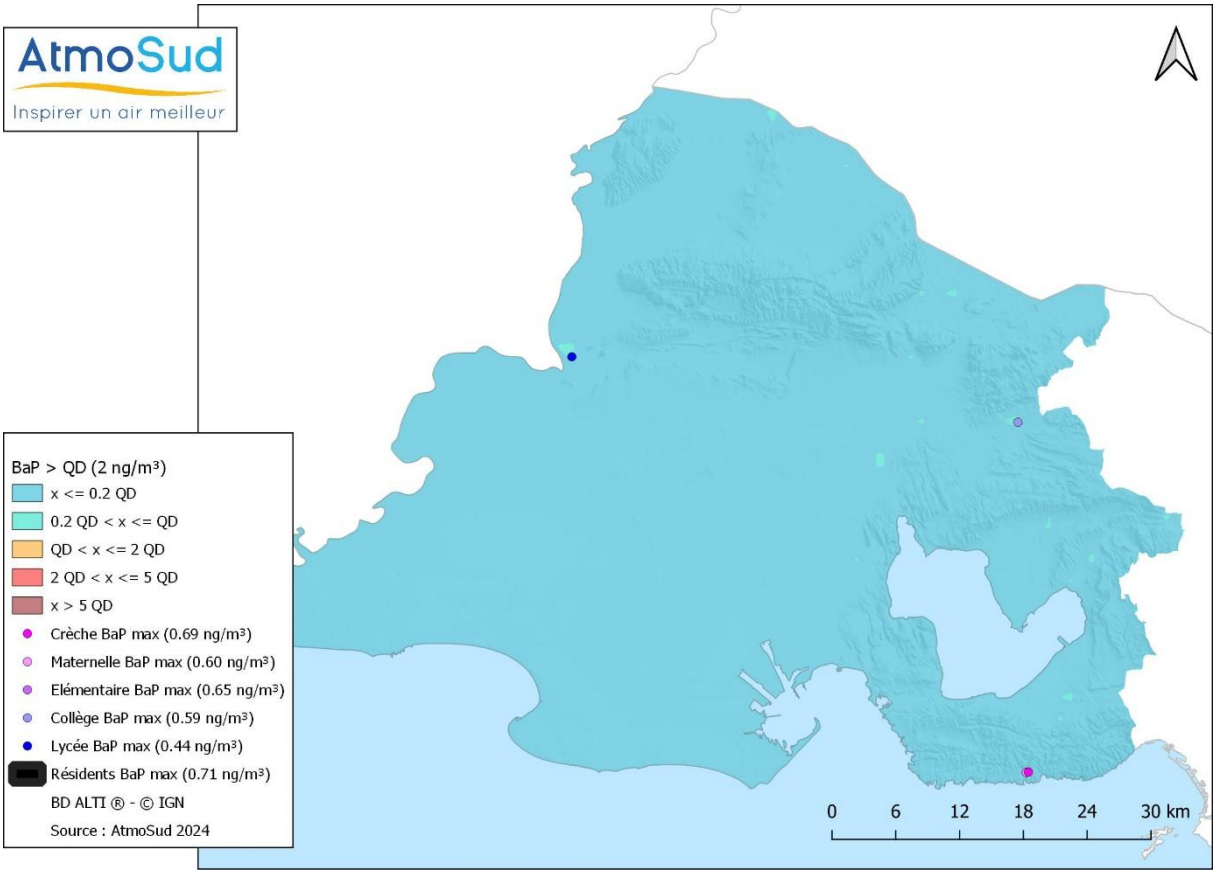
X.15.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

La VTR à seuil du benzo(a)pyrène BaP est fixée à 2 ng/m^3 pour une exposition chronique par inhalation. Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 38. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le BaP en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population sur-exposée	Population totale zone
Benzo(a)pyrène BaP	2 ng/m^3	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,36				

Figure 78 : carte du QD pour le BaP en 2021



En 2021, le calcul du risque sanitaire pour le benzo(a)pyrène ne met pas en évidence de de dépassement du QD.

X.15.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Le B(a)P est classé Catégorie 1B par l'Union Européenne depuis 2008 : le benzo(a)pyrène doit être assimilé à une substance cancérogène pour l'homme. Il est classé dans le Groupe 1 (cancérogène) par le Centre international de recherche sur le cancer depuis 2012 ; l'organe cible est le poumon. Le benzo(a)pyrène est également classé génotoxique 1B pour l'Union Européenne en 2008, un mécanisme d'action sans seuil étant retenu (source : https://substances.ineris.fr/substance/50-32-8).

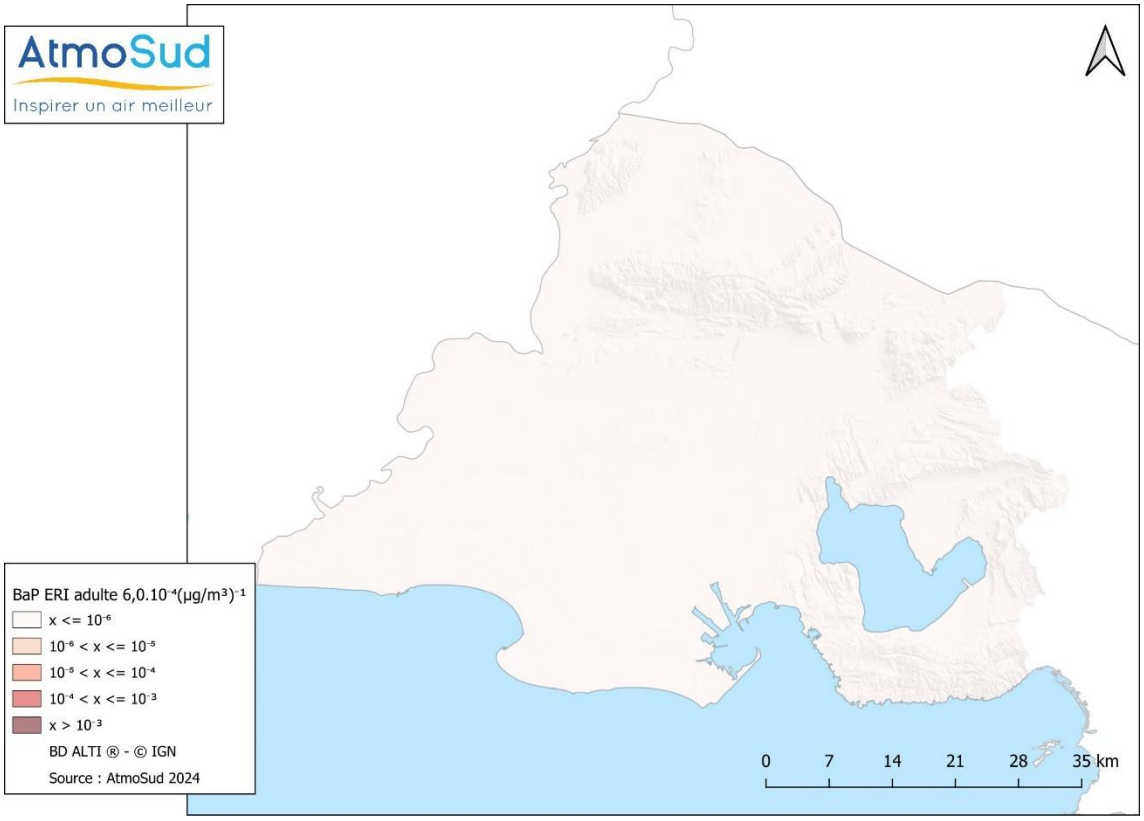
La VTR sans seuil pour le benzo(a)pyrène est fixée à $(6.0.10^{-4}\ \mu g/m^3)^{-1}$.

Le tableau suivant présente la population riveraine sur-exposée à un excès de risque de 10^{-5} pour le BaP :

Tableau 39. Population exposée à l'ERI pour le BaP

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : BaP		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 79 : carte de l'ERI pour le BaP en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul du risque sanitaire pour le benzo(a)pyrène ne présente pas de dépassement de l'ERI, quel que soit le scénario envisagé (pour une valeur repère de 10^{-5}).

X.15.6 Discussions

- **Evolution des concentrations par rapport à 2013**

Le BaP fait l'objet de nombreuses mesures sur le territoire par prélèvement sur filtre et analyse ultérieure en laboratoire. Elles ont permis de cartographier de façon fine les concentrations sur le territoire.

Les niveaux moyens en BaP sont en baisse sur la zone d'étude entre 2013 et 2021. Les zones représentant les concentrations les plus importants sont situées proches des sources émettrices industrielles et dans les centres urbains.

- **Evolution des risques par rapport à 2013**

Les VTR à seuil et sans seuil ont évolué entre 2013 et 2021 pour le benzo(a)pyrène.

- En effet en 2013, aucun VTR à effet de seuil n'avait été retenue dans l'étude pour une valeur en 2021 de 0,002 µg/m^3.
- La VTR sans seuil est passée de (1,1.10^{-3} µg/m^3)$^{-1}$ dans SCENARII-1 à (6.0.10^{-4} µg/m^3)$^{-1}$ dans SCENARII-2. La VTR retenue en 2021 est 1,8 fois moins contraignante que celle retenue en 2013. Ce changement de VTR ne présente pas d'impact significatif sur les résultats de l'étude.

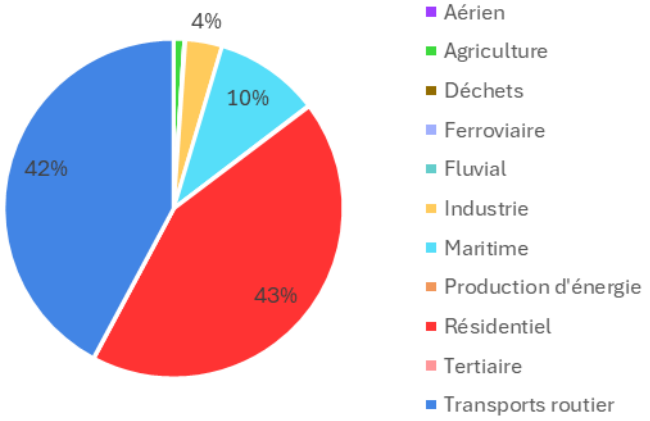
En 2021, comme en 2013, le BaP ne présente pas de risque de dépassement de l'ERI pour la VTR sans seuil pour une exposition chronique par inhalation.

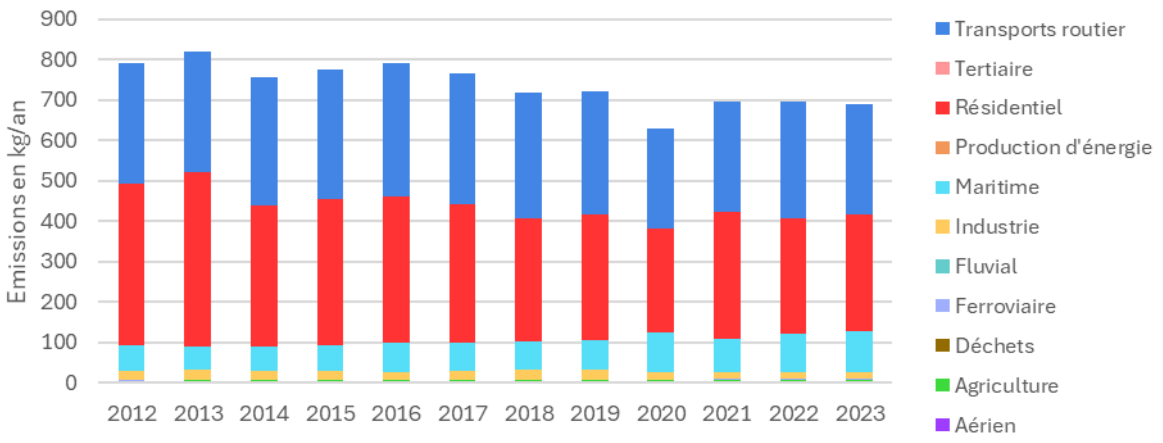
X.16 HAP totaux

X.16.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 80 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de HAP depuis 2012





Source : AtmoSud

En 2019, les HAP totaux sont principalement émis par le résidentiel (chauffage domestique), le transport routier et le transport maritime.

Entre 2013 et 2019, les évolutions des émissions atmosphériques sont en baisse (-12 %), du fait d'un équilibre entre la baisse des émissions résidentielles (-28 %) et de la hausse du maritime (+25 %), tandis que le routier est stable (+2 %).

X.16.2 Cartographie des concentrations en 2021

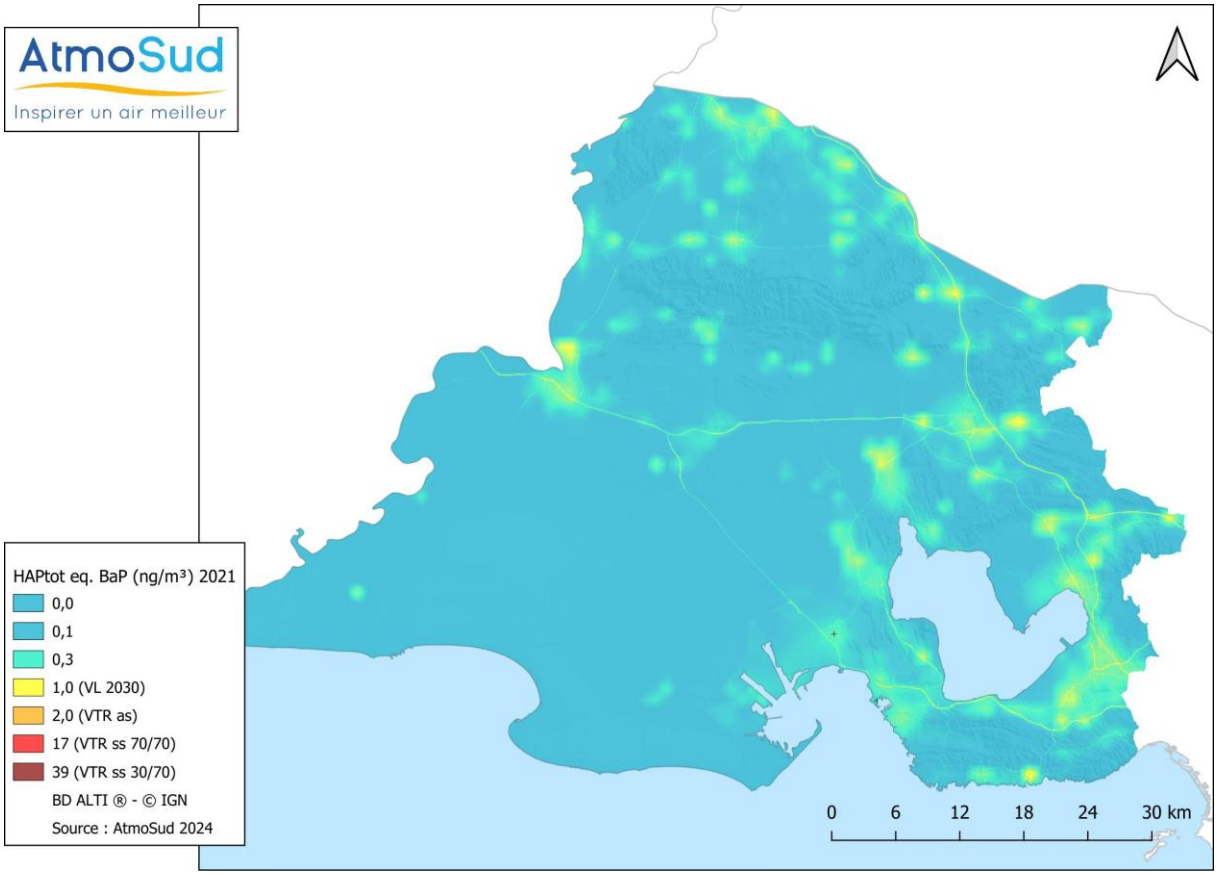
Le benzo(a)pyrène BaP est un hydrocarbure aromatique polycyclique ou HAP. Cette famille d'hydrocarbures comprend un grand nombre de substances dont la toxicité est évaluée par rapport au BaP, celui-ci ayant la toxicité la plus élevée. Les différents HAP sont pondérés selon leur toxicité relative au BaP.

Tableau 40. Toxicité des HAP en équivalent BaP

HAP	Toxicité en équivalent BaP	HAP	Toxicité en équivalent BaP
Benzo(a)pyrène	1	**Benzo(ghi)pérylène**	0.01
Dibenzo(ah)anthracène	1	**Chrysène**	0.01
Benzo(a)anthracène	0.1	**Acénaphtène**	0.001
Benzo(b)fluoranthène	0.1	**Acénaphtylène**	0.001
Benzo(j)fluoranthène	0.1	**Fluoranthène**	0.001
Benzo(k)fluoranthène	0.1	**Fluorène**	0.001
Indeno(123cd)pyrène	0.1	**Phénanthrène**	0.001
Anthracène	0.01	**Pyrène**	0.001

Dans le cadre de cette étude, chaque HAP a été dispersé individuellement, puis la carte de HAP totaux a été calculée en réalisant la somme pondérée des 16 principaux HAP particulaires (excluant donc le naphtalène, qui est gazeux).

Figure 81 : concentration moyenne annuelle de HAP totaux en 2021



Les concentrations de HAP totaux dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

Les concentrations en HAP totaux en équivalent BaP sont inférieures à 2 ng/m³ sur toute la zone en 2021 (max 1.71 ng/m³).

X.16.3 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

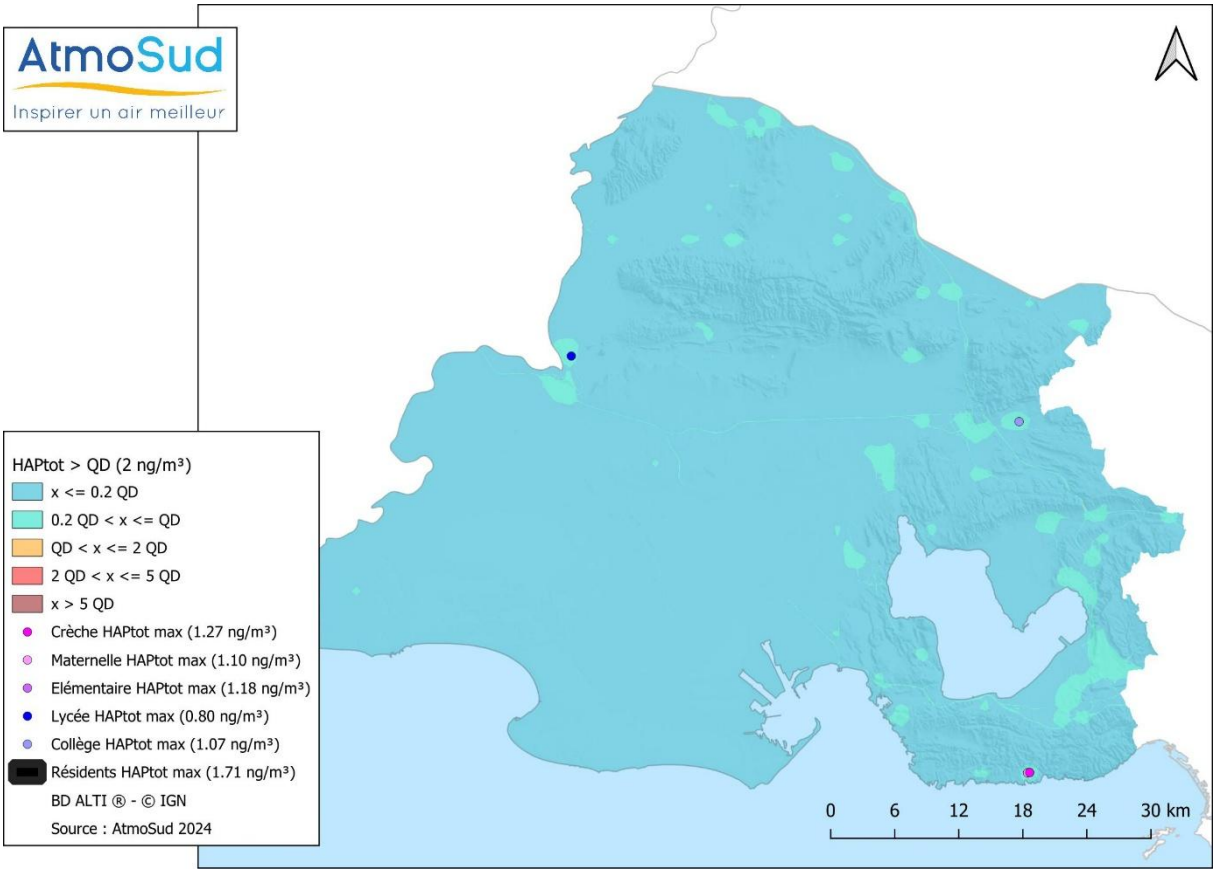
La VTR à seuil des HAP totaux, exprimée en équivalent benzo(a)pyrène, est fixée à 2 µg/m³ pour une exposition chronique par inhalation. Il s'agit du même seuil que pour le BaP seul.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 41. Population exposée au QD supérieur à 1 pour les HAP totaux en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
HAP totaux (équivalent BaP)	2 ng/m³ equivalent B(a)P	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,86				

Figure 82 : carte du QD pour les HAP totaux en 2021



En 2021, le calcul du risque pour les HAP totaux ne met pas en évidence de dépassement du QD.

X.16.4 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Le B(a)P est présent dans de nombreux mélanges de HAP ; il est considéré comme la molécule de référence de cette famille. La présentation du BaP a été faite dans les pages précédentes.

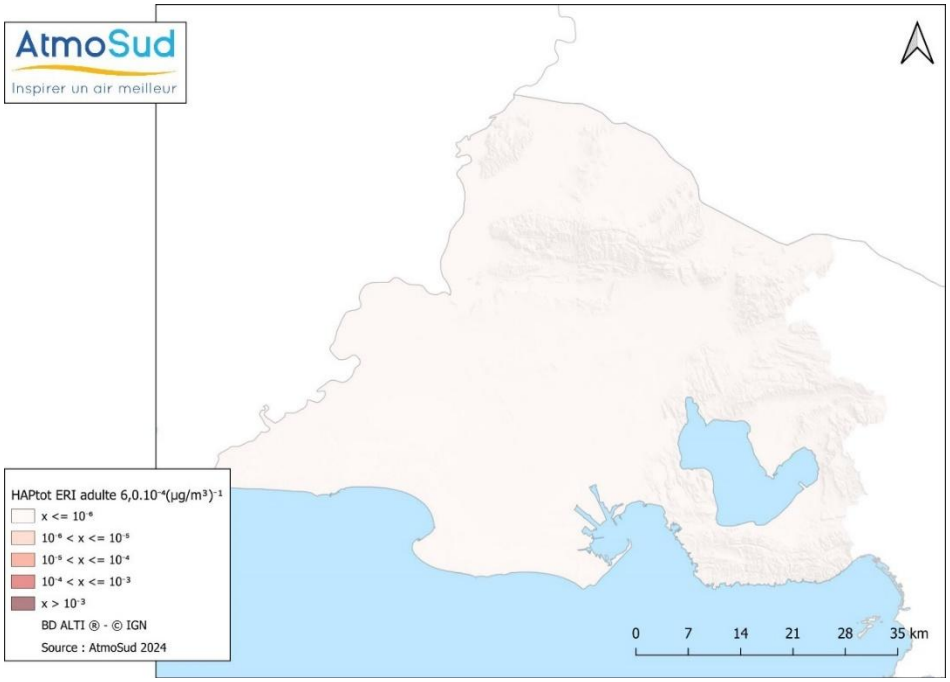
La VTR sans seuil des HAP totaux est fixée à $(6{,}0.10^{-4}\ \mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation. La VTR sans seuil pour les HAP totaux est la même que pour le BaP seul.

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} pour les HAP totaux.

Tableau 42. Population exposée à l'ERI pour les HAP totaux

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : HAP totaux		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 83 : carte de l'ERI pour les HAP totaux en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul du risque sanitaire pour les HAP totaux ne met pas en évidence de dépassement de l'ERI, quel que soit le scénario envisagé.

X.16.5 Discussions

- **Evolution par rapport à 2013**

Quelques HAP unitaires avaient fait l'objet d'une analyse sanitaire dans le cadre de SCENARII-1. En raison des flux d'émissions et du niveau de risque sanitaire, seuls le BaP et les HAP totaux exprimés en équivalent BaP ont été analysés dans SCENARII-2. Dans une approche majorante, les VTR des HAP totaux correspondent aux VTR retenues pour le BaP.

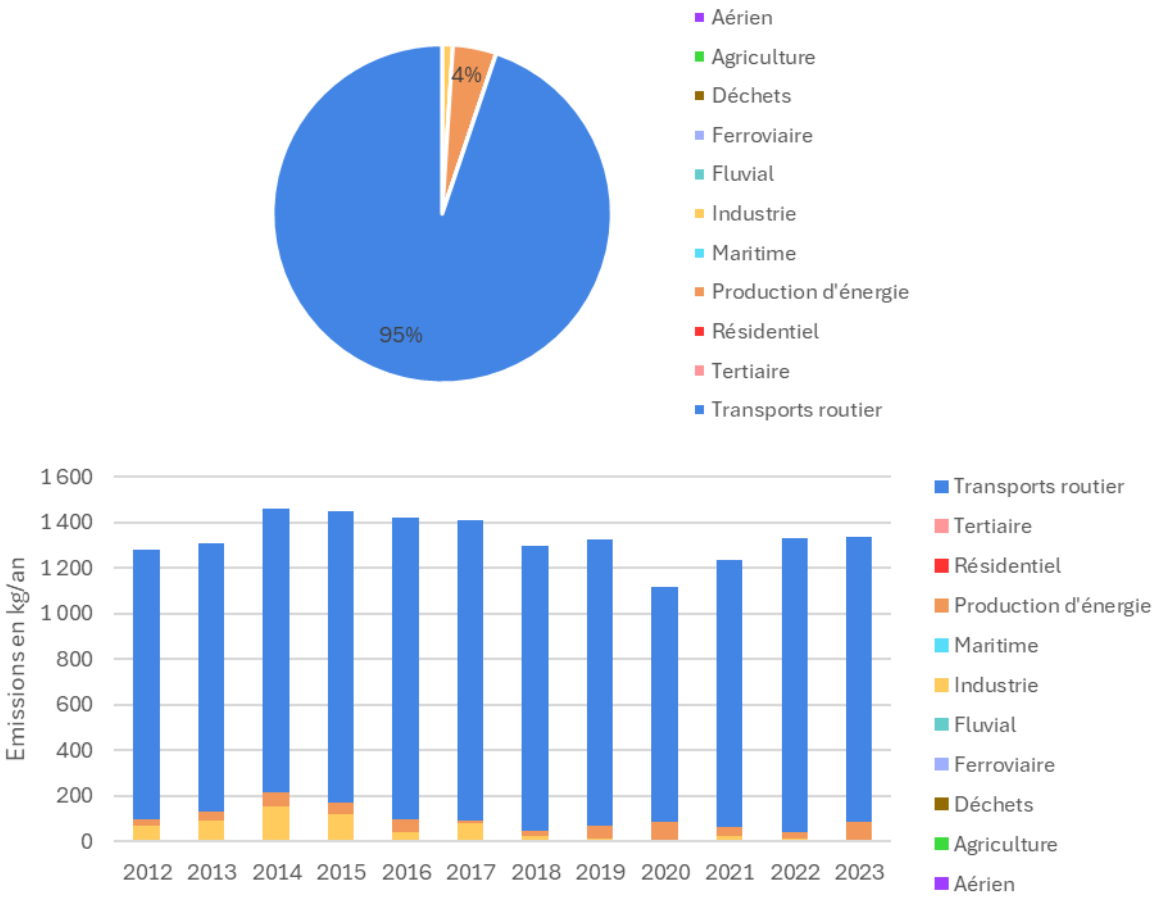
En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul du risque sanitaire pour les HAP totaux ne met pas en évidence de risque sanitaire pour les effets à seuil et sans seuil par inhalation chronique (pour valeur repère 10^{-5}).

X.17 Antimoine

X.17.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 84 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Sb depuis 2012



Source : AtmoSud

L'antimoine est très majoritairement émis par les transports routiers.

Entre 2013 et 2019, les émissions d'antimoine sont stables (+2%), du fait d'une augmentation des émissions du transport routier (+7%) et d'une chute des émissions industrielles (-85%).

X.17.2 Evolution des concentrations en antimoine

Depuis 2018, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 43. Evolution des niveaux d'Antimoine depuis 2018 sur la zone SCENARII

Antimoine (ng/m³)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Fos Carabins	0,99	0,87	0,82	0,93	0,92	0,74	0,74
Port-de-Bouc	1,12	1	0,97	1,01	1,04	0,84	0,80
	Hors zone SCENARII						
Marseille Longchamp	2,05	1,91	1,37	1,77	1,52	2,29	1,39
Septèmes				1,30			
Bouc Bel Air				1,45			

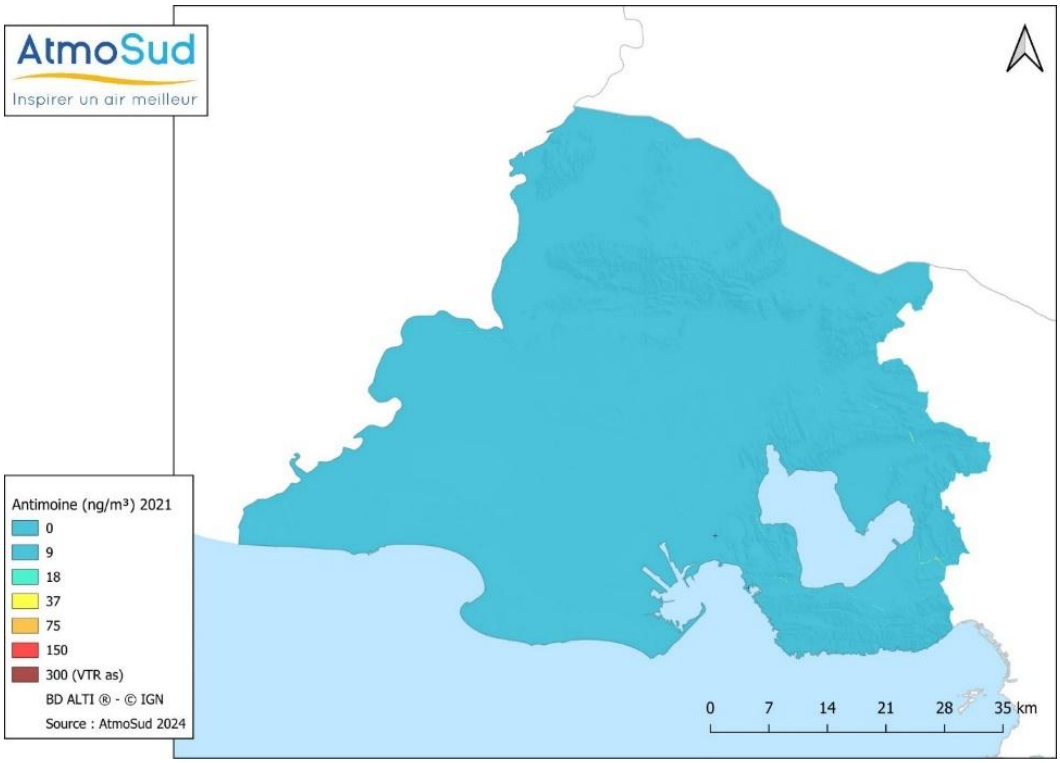
Depuis 2018, les concentrations d'antimoine sont relativement stables jusqu'en 2021. Sur les sites de Fos Carabins et Port de Bouc, une baisse des niveaux semble s'amorcer à compter de 2022.

Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.

X.17.3 Cartographie des concentrations d'antimoine en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix grises).

Figure 85 : concentration moyenne annuelle pour l'antimoine en 2021



Les concentrations de l'antimoine dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.17.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

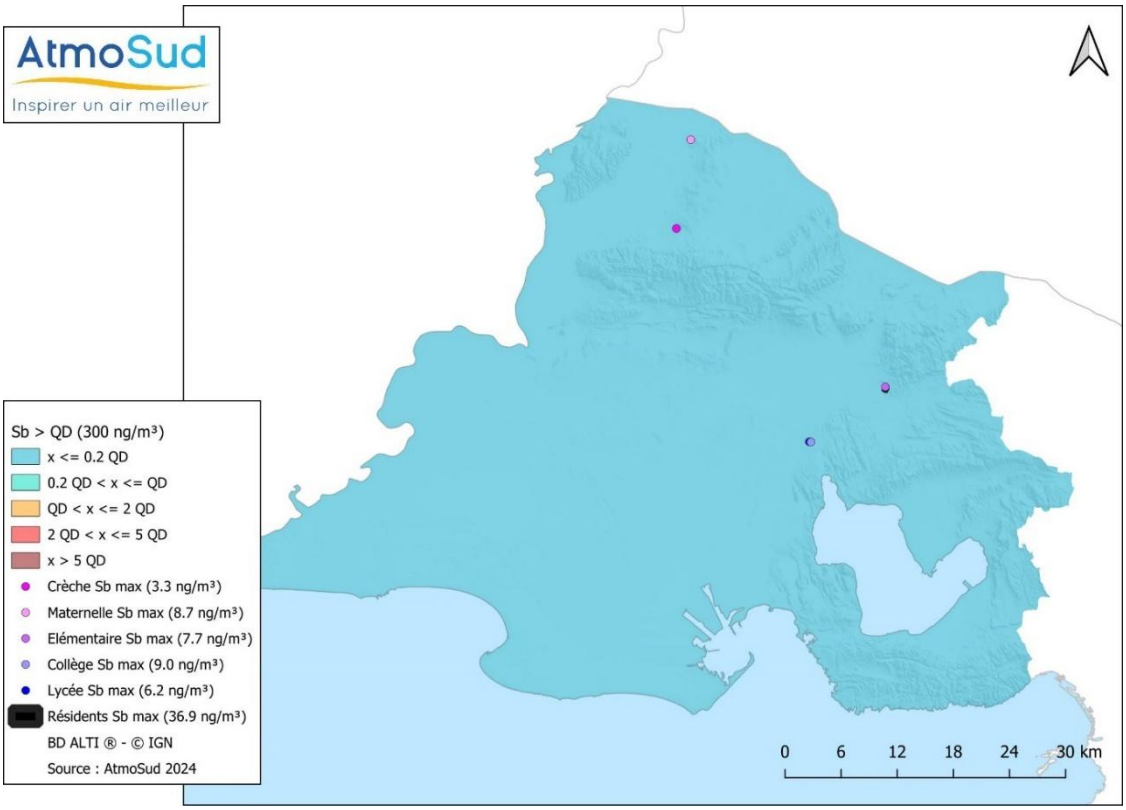
La VTR à seuil de l'antimoine est fixée à 0.3 µg/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 44. Population exposée au QD supérieur à 1 pour l'antimoine en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Antimoine Sb	0,3 µg/m³ ou 300 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,12				

Figure 86 : carte du QD pour l'antimoine en 2021



En 2021, l'antimoine ne présente pas de dépassement du QD.

X.17.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Il n'y a pas de VTR sans seuil pour l'antimoine. Aucune carte n'est donc produite.

X.17.6 Discussions

- **Polluant non étudié dans le cadre de SCENARII-1**

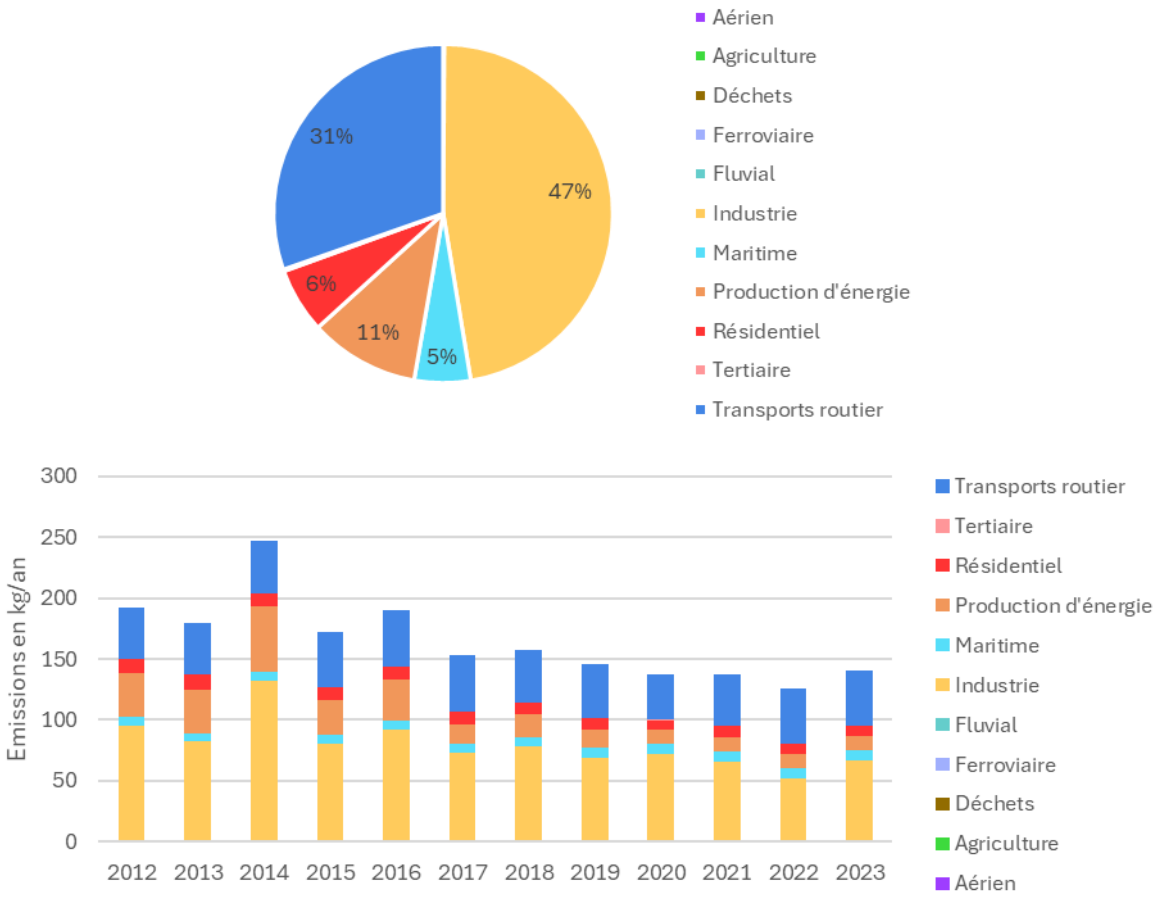
Cet élément trace métallique n'a pas fait l'objet d'une analyse sanitaire dans le cadre de SCENARII-1. Il a été ajouté lors de la mise à jour car disponible dans l'inventaire des émissions d'AtmoSud et porté sur la liste des substances prioritaires de l'ANSES (2018).

X.18 Arsenic

X.18.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 87 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions d'Arsenic depuis 2012



Source : AtmoSud

L'arsenic est émis principalement par trois secteurs d'activité en 2019 : industrie, transports routiers et production d'énergie.

Entre 2013 et 2019, une baisse des émissions est observée (-24 %). Cette baisse est issue :

- d'une diminution des émissions de la production d'énergie (-57 %) et de l'industrie (-16 %) ;
- d'une augmentation des émissions du transport routier (+6 %).

X.18.2 Evolution des concentrations en arsenic

Depuis 2015, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 45. Evolution des niveaux de l'arsenic sur la zone SCENARII

Arsenic (ng/m³)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Fos Carabins	0,57	0,48	-	0,55	0,42	0,43	0,41	0,52	0,44	0,41
Port-de-Bouc				1,30	1,04	0,65	0,77	0,97	0,94	0,65
	Hors zone SCENARII-2									
Marseille Longchamp	0,44	0,37		0,48	0,35	0,25	0,31	0,33	0,29	0,26
Septèmes							0,23			
Bouc Bel Air							0,21			

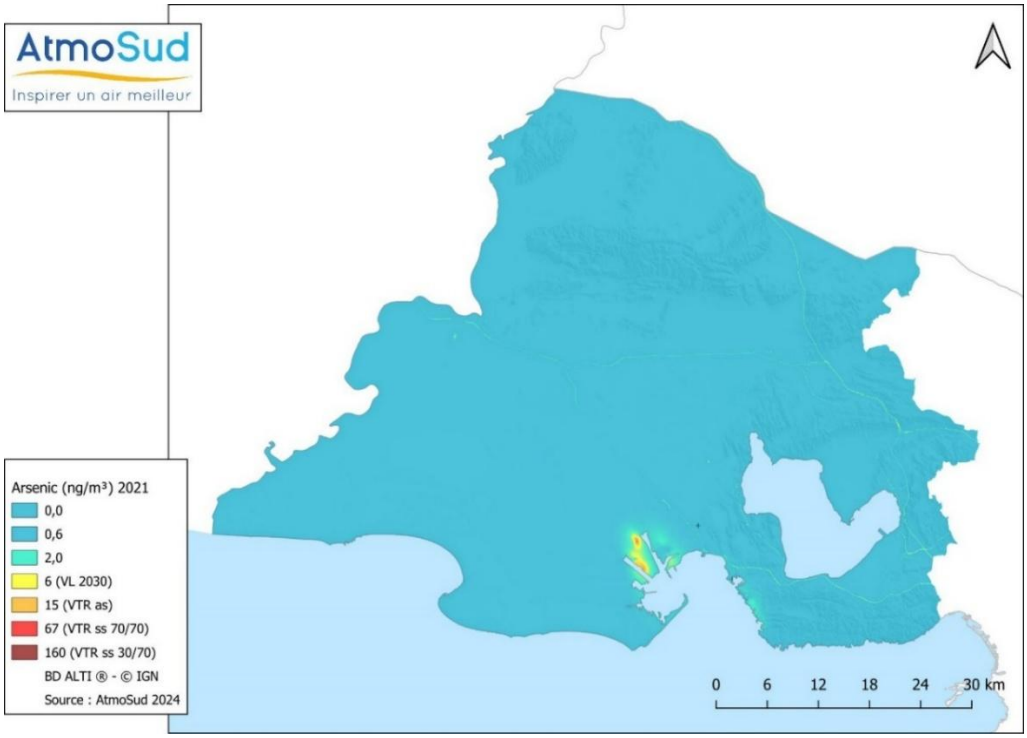
Depuis 2018, les concentrations d'arsenic sont relativement stables sur le site de Fos Carabins. Une baisse des concentrations annuelles est observée sur le site de Port-de-Bouc.

Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.

X.18.3 Cartographie des concentrations d'arsenic en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix grises).

Figure 88 : concentration moyenne annuelle d'arsenic en 2021



Les concentrations de l'arsenic dans l'environnement sont réglementées, fixées à 6 ng/m^3 en moyenne annuelle.

En 2021, il n'y a pas de population exposée à des dépassements de la valeur cible fixée à 6 ng/m^3 en moyenne annuelle.

X.18.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

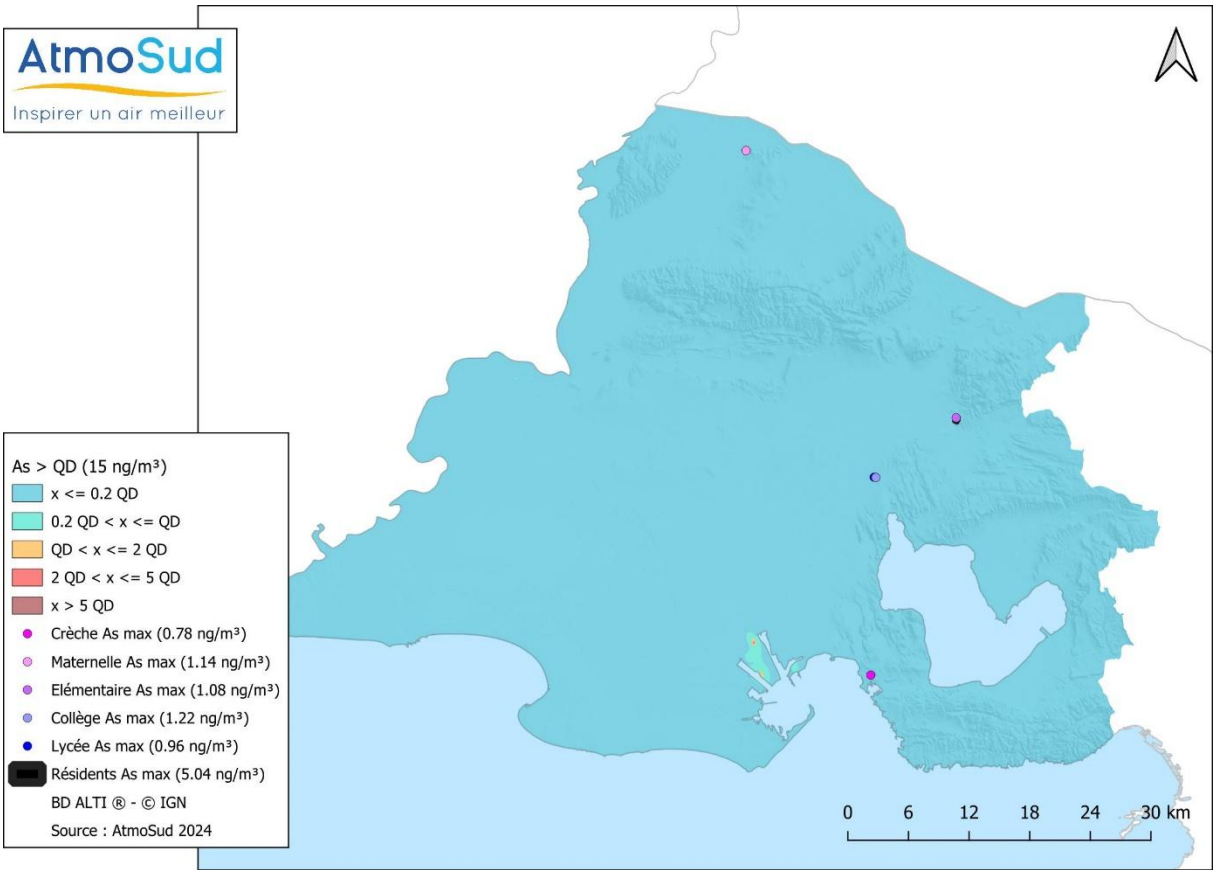
La VTR à seuil de l'arsenic est fixée à 15 µg/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 46. Population exposée au QD supérieur à 1 pour l'arsenic en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée QD > 1	Population totale zone
Arsenic	15 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,34				

Figure 89 : carte du QD pour l'arsenic en 2021



En 2021, le calcul de risque pour l'arsenic ne présente pas de dépassement du QD ce qui implique une absence de risque sanitaire pour cette substance.

X.18.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

L'arsenic est reconnu toxique par inhalation. Il est classé Catégorie 1A par l'Union Européenne depuis 2008 et Groupe 1 par le Centre international de recherche sur le cancer depuis 2012 : « l'agent (ou le mélange) est cancérogène pour l'homme pour l'arsenic et ses composés inorganiques » (source : https://substances.ineris.fr/substance/7440-38-2). L'organe cible est le poumon (et les voies respiratoires).

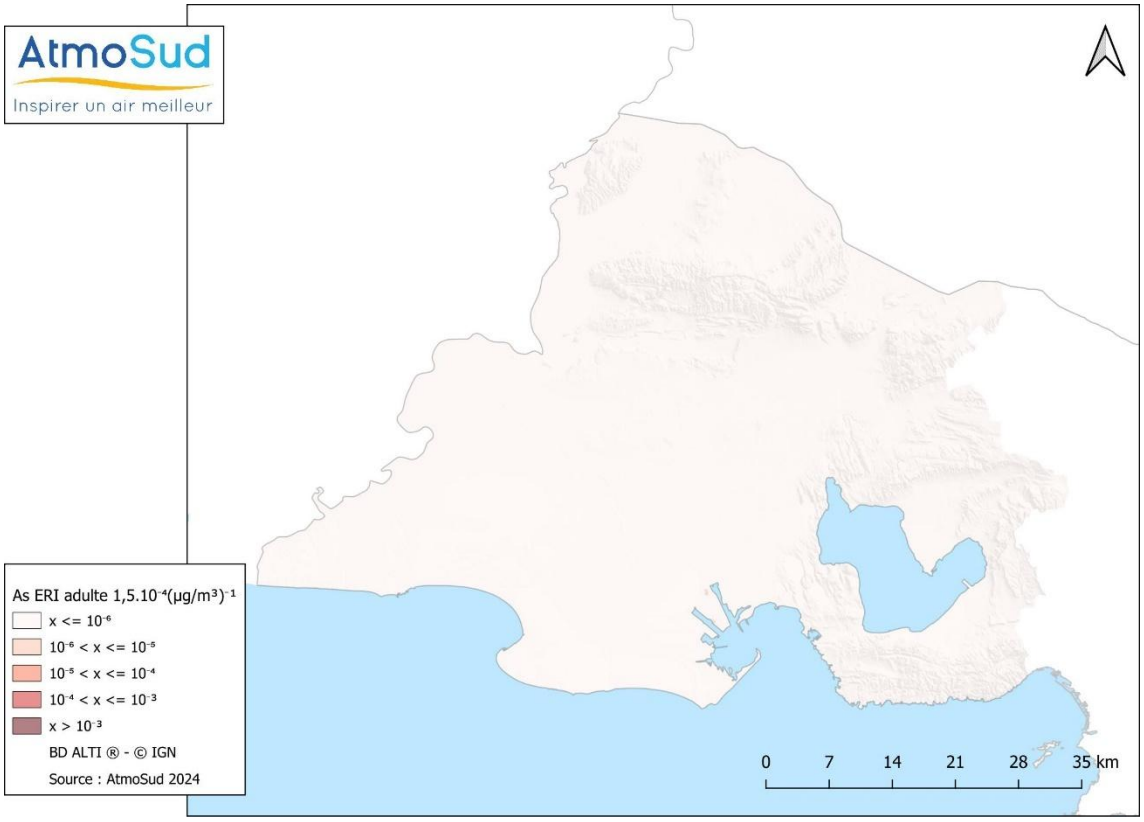
La VTR sans seuil de l'arsenic est fixée à $(1{,}5.10^{-4}\ \mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} pour l'arsenic :

Tableau 47. Population exposée à l'ERI pour l'arsenic

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : arsenic		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 Adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 90 : carte de l'ERI pour l'arsenic en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul de risque sanitaire pour l'arsenic ne met pas en évidence de dépassement de l'ERI quel que soit le scénario envisagé (avec une valeur repère de 10^{-5}).

X.18.6 Discussions

- **Evolution des concentrations par rapport à 2013**

L'arsenic a été étudié dans le cadre de l'étude SCENARII-1. La cartographie réalisée pour l'année de référence 2021 met en exergue l'influence de la ZIP de Fos et de la zone industrielle de Lavéra.

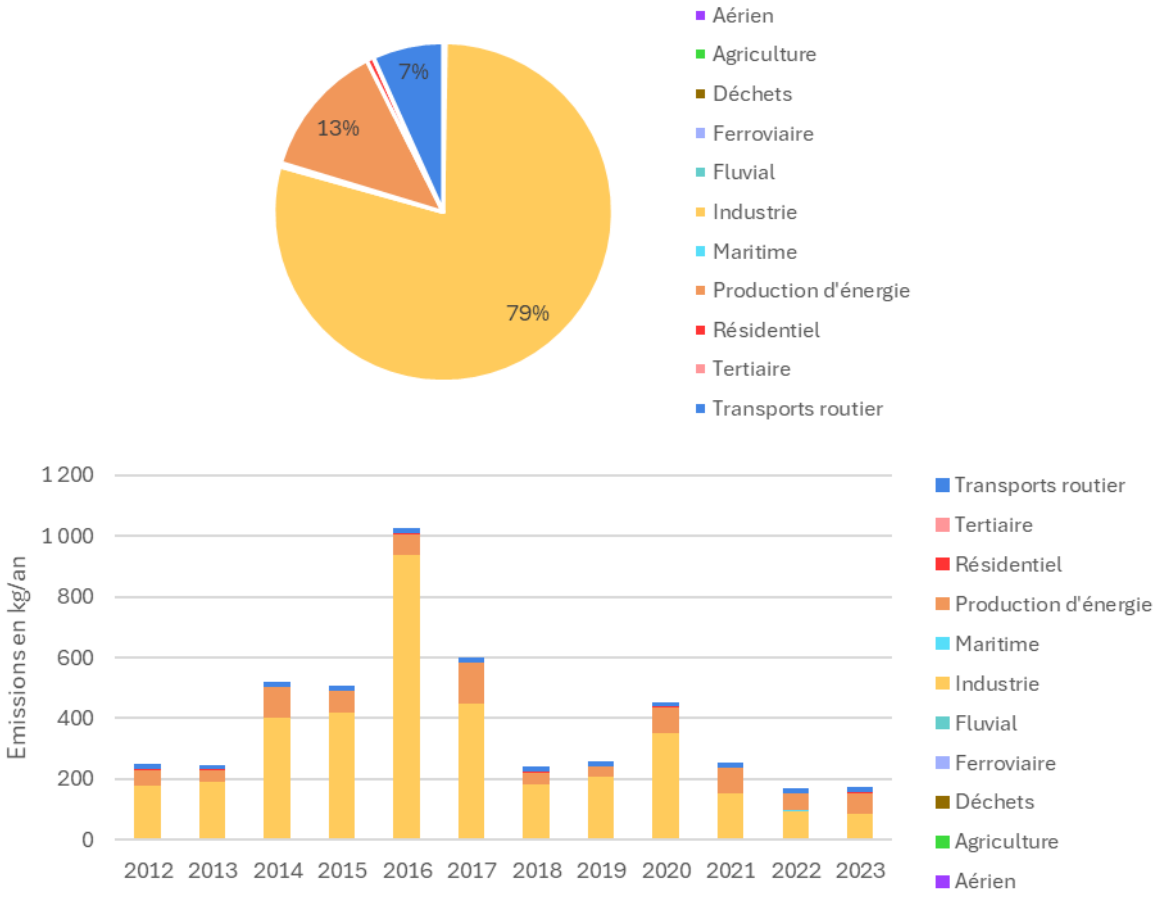
- **Evolution des risques par rapport à 2013**
  - **L'arsenic ne présente pas dans l'étude SCENARII-1 de dépassement du QD.**
  - La VTR sans seuil (cancérigène) a évolué entre les deux études passant de $(4{,}3.10^{-3}\ \mu g/m^3)^{-1}$ à $1{,}5.10^{-4}\ \mu g/m^3)^{-1}$. La VTR retenue en 2021 est près de 29 fois moins contraignante qu'en 2013. **L'arsenic ne présentait pas dans l'étude SCENARII-1 de dépassement de l'ERI pour la VTR sans seuil. Il n'en présente pas non plus dans SCENARII-2.**

X.19 Cadmium

X.19.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 91 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Cd depuis 2012



Source : AtmoSud

Le cadmium est émis principalement par trois secteurs d'activité en 2019 : industrie pour plus de la moitié des émissions, production d'énergie et transports routiers.

Du fait d'une forte variabilité, il n'existe pas de tendance nette d'évolution des émissions de cadmium. Entre 2013 et 2019, les émissions sont stables (+5 %).

X.19.2 Evolution des concentrations en cadmium

Depuis 2015, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 48. Evolution des niveaux de cadmium sur la zone SCENARII

Cadmium (ng/m³)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Fos Carabins	0,13	0,09	0,12	0,09	0,07	0,07	0,06
Port-de-Bouc	0,17	0,15	0,15	0,14	0,11	0,12	0,07
	Hors zone SCENARII						
Marseille Longchamp	0,12	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,06
Septèmes				0,10			
Bouc Bel Air				0,06			
Gardanne	0,08	0,08					

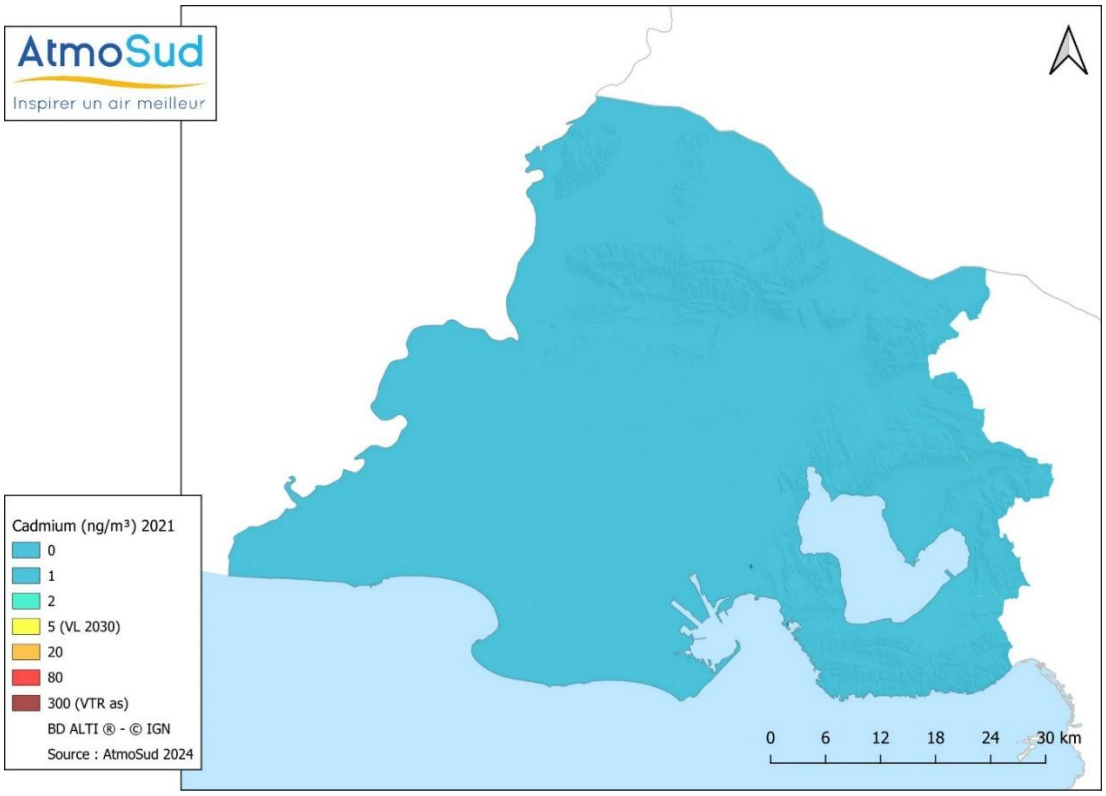
Depuis 2018, les concentrations de cadmium sont stables et faibles sur l'ensemble des sites.

Ces concentrations ont été utilisées pour réaliser la cartographie suivante.

X.19.3 Cartographie des concentrations de cadmium en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (mesures automatiques, moyens mobiles… matérialisés sur la carte ci-dessous par des petites croix grises).

Figure 92 : concentration moyenne annuelle de cadmium en 2021



Les concentrations de cadmium dans l'environnement sont réglementées, avec une valeur cible fixée à 5 ng/m^3 en moyenne annuelle. Ce seuil deviendra une valeur limite en 2030.

En 2021, il n'y a pas de population exposée à des dépassements de la valeur cible fixée à 5 ng/m^3 en moyenne annuelle.

X.19.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

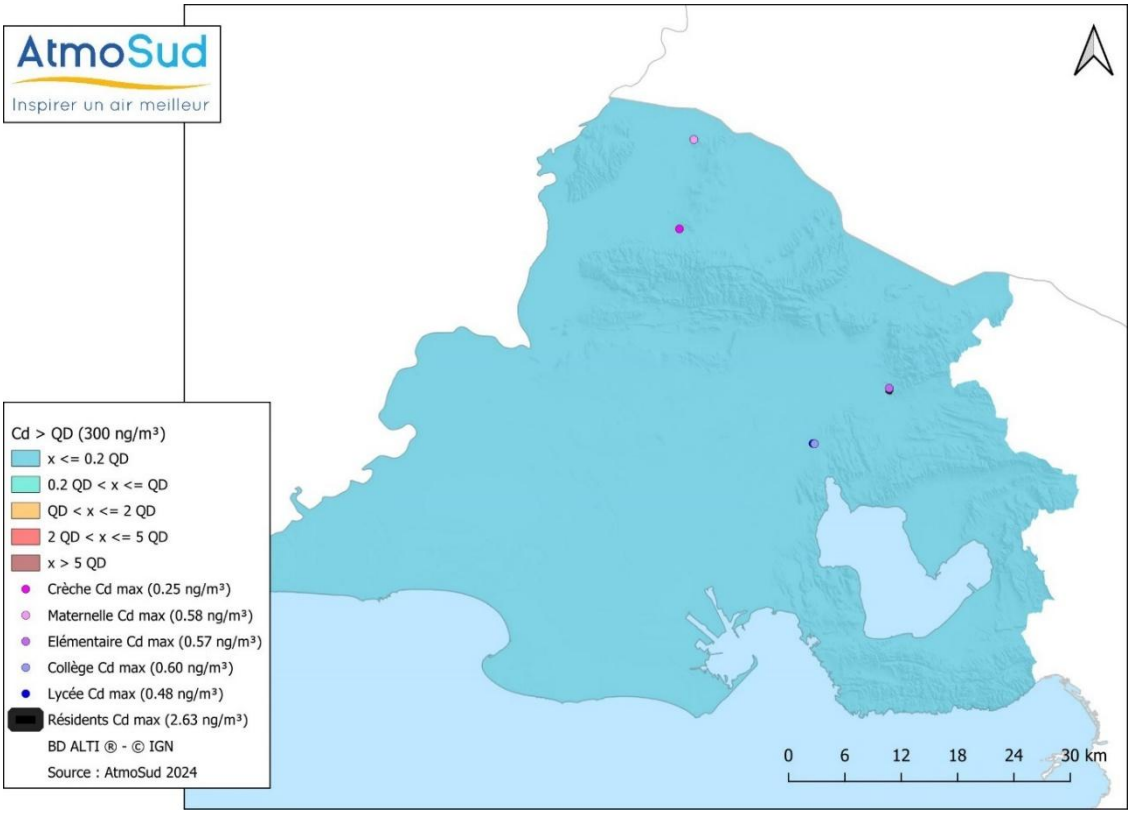
La VTR à seuil de l'arsenic est fixée à 15 µg/m^3 pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 49. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le cadmium en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée QD > 1	Population totale zone
Cadmium	300 ng/m^3	VTR à seuil cancérogène	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,01				

Figure 93 : carte du QD pour le cadmium en 2021



En 2021, le calcul de risque pour le cadmium ne met pas en évidence de dépassement du QD.

X.19.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Il n'y a pas de VTR sans seuil pour le cadmium. Aucune carte n'est donc produite.

X.19.6 Discussions

- **Evolution des concentrations par rapport à 2013**

Le cadmium a été étudié dans SCENARII-1. Les cartographies des concentrations entre 2013 et 2021 reflètent l'une et l'autre les faibles niveaux de pollution de l'air par le cadmium, bien inférieurs à la valeur cible réglementaire (fixée à 5 ng/m^3 en moyenne annuelle).

- **Evolution des risques par rapport à 2013**

Pour les effets cancérogènes, les connaissances relatives au mécanisme d'action cancérogène ont évolué : le cadmium a longtemps considéré comme génotoxique et des VTR sans seuil étaient proposées par plusieurs organismes (US EPA, OEHHA et Santé Canada). En 2012, l'Anses a considéré que les preuves d'un mécanisme d'action cancérogène indirecte étaient suffisantes pour proposer une VTR à effet à seuil pour les effets cancérogènes.

Ainsi l'Anses propose une valeur toxicologique de référence de 0,45 µg/m^3 pour le cadmium, pour une exposition chronique par inhalation à des effets autres que cancérogènes (ANSES, 2012) et une valeur toxicologique de référence de 0,30 µg/m^3 pour le cadmium, pour une exposition chronique par inhalation à des effets cancérogènes (Anses, 2012).

Dans le cadre de SCENARII-1, la VTR de 0,45 µg/m^3 avait été retenue. Dans la mise à jour (SCENARII-2), la valeur la plus contraignante a été retenue soit 0,3 µg/m^3.

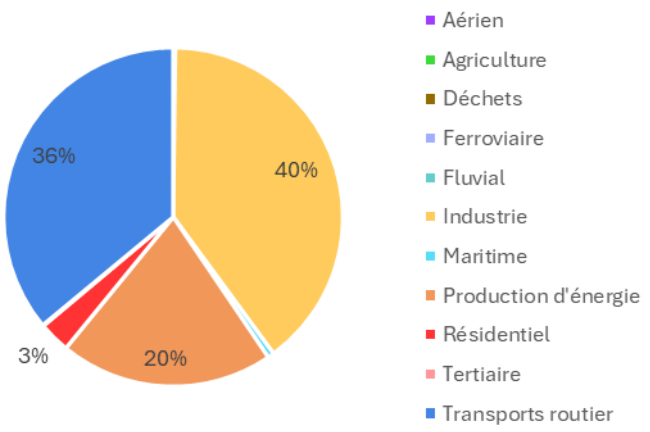
Le cadmium ne présente pas de dépassement du QD ni dans l'étude SCENARII-1 ni dans SCENARII-2.

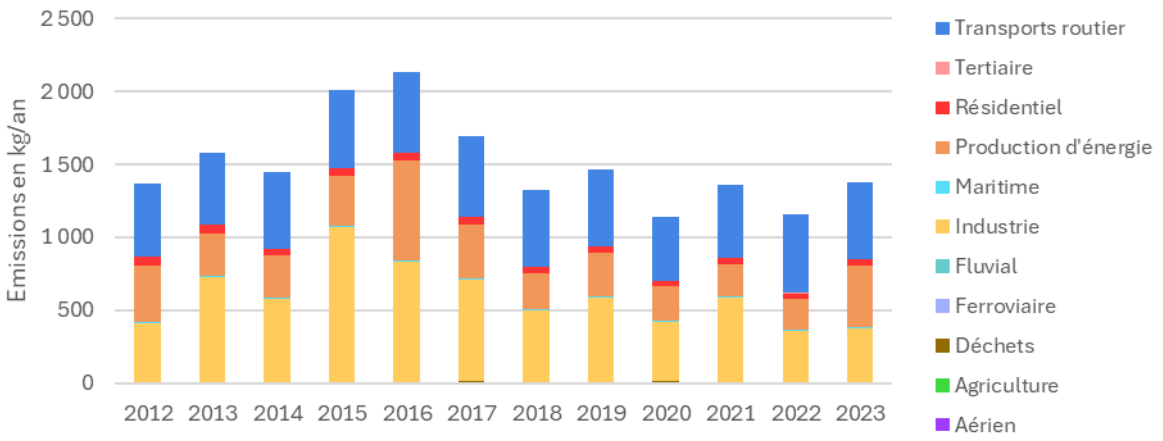
X.20 Chrome

X.20.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 94 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Cr depuis 2012





Source : AtmoSud

En 2019, le chrome est émis majoritairement par trois secteurs d'activité : industrie, transport routier et production d'énergie.

Les émissions de chrome varient d'une année sur l'autre, sans tendance nette.

X.20.2 Evolution des concentrations de chrome total dans l'air

Dans le cadre de SCENARII-1, une campagne de mesure de 4 à 10 semaines de prélèvements a été mise en œuvre entre septembre 2011 et août 2012.

Depuis 2019, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 50. Evolution des niveaux de chrome total depuis 2011-2012 sur la zone SCENARII

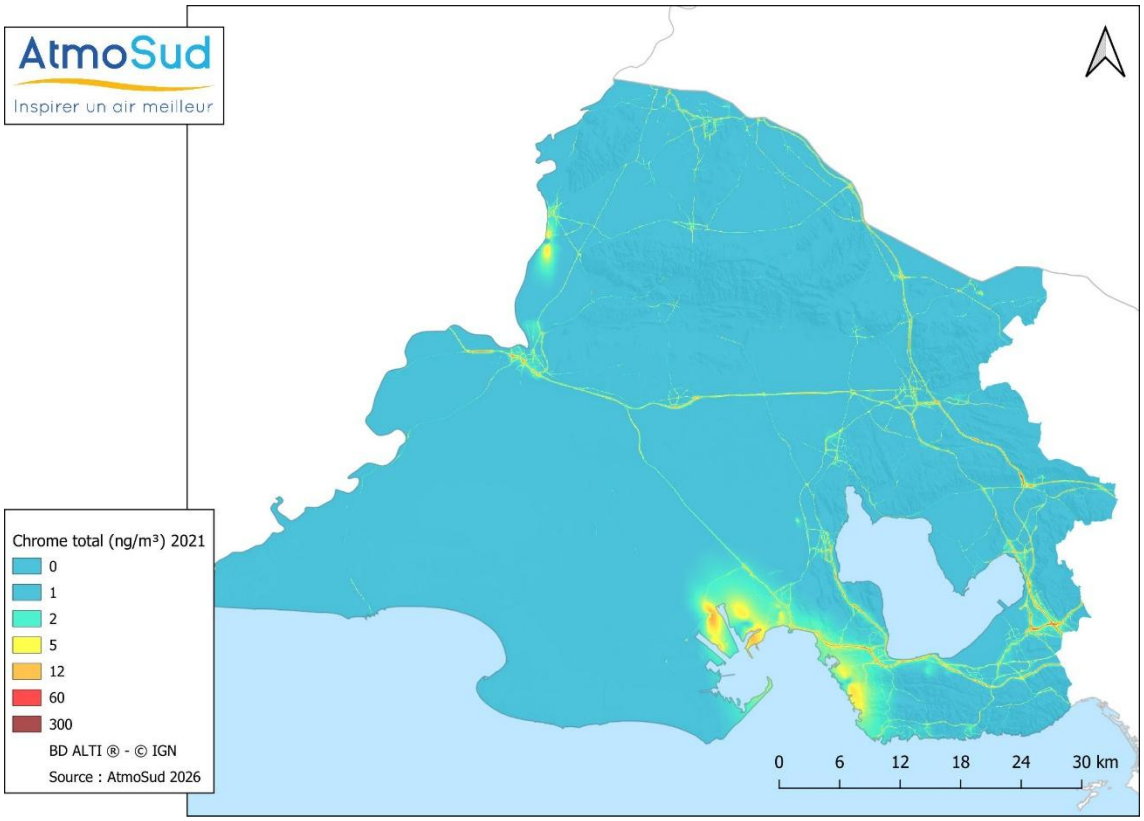
Chrome total (ng/m³)	2011-2012	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Arles	1,7						
Berre	2,6						
Châteauneuf	1,9						
Fos Carabins	2	2.3	2.5	1.9	1.8	1,5	1,6
Port-de-Bouc	3,6	3.1	2.7	2.8	2.8	2,7	2,2
Hors zone SCENARII							
Marseille Longchamp		3,8	2,3	3,2	2,9	2,6	2,7
Septèmes				1,9			
Bouc Bel Air				2			

Entre 2021 et 2011-2012, les concentrations de chrome total ont baissé de 6 à 20 % sur, respectivement, les sites de Fos Carabins et Port-de-Bouc.

X.20.3 Cartographie des concentrations de chrome total en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire et reportées dans le Tableau 50.

Figure 95 : cartographie du chrome total en 2021 - Zone SCENARII - source : AtmoSud



Il existe sous plusieurs degrés d'oxydation du chrome, que sont principalement le chrome « III » (trivalent) et le chrome « VI » (hexavalent). Ces deux degrés d'oxydation présentant une toxicité différente, ils sont traités de manière séparée, et disposent de valeurs toxicologiques de référence spécifiques à chacun.

Les concentrations de chrome III et chrome VI dans l'environnement ne sont pas réglementées.

Il est usuel de considérer que 10 % du chrome total se trouve sous la forme hexavalente. Ainsi, Cette répartition sera conservée pour déterminer les flux des deux formes de chrome concernées :

- Chrome III : 90 % du chrome total
- Chrome VI : 10 % du chrome total

Une récente étude de l'INERIS de janvier 2020 considère, dans une optique majorante, que 30% du chrome total se trouve sous la forme hexavalente (source : https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Rapport-Ineris-18-173822-0468B_chrome%20hexavalent%20v1.0.pdf – page 42).

La bibliographie mentionne des ratios chrome VI / chrome total très variables. Devant l'absence de consensus sur ce ratio et à l'instar des autres polluants étudiés, des mesures de chrome VI ont été envisagées courant 2025. Toutefois la méthodologie d'échantillonnage du chrome VI n'est pas stabilisée en air ambiant du fait de la réactivité du chrome VI et aucune méthode ne fait aujourd'hui

consensus. Les essais de mesure ont été infructueux et les résultats de la campagne de mesure ont été invalidés.

X.20.4 Discussions

De ce fait, dans le cadre de cette étude, l'impact sanitaire du chrome ne sera pas développé ici et sera présenté dans le chapitre XII.7.

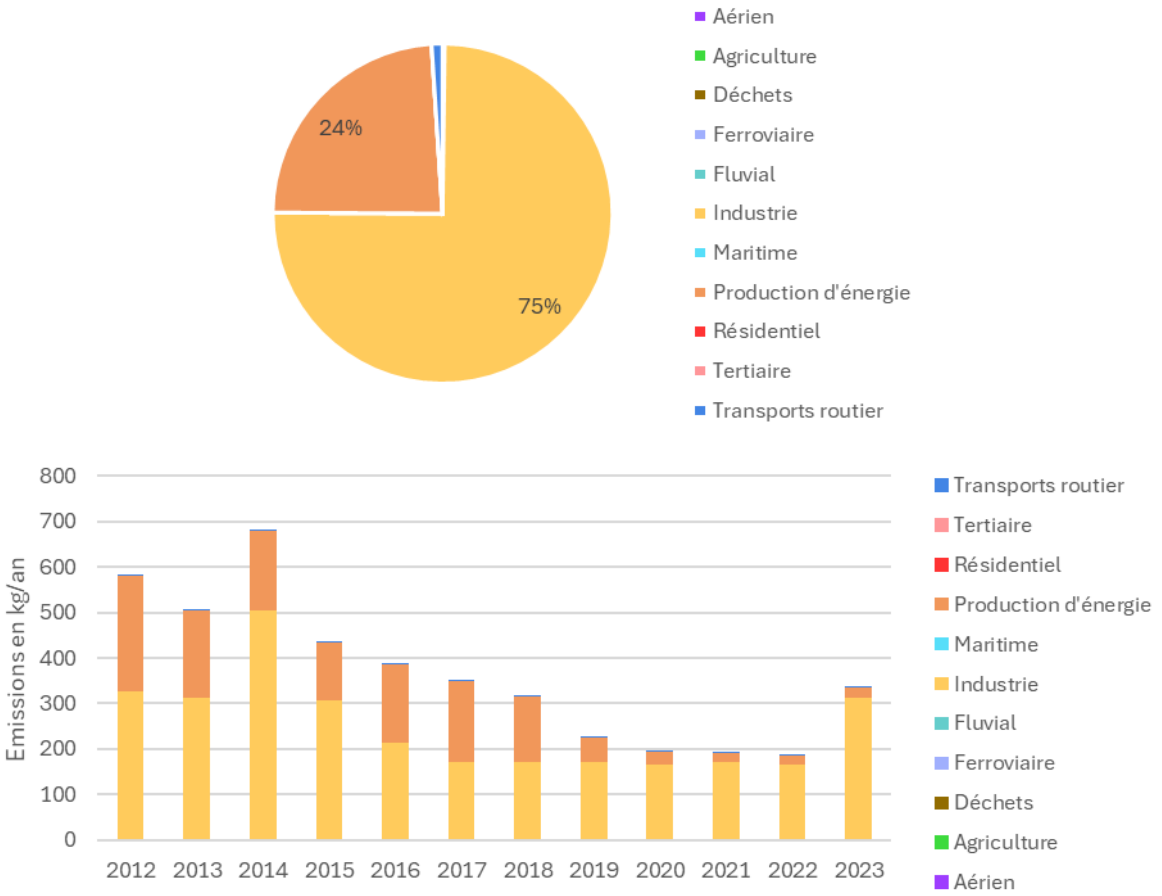
AtmoSud propose d'œuvrer au niveau national pour la mise au point d'une méthode d'échantillonnage du chrome 6 dans l'air ambiant, en particulier en collaboration avec les Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air et le Laboratoire Centrale de Surveillance de la Qualité de l'air.

X.21 Cobalt

X.21.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 96 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Cobalt depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le cobalt est émis aux trois quarts par l'industrie et pour un quart par la production d'énergie. Entre 2010 et 2019, une baisse de -55 % des émissions de cobalt est observée, poussée par une chute de -72 % des émissions de la production d'énergie et une baisse significative des émissions industrielles

(-46 %).

X.21.2 Evolution des concentrations en cobalt

Depuis 2015, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 51 : Evolution des niveaux de cobalt sur la zone SCENARII

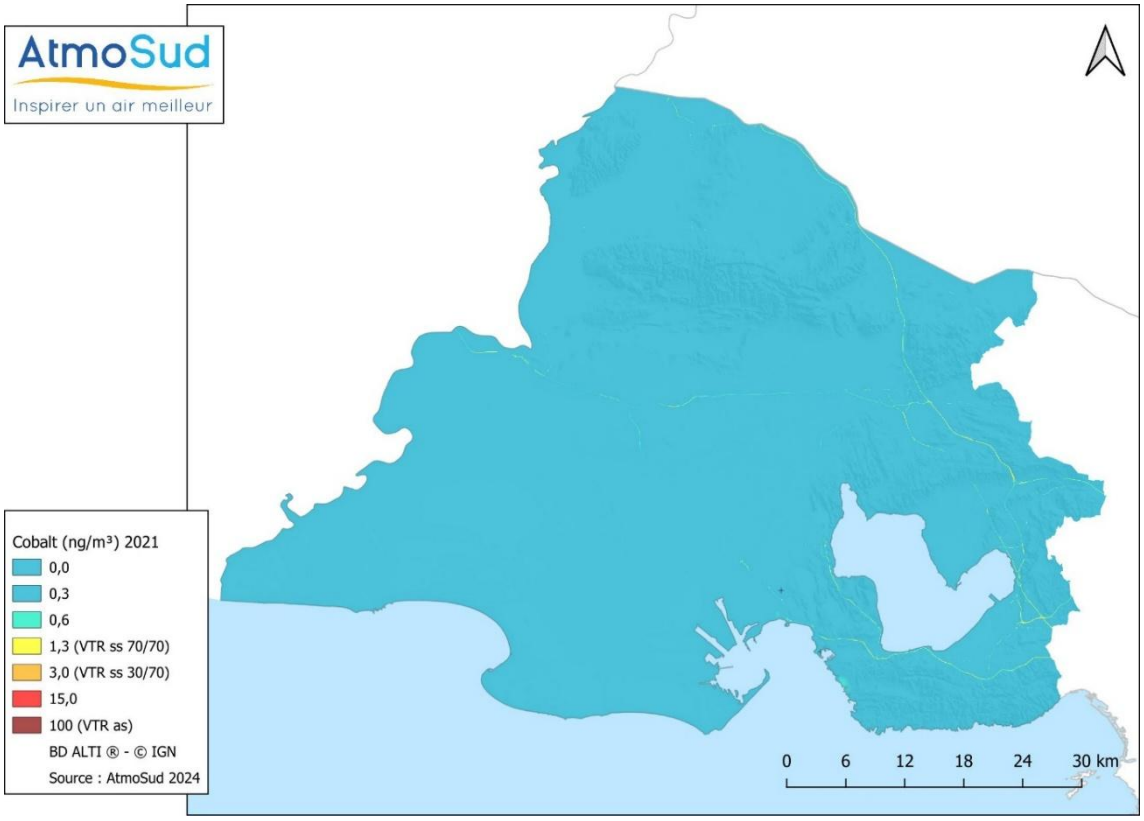
Cobalt (ng/m³)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Fos Carabins	0,20	0,17	0,08	0,10	0,14	0,09	0,10
Port-de-Bouc	0,22	0,19	0,14	0,14	0,16	0,11	0,11
	Hors zone SCENARII						
Marseille Longchamp	0,24	0,19	0,15	0,15	0,16	0,12	0,13
Septèmes				0,08			
Bouc Bel Air				0,10			

Depuis 2018, les concentrations de cobalt sont en baisse de 37 à 50 % sur les sites de Fos Carabins et Port-de-Bouc. **Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.**

X.21.3 Cartographie des concentrations de cobalt en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire et reportées dans le Tableau 51.

Figure 97 : concentration moyenne annuelle de cobalt en 2021



Les concentrations de cobalt dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.21.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

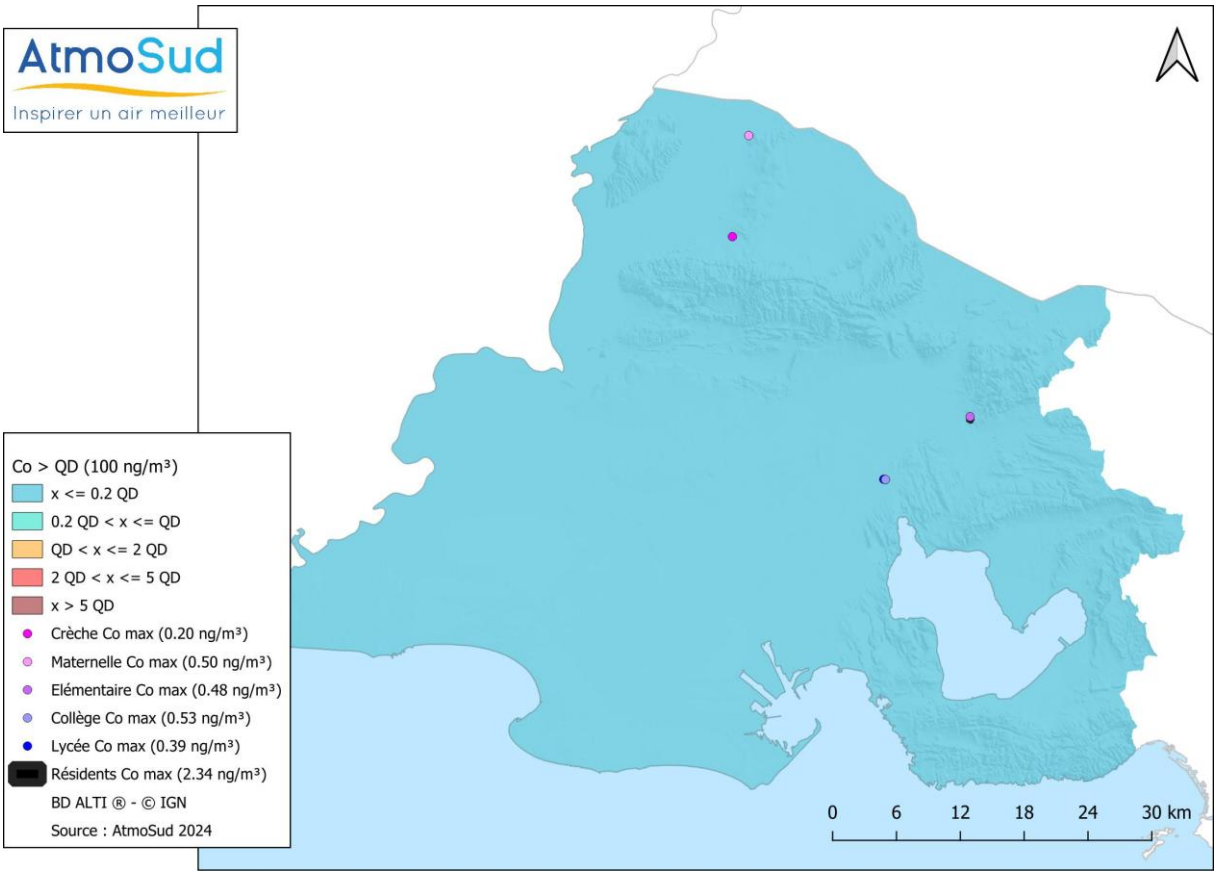
La VTR à seuil du cobalt fixée à 0.1 µg/m³ en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un risque sanitaire chronique significatif pour les effets à seuil liés à l'inhalation. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 52. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le cobalt en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Cobalt	0,1 µg/m³ ou 100 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,02				

Figure 98 : carte du QD pour le cobalt en 2021



En 2021, le calcul de risque pour le cobalt ne présente pas de dépassement du QD.

X.21.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Chez l'homme, par inhalation, l'exposition au cobalt seul ou en co-exposition avec d'autres métaux se caractérise par des effets respiratoires (diminution de la ventilation pulmonaire, râles respiratoires, œdème pulmonaire, alvéolite allergique, fibrose), cardiovasculaires (insuffisance cardiaque, cardiomyopathie), hématologiques (polyglobulie).

Le cobalt est classé cancérogène de catégorie 1B par l'Union Européenne en 2019 (source : https://substances.ineris.fr/substance/7440-48-4).

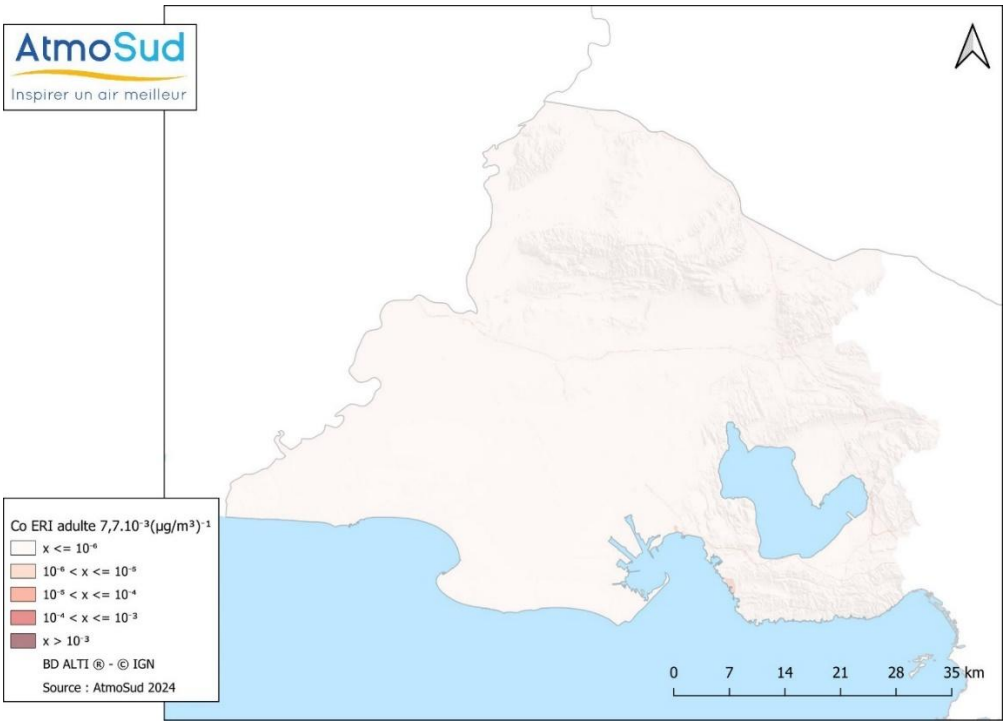
La VTR sans seuil du cobalt est fixée à $7{,}7.10^{-3}(\mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant présente la population riveraine sur-exposée à un excès de risque de 10^{-5} pour le cobalt :

Tableau 53. Population exposée aux dépassements de la VTR sans seuil pour le cobalt

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}	Population exposée ERI > 10^{-4}
Substance : cobalt			
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	< 100 habitants vie entière	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 habitant	0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant	0 enfant

Figure 99 : carte de l'ERI pour le cobalt en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul de risque pour le cobalt ne met pas en évidence de dépassement de l'ERI pour les scénarios Adulte riverain et enfant riverain (valeur repère de 10^{-5}).

Pour le scénario majorant, le calcul de risque effectué présente un dépassement de l'ERI (valeur repère de 10^{-5}).concernant moins de 100 habitants (95) situés le long des axes routiers et autour des zones industrielles.

X.21.6 Discussion

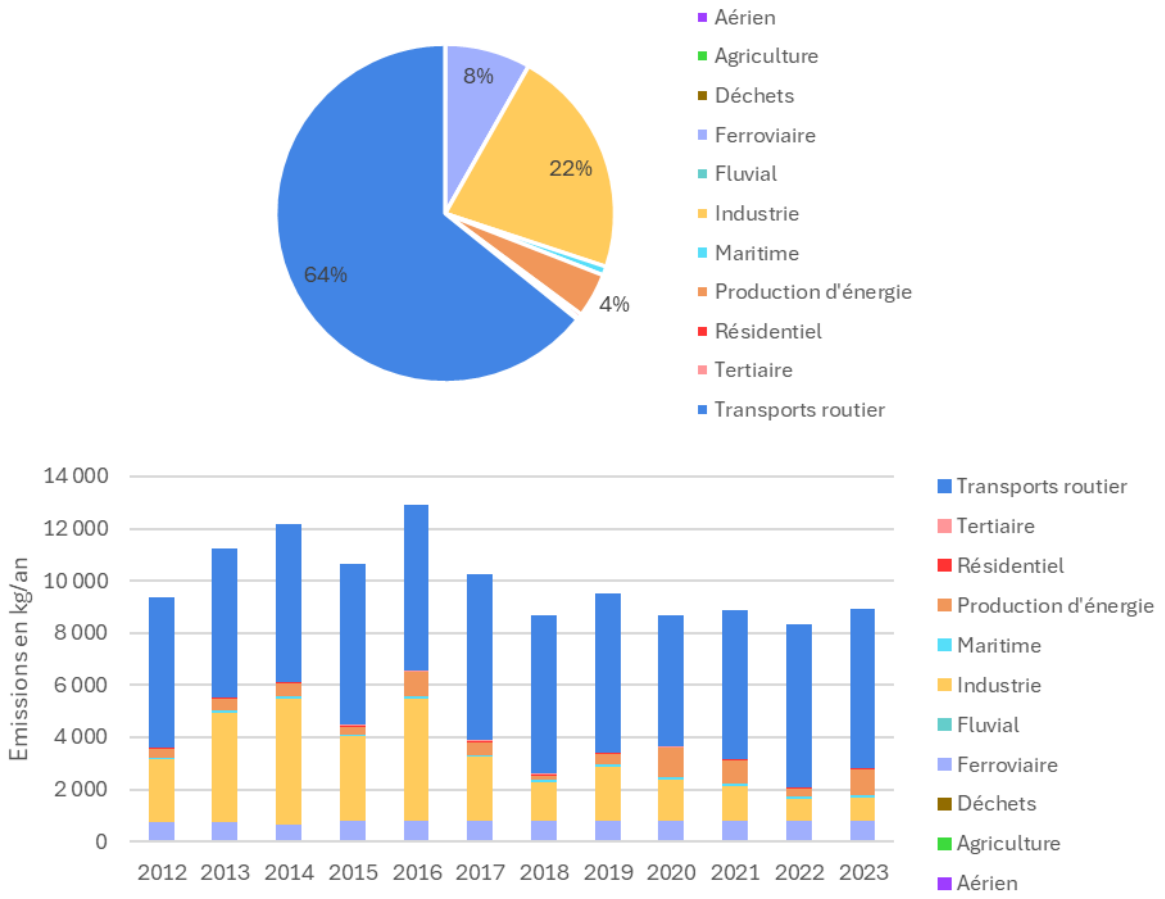
L'exposition des populations à ce métal par inhalation chronique n'a pas été évaluée dans le cadre de SCENARII-1.

X.22 Cuivre

X.22.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 100 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Cu depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le cuivre est émis majoritairement par les transports routiers, l'industrie et le transport ferroviaire.

Entre 2013 et 2019, une baisse globale de 16 % des émissions est observée. Cette tendance est conduite par une baisse des émissions de 51 % de l'industrie, une stabilité du ferroviaire (+5 %) et une légère hausse du transport routier (+7 %).

X.22.2 Evolution des concentrations de cuivre

Depuis 2015, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 54. Evolution des niveaux de cuivre sur la zone SCENARII

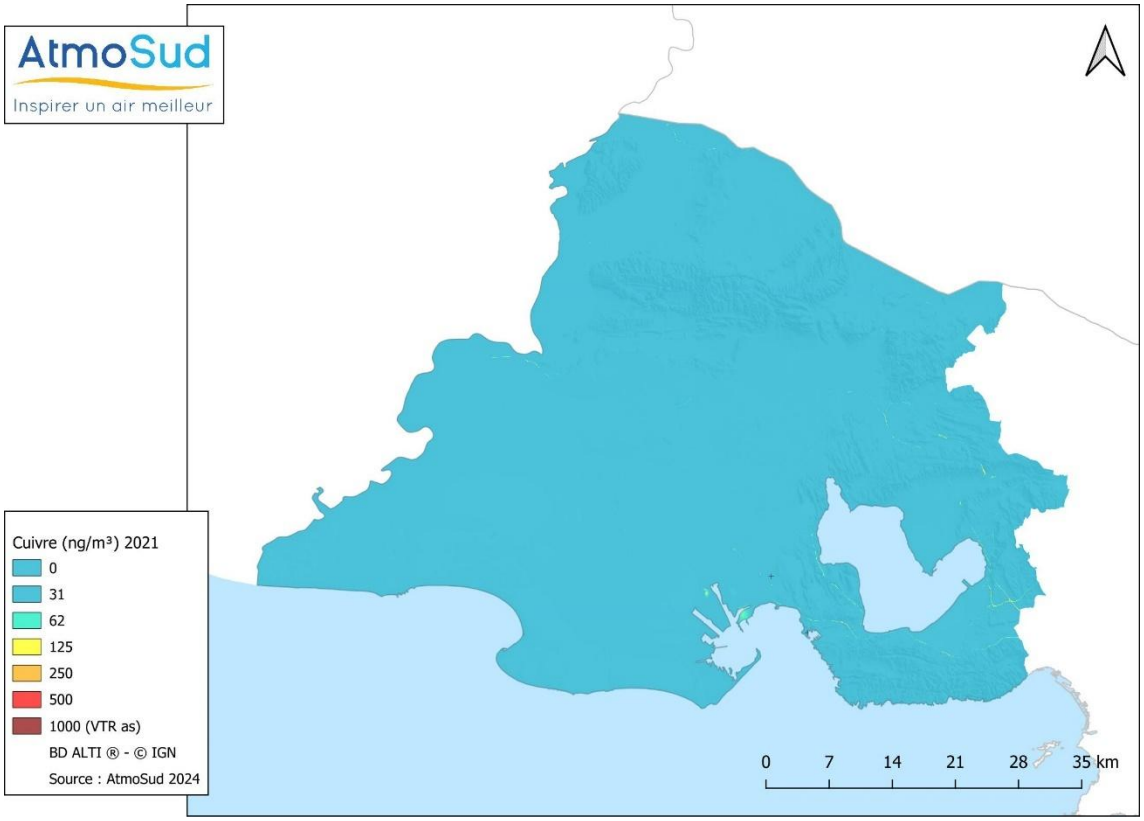
Cuivre (ng/m³)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Fos Carabins	7,20	5,78	4,41	4,76	11,52	4,65	4,47
Port-de-Bouc	7,69	7,72	6,00	6,15	6,39	5,57	5,41
Port-Saint-Louis					4,82		
	Hors zone SCENARII						
Marseille Longchamp	16,53	15,62	11,85	14,13	13,17	13,27	11,61
Septèmes				9,41			
Bouc Bel Air				9,70			

Depuis 2018, les concentrations de cuivre sont en baisse de 20 à 30 % sur les sites de Fos Carabins et Port-de-Bouc. **Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.**

X.22.3 Cartographie des concentrations de cuivre en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire et reportées dans le Tableau 54.

Figure 101 : concentration moyenne annuelle de cuivre en 2021



Les concentrations de cuivre dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.22.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

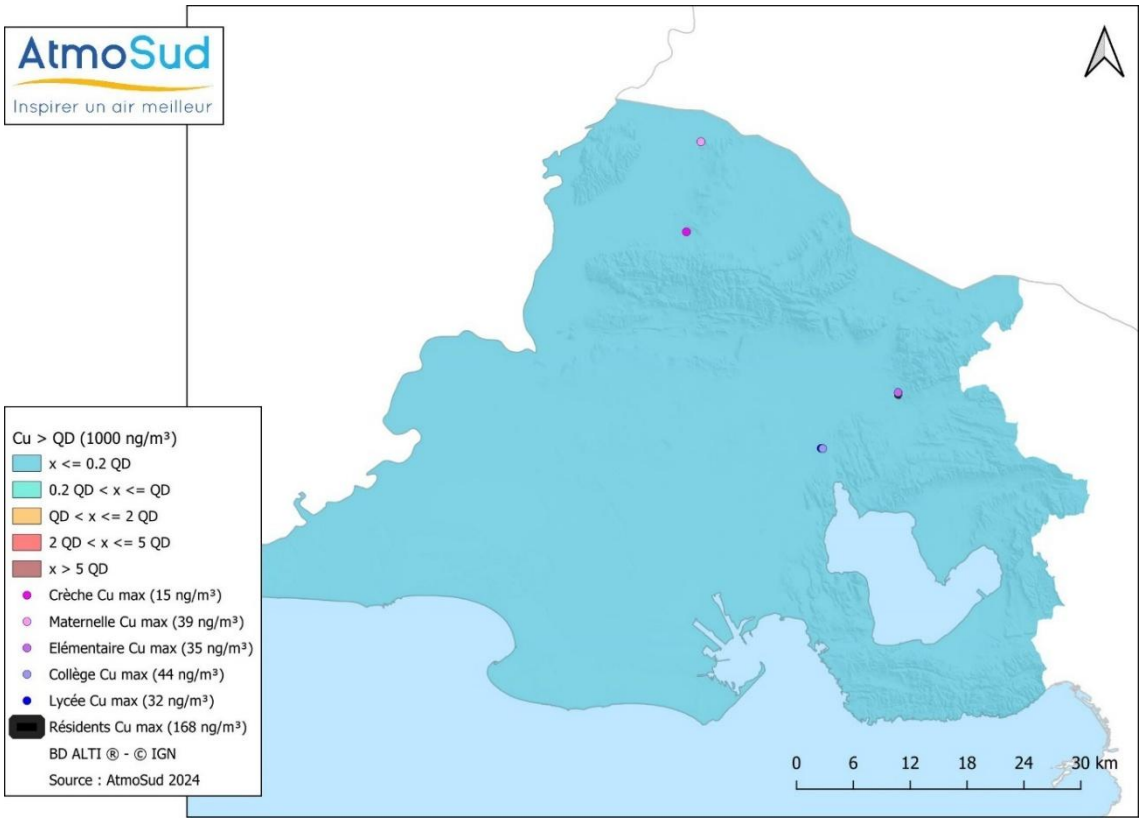
La VTR à seuil du cuivre est fixée à 1 µg/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 55. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le cuivre en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée QD > 1	Population totale zone
Cuivre	1 µg/m³ ou 1000 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,17				

Figure 102 : carte du QD pour le cuivre en 2021



En 2021, le calcul de risque pour le cuivre ne présente pas de dépassement du QD.

X.22.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Il n'y a pas de VTR sans seuil pour le cuivre. Aucune carte n'est donc produite.

X.22.6 Discussions

- **Evolution des concentrations par rapport à 2013**

Le cuivre a été étudié dans SCENARII-1.

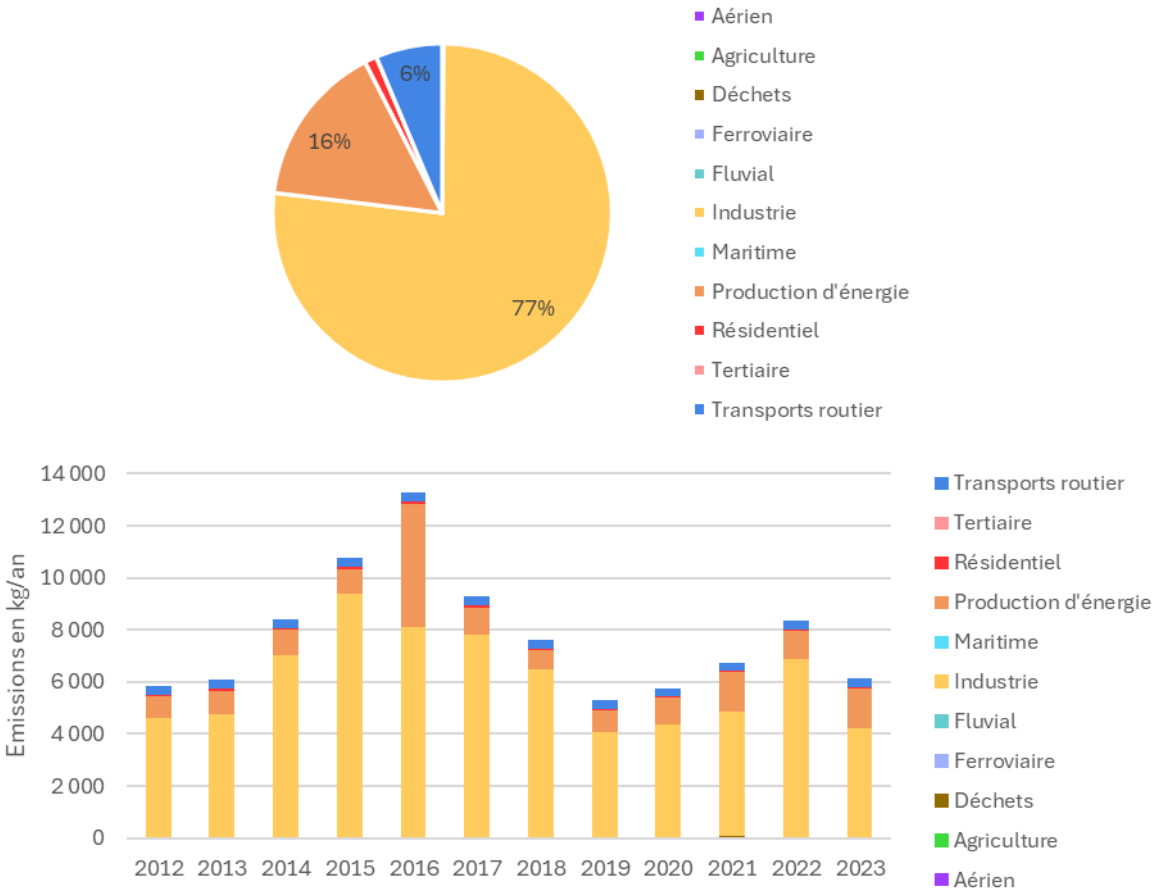
En 2013 comme en 2021, il n'y a pas de risque sanitaire pour les populations riveraines pour l'exposition au cuivre pour les effets à seuil.

X.23 Manganèse

X.23.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 103 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Mn depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le manganèse est émis majoritairement par l'industrie, suivie de la production d'énergie.

Entre 2013 et 2019, un observe une baisse de -12%, mais avec un pic intermédiaire en 2016. Il n'y a pas de tendance nette pour les émissions de ce métal.

X.23.2 Evolution des concentrations de manganèse

Depuis 2015, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 56. Evolution des niveaux de de manganèse depuis 2018 sur la zone SCENARII

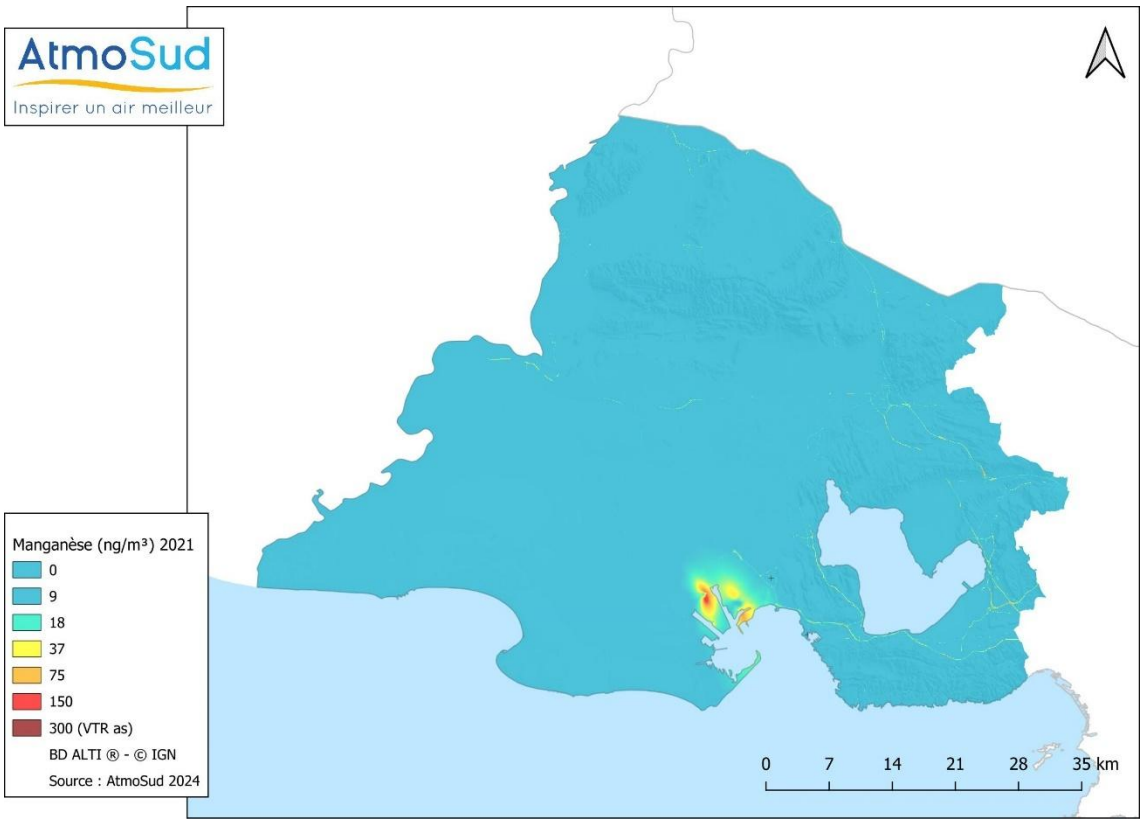
Manganèse (ng/m³)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Fos Carabins	10,52	11,10	6,05	7,67	8,37	6,74	5,96
Port-de-Bouc	9,19	11,27	7,75	8,27	8,85	7,82	5,87
	Hors zone SCENARII						
Marseille Longchamp	6,77	6,48	5,08	6,65	6,60	5,61	5,73
Septèmes				4,21			
Bouc Bel Air				5,29			

Depuis 2018, les concentrations de manganèse sont en baisse sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc. **Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.**

X.23.3 Cartographie des concentrations de manganèse en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire et reportées dans le Tableau 56.

Figure 104 : concentration moyenne annuelle de manganèse en 2021



Les concentrations de manganèse dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.23.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

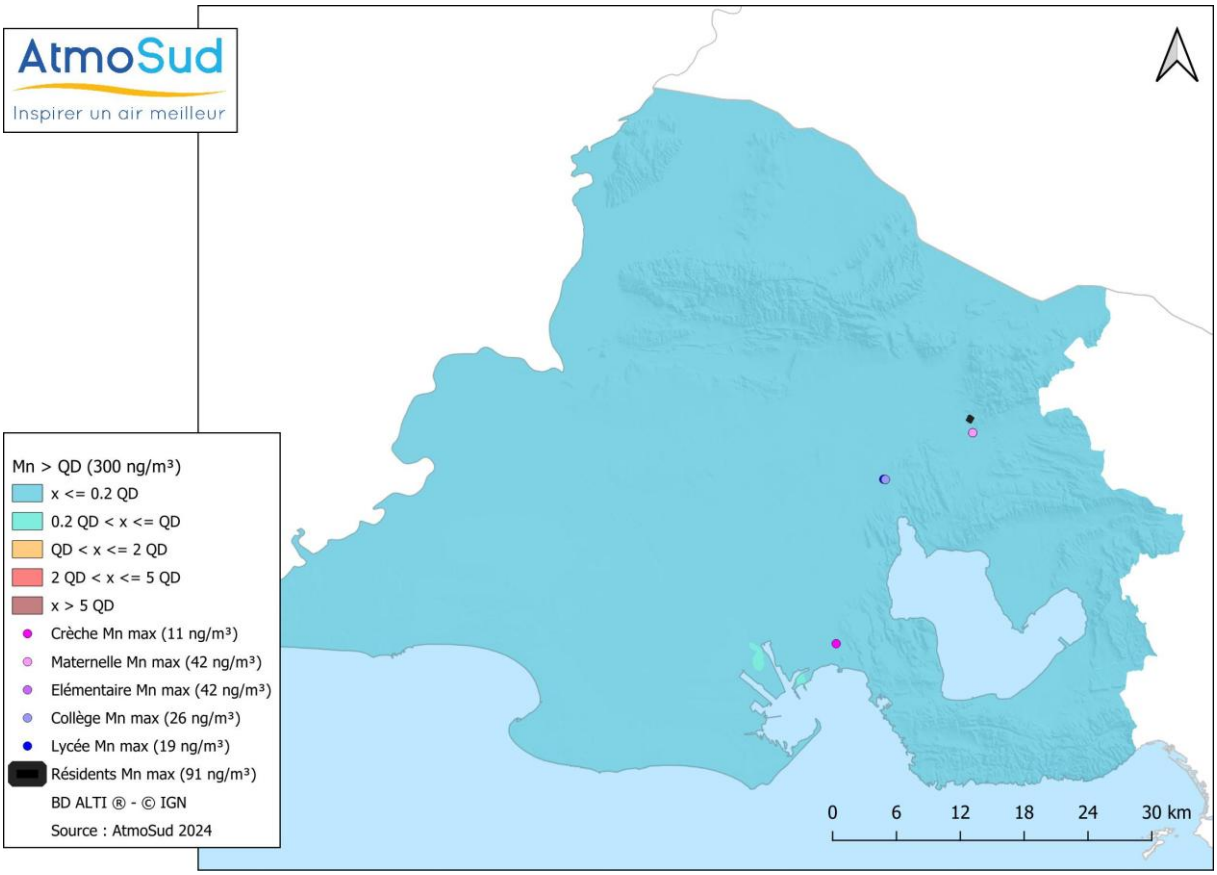
La VTR à seuil du manganèse est fixée à 0.3 µg/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 57. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le manganèse en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Manganèse	0.3 µg/m³ ou 300 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,3				

Figure 105 : carte du QD pour le manganèse en 2021



En 2021, le calcul de risque pour le manganèse ne présente pas de dépassement du QD.

X.23.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Il n'y a pas de VTR sans seuil pour le manganèse. Aucune carte n'est donc produite.

X.23.6 Discussions

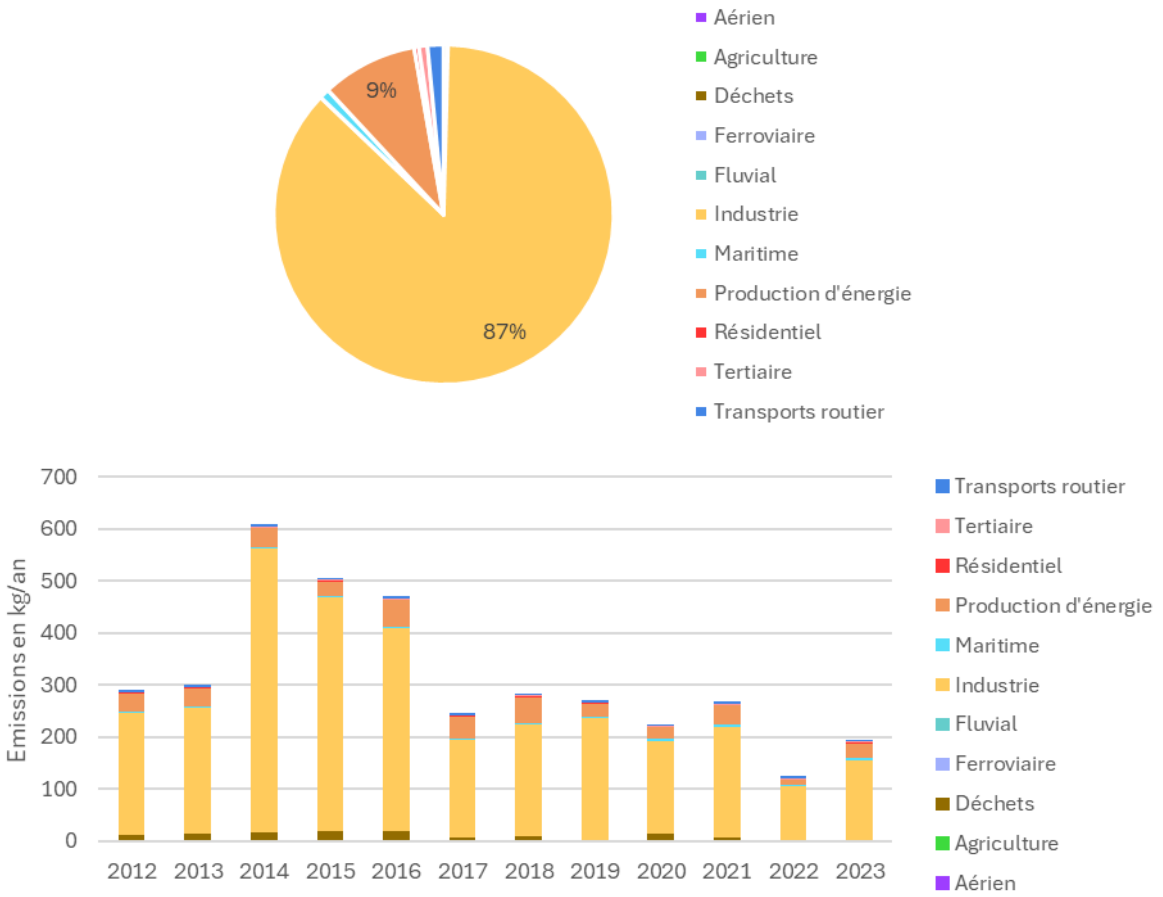
Ce polluant métallique n'a pas été étudié dans SCENARII-1.

X.24 Mercure

X.24.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 106 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Hg depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le mercure est émis très majoritairement par l'industrie et marginalement par la production d'énergie.

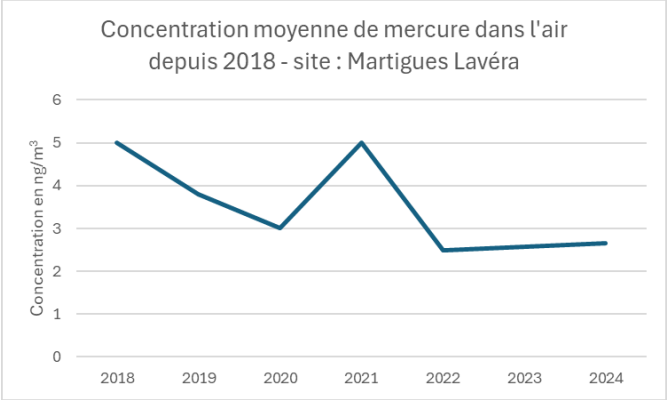
Entre 2010 et 2019, une baisse de -10 % des émissions est observée, liée à la diminution des émissions de la production d'énergie.

X.24.2 Evolution des concentrations de mercure

Sur le site de Martigues Lavéra, la mesure du mercure gazeux est assurée en automatique depuis 2017.

La moyenne annuelle en 2021 est de 5 ng/m^3. L'évolution des moyennes annuelles sur le site de mesure de Martigues Lavéra met en évidence que l'année 2021 est une année singulière avec des concentrations plus importantes en lien avec des travaux de démantèlement des ateliers mercure sur la plateforme.

Figure 107 : évolution des concentrations moyennes en mercure gazeux *sur le site de Martigues Lavéra depuis 2018*



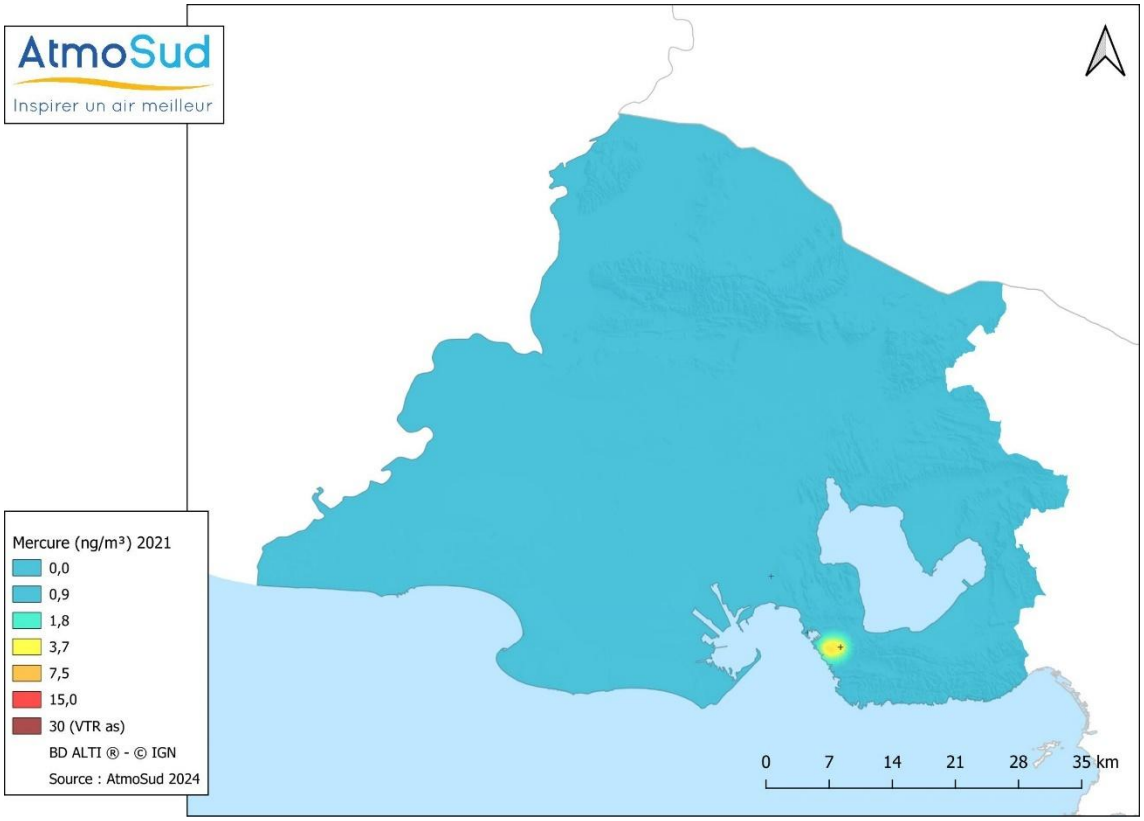
De ce fait, pour rester conforme par rapport à l'année de référence prise en compte pour les autres polluants, la cartographie et l'étude de risque sera menée sur l'année 2021.

Une mise à jour 2023 sera proposée en chapitre X.24.6.

X.24.3 Cartographie des concentrations de mercure en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire et reportées dans le chapitre précédent.

Figure 108 : concentration moyenne annuelle de mercure en 2021



Les concentrations de mercure dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.24.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

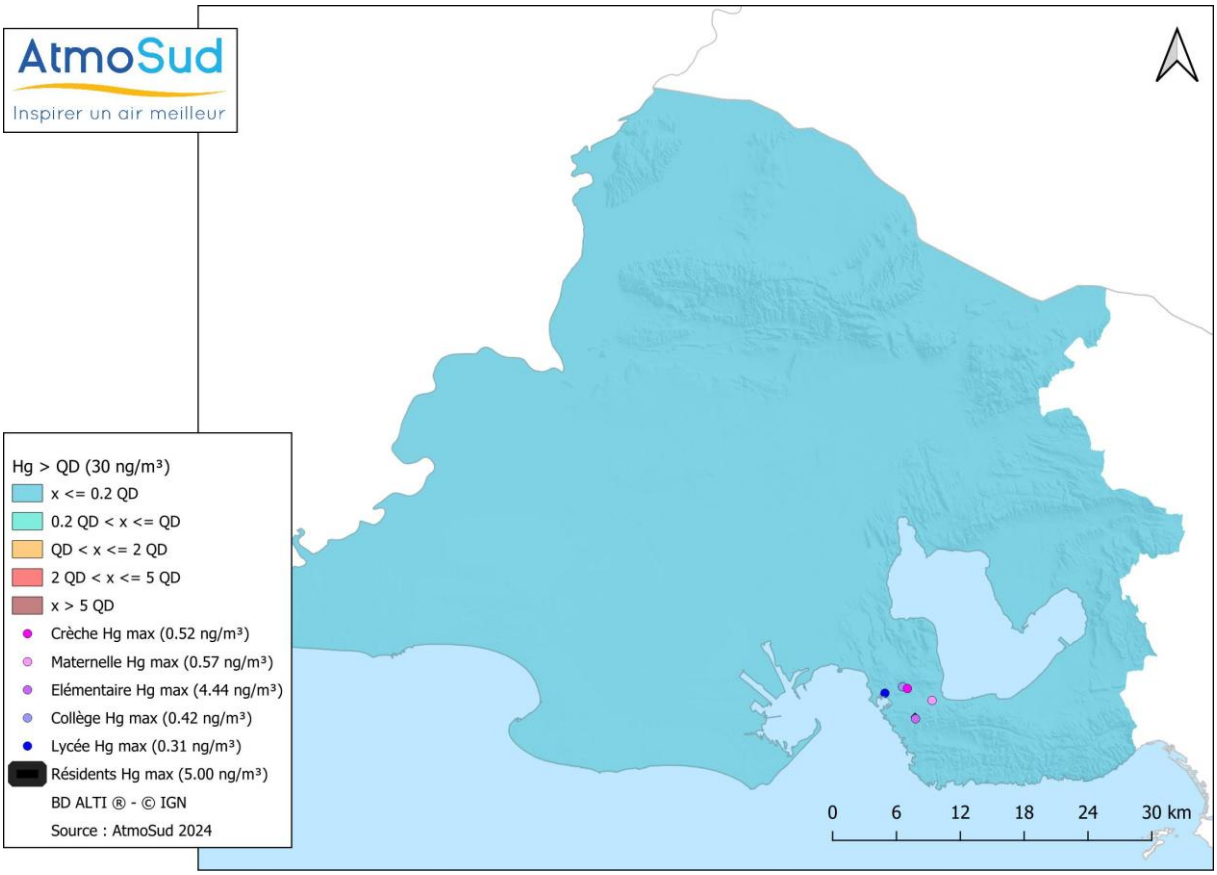
La VTR à seuil du mercure est fixée à 30 ng/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 58. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le mercure en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée QD > 1	Population totale zone
Mercure	30 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,17				

Figure 109 : carte du QD pour le mercure en 2021



En 2021, le mercure ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

X.24.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Il n'y a pas de VTR sans seuil pour le mercure. Aucune carte n'est donc produite.

X.24.6 Discussions

- **Evolution des concentrations par rapport à 2013**

Le site de Martigues Lavéra suit depuis 2017 en automatique les niveaux de mercure gazeux dans l'air ambiant permettant ainsi une correction fine des cartographies. Les concentrations moyennes annuelles évoluent à la baisse et sont inférieures à 3 ng/m^3 depuis 2022.

- **Evolution des risques par rapport à 2013**

Le mercure dispose d'une VTR chronique par inhalation à seuil de 30 ng/m^3. Elle est inchangée depuis 2015. Une comparaison entre les deux exercices est donc possible.

Le calcul de risque sur le mercure ne met pas en évidence dans les études SCENARII-1 et SCENARII-2, de dépassement du QD.

- **Diminution des concentrations dans l'air de mercure gazeux depuis 2022 sur le site de Martigues Lavéra**

Le suivi en continu des niveaux de mercure gazeux engagé depuis 2017 sur le site de Martigues Lavéra met en exergue une diminution significatif des niveaux à partir de 2022. Le démantèlement des ateliers mercuriels sur la plateforme de Lavéra ayant eu lieu en 2021.

La correction de la cartographie des concentrations dans l'air de mercure gazeux avec les mesures a donc un impact non négligeable sur les résultats. Il est proposé ici une cartographie des concentrations de mercure gazeux corrigée avec les mesures 2023.

Figure 110 : Comparaison des cartographies des concentrations moyennes annuelles de mercure gazeux en 2021

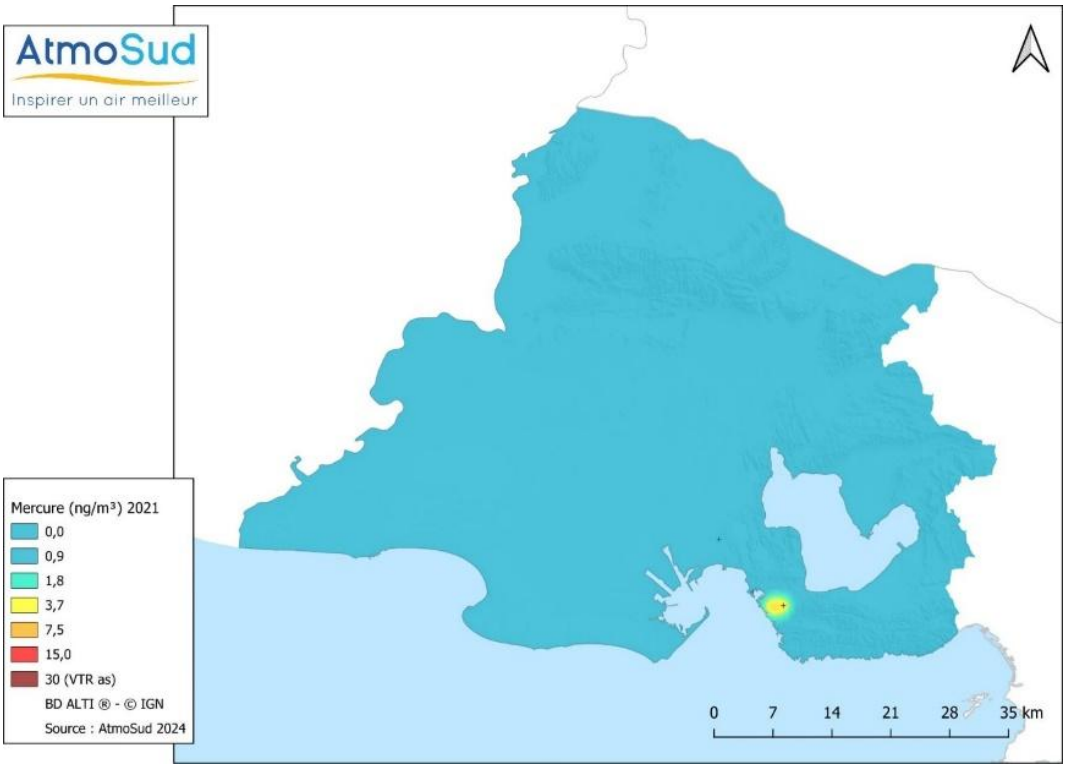
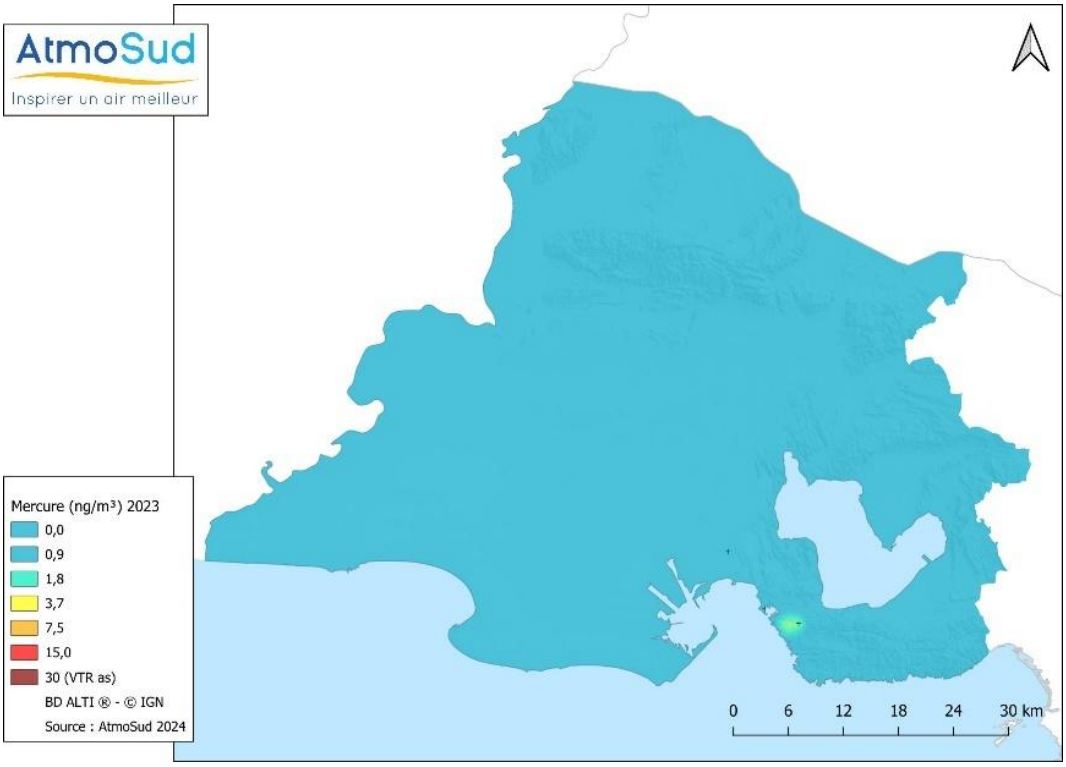


Figure 111 : Comparaison des cartographies des concentrations moyennes annuelles de mercure gazeux en 2023



La réduction des émissions et l'évolution des concentrations moyennes annuelles dans l'air du mercure gazeux ont un impact sur les résultats. Le mercure ne présente pas de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

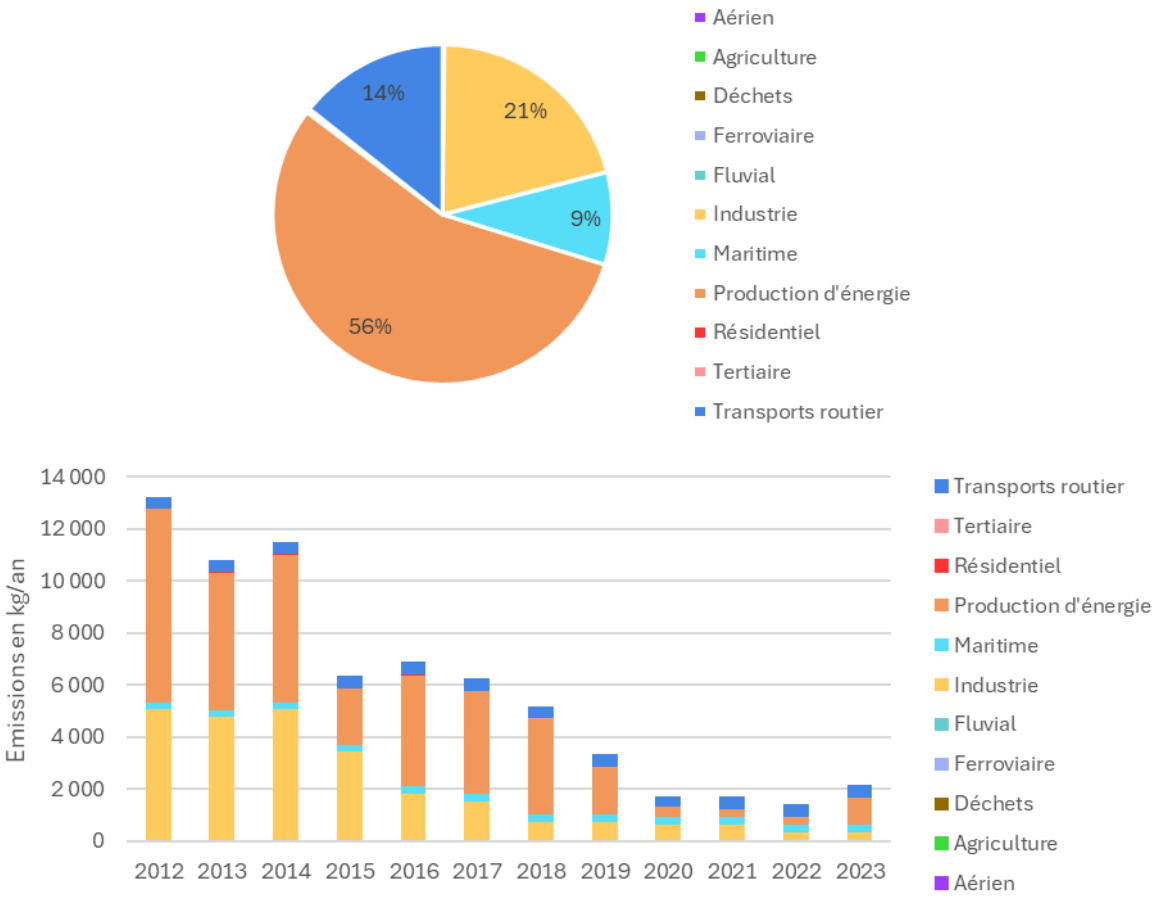
Dans le calcul du risque cumulé, les résultats 2023 seront pris en compte.

X.25 Nickel

X.25.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 112 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Ni depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le nickel est émis majoritairement par la production d'énergie, suivie de l'industrie.

Entre 2012 et 2019, une forte baisse des émissions (-69 %) est observée : -85 % pour l'industrie, -65 % pour la production d'énergie.

X.25.2 Evolution des concentrations en nickel

Depuis 2015, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 59. Evolution des niveaux de nickel sur la zone SCENARII – en rouge l'année de référence de l'étude

Nickel (ng/m³)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Fos Carabins	2,19	1,67	-	2,19	1,75	0,96	0,96	1,40	0,96	0,87
Port-de-Bouc			-	3,61	2,62	1,60	1,36	1,73	1,36	1,35
Port-Saint-Louis										
				Hors zone SCENARII						
Marseille Longchamp	3,72	2,72	-	2,47	2,31	1,26	1,52	1,65	1,37	1,29
Septèmes							0,57			
Bouc Bel Air							1,03			

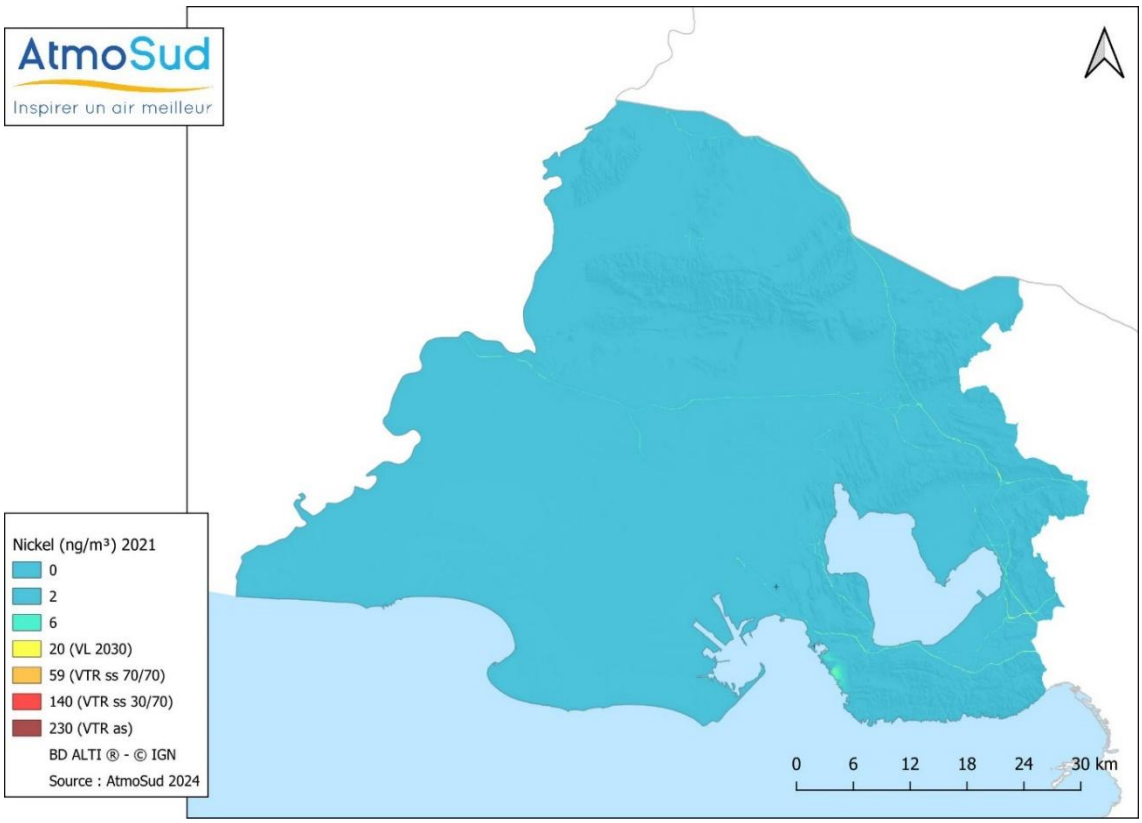
Depuis 2018, les concentrations de nickel sont en baisse significative sur l'ensemble des stations de surveillance. La valeur cible fixée à 20 ng/m³ en moyenne annuelle est respectée sur tous les sites et pour toutes les années de surveillance.

Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.

X.25.3 Cartographie des concentrations de nickel en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire et reportées dans le Tableau 59.

Figure 113 : concentration moyenne annuelle de nickel en 2021



Le nickel est un polluant réglementé dans l'air ambiant dont la valeur limite 2010 est fixée à 20 ng/m^3 en moyenne annuelle.

En 2021, aucune station de mesure ne dépasse la valeur limite 2010 du nickel fixée à 20 ng/m^3 en moyenne annuelle.

X.25.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

La VTR à seuil du nickel fixée à 0.23 µg/m^3 pour une exposition chronique par inhalation.

Figure 114 : carte du QD pour le nickel en 2021

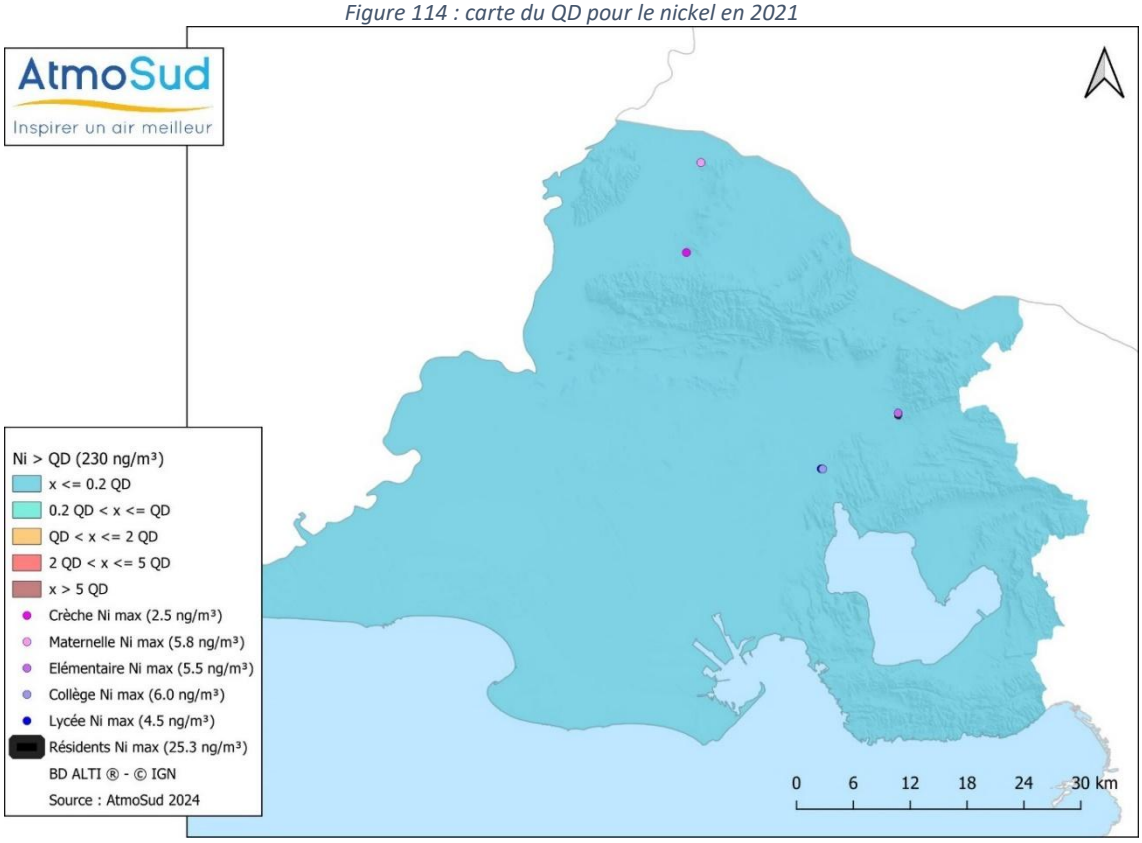


Tableau 60. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le nickel en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Nickel	0.23 µg/m^3 ou 230 ng/m^3	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,11				

En 2021, le calcul de risque pour le nickel ne présente pas de dépassement du QD.

X.25.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Le nickel et ses composés sont modérément absorbés quelle que soit la voie d'administration. Ils sont transportés dans le sang. Les études par voie respiratoire mettent en évidence un effet inflammatoire sur les muqueuses nasales et les poumons (source : INRS, https://www.inrs.fr/dam/ficheTox/FicheFicheTox/FICHETOX_68-1.pdf).

Les composés du nickel sont classés par le CIRC comme "cancérogènes pour l'homme (groupe 1)" du fait de l'induction de cancer du poumon, de la cavité nasale et des sinus paranasaux. Le nickel métal est quant à lui classé par le CIRC comme "peut-être cancérogène pour l'homme (groupe 2B)".

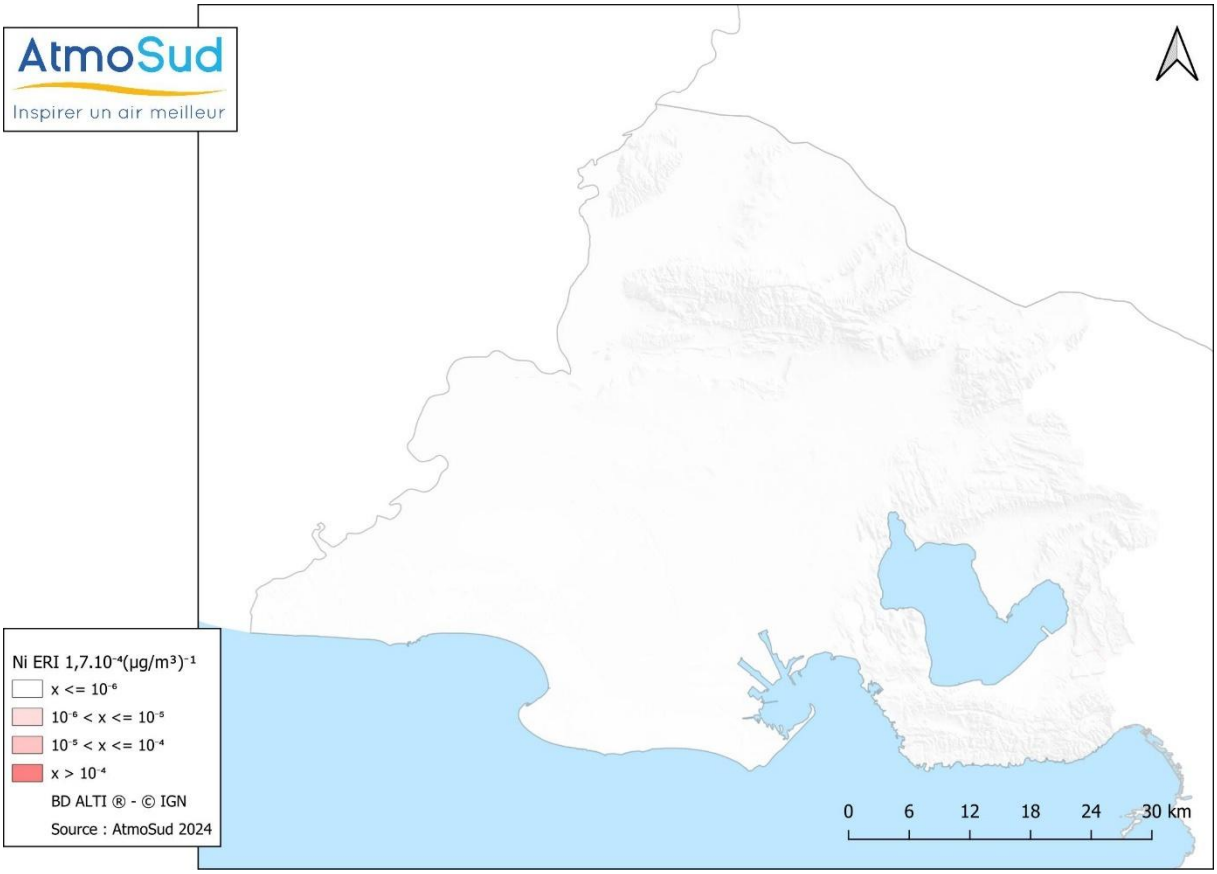
La VTR sans seuil du nickel est fixée à $1{,}7.10^{-4}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour le nickel :

Tableau 61. Population exposée à l'ERI pour le nickel

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : Nickel		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 115 : carte de l'ERI pour le nickel en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul du risque pour le nickel ne présente pas de dépassement de l'ERI, quel que soit le scénario envisagé (pour une valeur repère de 10^{-5}).

X.25.6 Discussions

- **Evolution des concentrations entre 2013 et 2021**

La comparaison entre les deux exercices montre une baisse significative des concentrations sur le territoire en lien avec la baisse significative des émissions.

- **Evolution des VTR entre 2013 et 2021**

Le nickel a été étudié dans le cadre de SCENARII-1.

Les VTR par inhalation chronique à seuil et sans seuil ont évolué entre les deux périodes :

Tableau 62. Evolution des VTR à seuil et sans seuil du nickel utilisées pour SCENARII-1 et SCENARII-2

VTR par inhalation chronique utilisée	A seuil (µg/m³)	Sans seuil (µg/m³)$^{-1}$
SCENARII-1	0.014 (INERIS 2007)	3.8.10-4 (OMS 2000)
SCENARII-2	0.23 (INERIS 2015)	1.7.10-4 (ANSES 2015)

Les VTR retenues en 2021 sont

- 16 fois moins contraignante que la VTR à seuil retenue en 2013 ;
- 2,2 fois moins contraignante que la VTR sans seuil retenue en 2013.

L'évolution des VTR entre les deux exercices et la baisse significative des émissions atmosphériques de nickel ont un impact sur les résultats :

- En 2013, 45 personnes étaient exposées à un risque sanitaire pour les effets à seuil par inhalation.

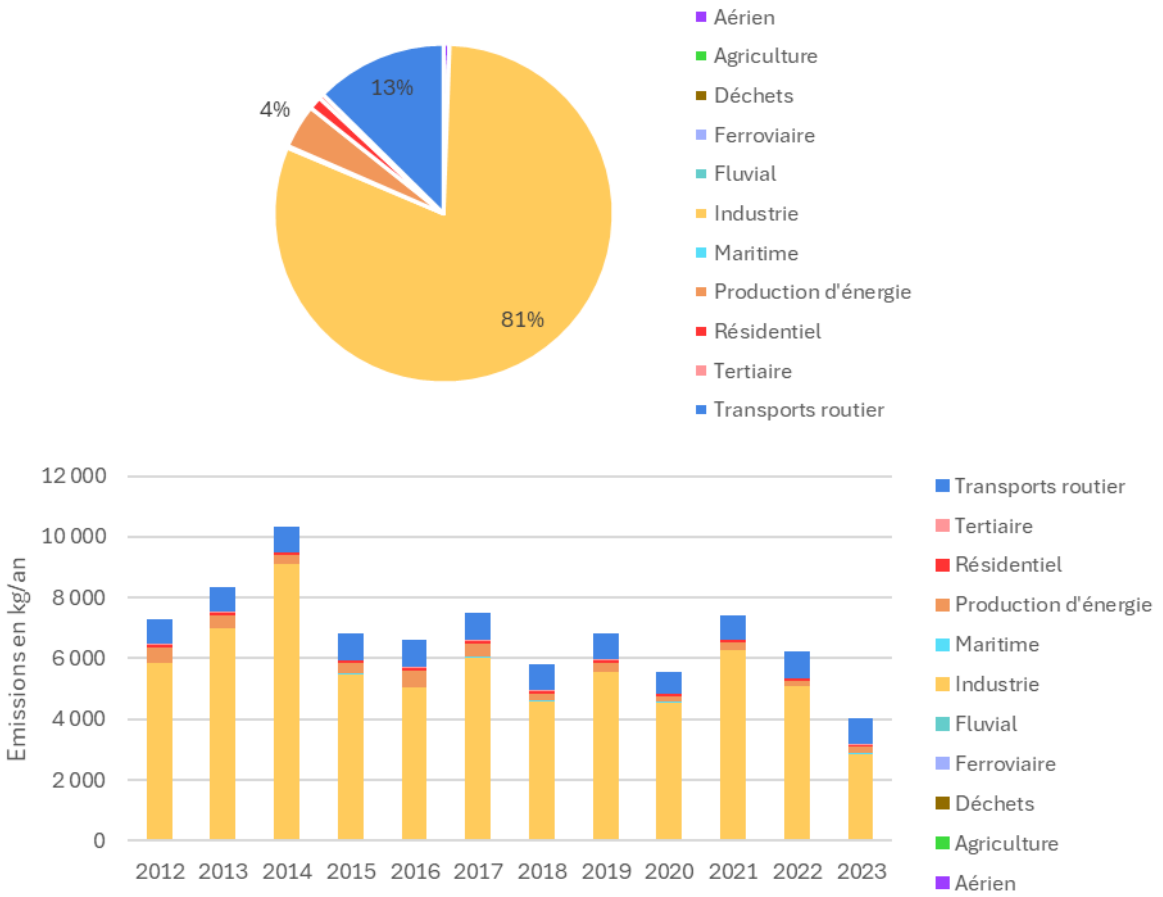
- En 2021, pour le nickel, il n'y a pas de risque sanitaire pour les effets à seuil et sans seuil pour une exposition par inhalation.

X.26 Plomb

X.26.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 116 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de Pb depuis 2012



Source : AtmoSud

En 2019, le plomb est émis majoritairement par l'industrie, suivie par les transports routiers.

Entre 2013 et 2019, une baisse globale et irrégulière est observée (-18 %), liée aux baisses d'émissions de l'industrie (-21 %).

X.26.2 Mesures prises en compte

Depuis 2018, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 63. Evolution des niveaux de plomb sur la zone SCENARII – en rouge l'année de référence de l'étude

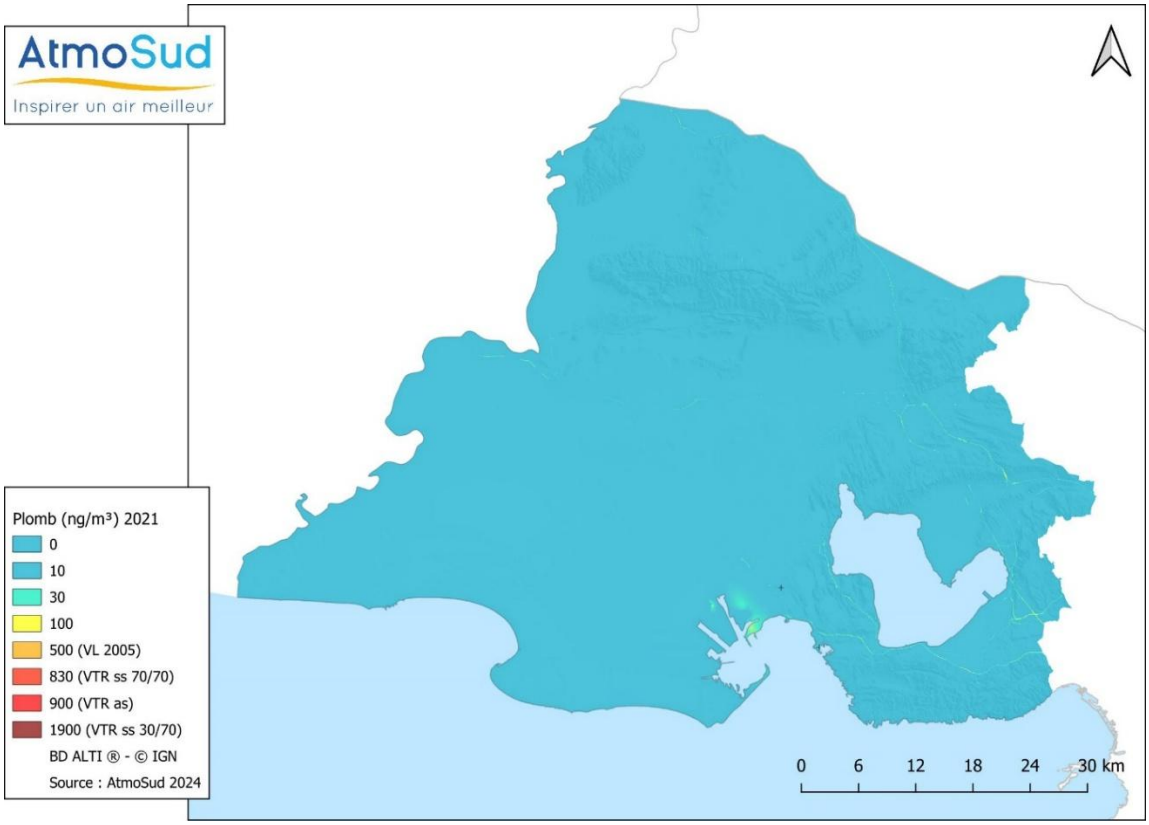
Nickel (ng/m³)	2018	2019	2020	2021	2022
Fos Carabins	4,7	4,0	3,4	3,5	3,7
Port-de-Bouc	6,9	6,3	4,7	5,6	6,1
	Hors zone SCENARII				
Marseille Longchamp	5,0	4,3	3,4	4,5	3,8
Septèmes				3,4	
Bouc Bel Air				3.1	

En 2021, les moyennes annuelles sont comprises entre 3 et 6 ng/m³. **Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.**

X.26.3 Cartographie des concentrations de plomb en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire (et reportées dans le Tableau 63.

Figure 117 : concentration moyenne annuelle de plomb en 2021



Le plomb est un polluant réglementé dans l'air ambiant : la valeur limite 2010 est fixée à 0.5 µg/m³ (500 ng/m³) en moyenne annuelle.

En 2021, il n'y a pas de population exposée à des dépassements de la valeur limite 2010 fixée à 0.5 µg/m³ pour le plomb.

X.26.4 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

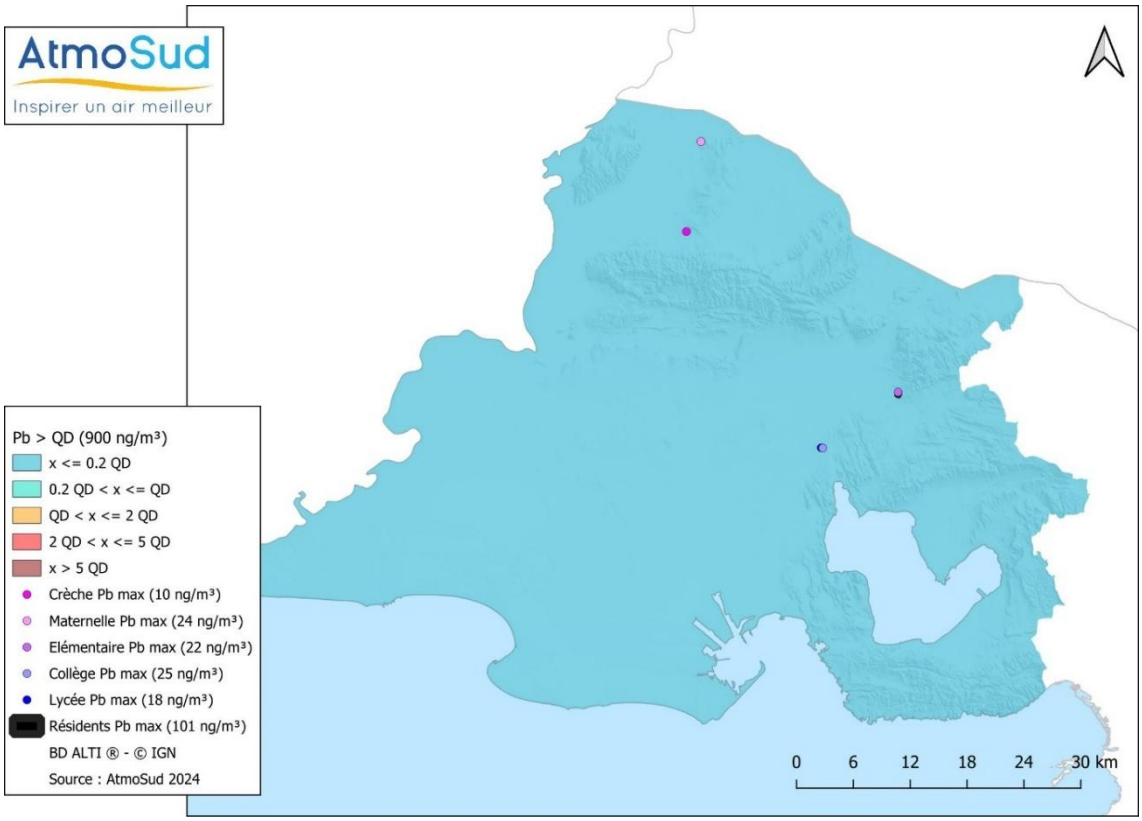
La VTR à seuil du plomb est fixée à 0.9 µg/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 64. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le plomb en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Plomb	0.9 µg/m³ ou 900 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0.11				

Figure 118 : carte du QD pour le plomb en 2021



En 2021, le calcul de risque pour le plomb ne met pas en évidence de dépassement du QD.

X.26.5 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Le plomb pénètre dans l'organisme essentiellement par voie digestive et par voie pulmonaire.

L'absorption pulmonaire peut jouer un rôle important pour les expositions professionnelles ou pour les personnes vivant sous les rejets atmosphériques d'entreprises polluantes.

Chez l'homme, les principaux effets sont observés au niveau du système nerveux central et périphérique (encéphalopathie, neuropathies périphériques, troubles mentaux organiques) (source : https://substances.ineris.fr/substance/7439-92-1). Les données de génotoxicité ne permettent pas, dans l'état actuel des connaissances, d'exclure un mécanisme d'action génotoxique pour le plomb. Dans ces conditions, entre les deux périodes, une VTR sans seuil pour le plomb a été reconnue par l'INERIS en 2016.

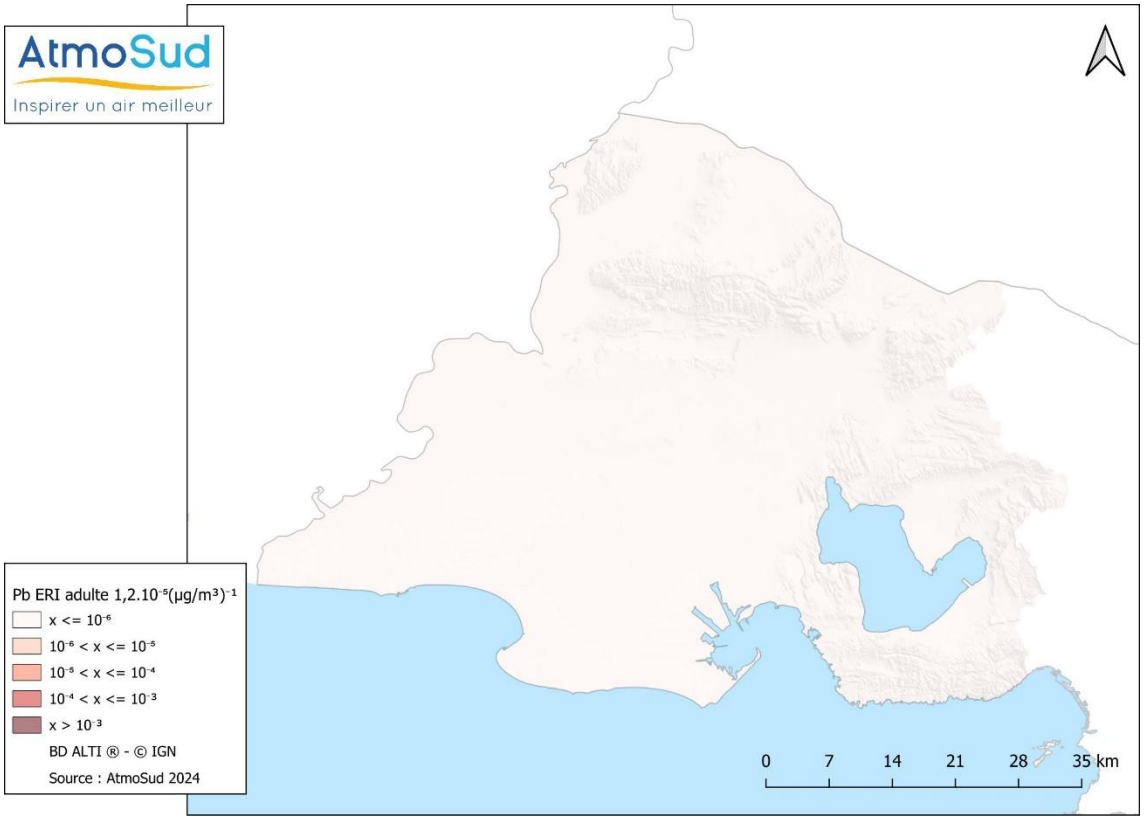
La VTR sans seuil du plomb est fixée à $(1{,}2.10^{-5}\ \mu g/m^3)^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour le plomb :

Tableau 65. Population exposée à l'ERI pour le plomb

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}
Substance : plomb		
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	0 habitant
Adulte Riverain 30 ans		0 adulte
Enfant Riverain 6 ans		0 enfant

Figure 119 : carte de l'ERI pour le plomb en 2021 pour le scénario Adulte Riverain



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées, le calcul de risque pour le plomb ne met pas en évidence de dépassement de l'ERI, quel que soit le scénario envisagé (valeur repère de 10^{-5}).

X.26.6 Discussions

- **Evolution des concentrations entre 2013 et 2021**

Le plomb a été étudié dans le cadre de l'étude SCENARII-1. Les niveaux de plomb sont très faibles depuis 2013.

Les concentrations au droit des zones industrielles sont mieux représentées en 2021.

- **Evolution des risques entre 2013 et 2021**

Pour les effets à seuil, le plomb dispose d'une VTR chronique par inhalation à seuil de 0,9 µg/m^3. Elle est inchangée depuis 2015.

Le plomb ne présente pas, dans les deux études, de dépassements de niveau de risque pour une exposition chronique par inhalation.

Concernant l'excès de risque individuel pour les effets sans seuil pour une exposition chronique par inhalation, il n'a pas été évalué dans l'exercice SCENARII-1 car aucune VTR sans seuil n'a été retenue en 2013.

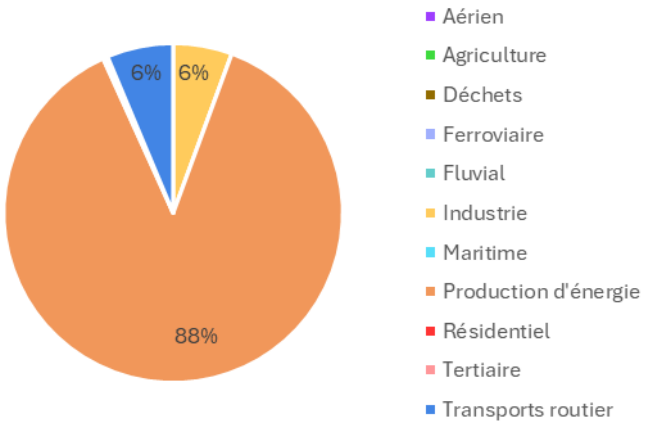
En 2021, le risque sanitaire pour les effets sans seuil par inhalation chronique est non significatif.

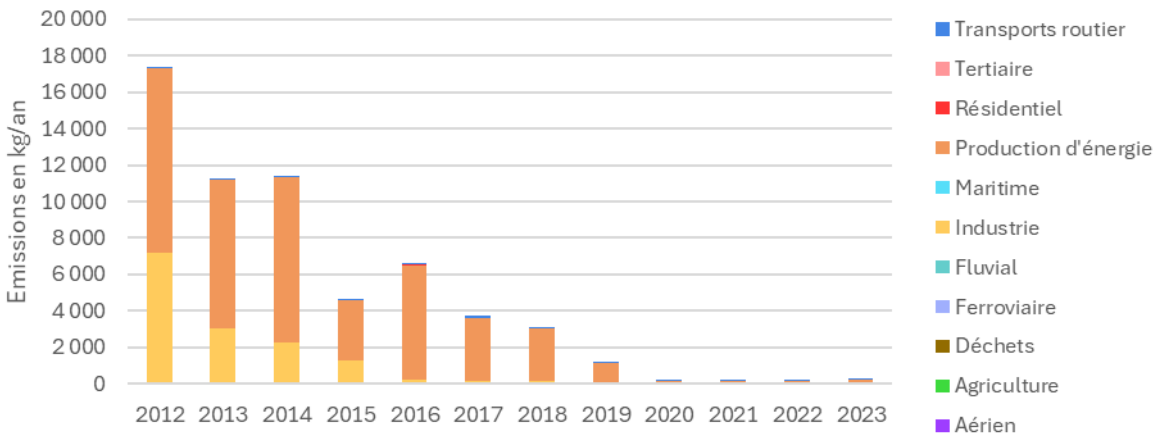
X.27 Vanadium

X.27.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 120 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de V depuis 2012





Source : AtmoSud

En 2019, le Vanadium est émis par très majoritairement par la production d'énergie.

Entre 2013 et 2019, une chute de 89 % des émissions est observée, du fait d'une forte baisse des émissions des deux secteurs d'émissions historiques : 98 % pour l'industrie, 87 % pour la production d'énergie.

X.27.1 Evolution des concentrations en vanadium

Depuis 2018, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Tableau 66. Evolution des niveaux de vanadium sur la zone SCENARII – en rouge l'année de référence de l'étude

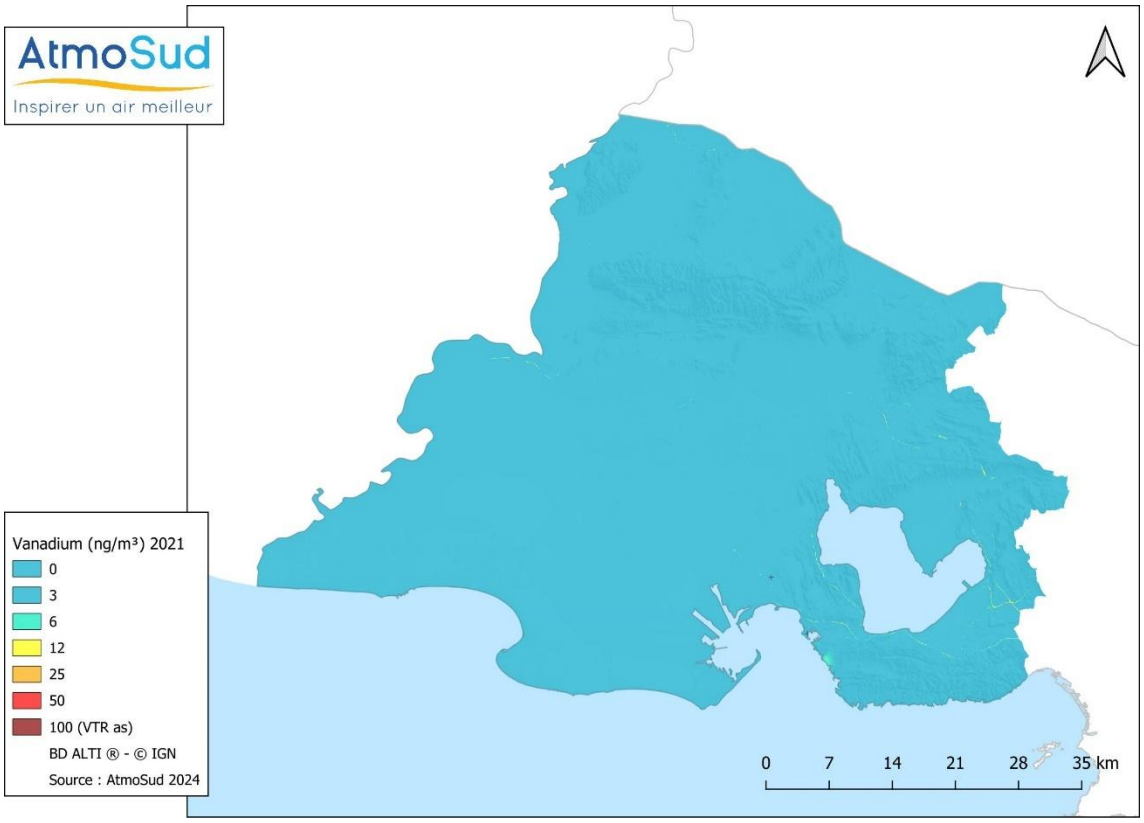
Nickel (ng/m³)	2018	2019	2020	2021	2022
Fos Carabins	3.23	3	0.64	0.85	1.14
Port-de-Bouc	7,64	4,7	1,56	1,11	1,77

En 2021, les moyennes annuelles sont comprises entre 0,8 et 1,1 ng/m³. **Ces concentrations ont été utilisées pour la réalisation de la cartographie suivante.**

X.27.2 Cartographie des concentrations de vanadium en 2021

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 et ajustée avec les mesures réalisées sur le territoire et reportées dans le Tableau 66.

Figure 121 : concentration moyenne annuelle de vanadium en 2021



Les concentrations de vanadium dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

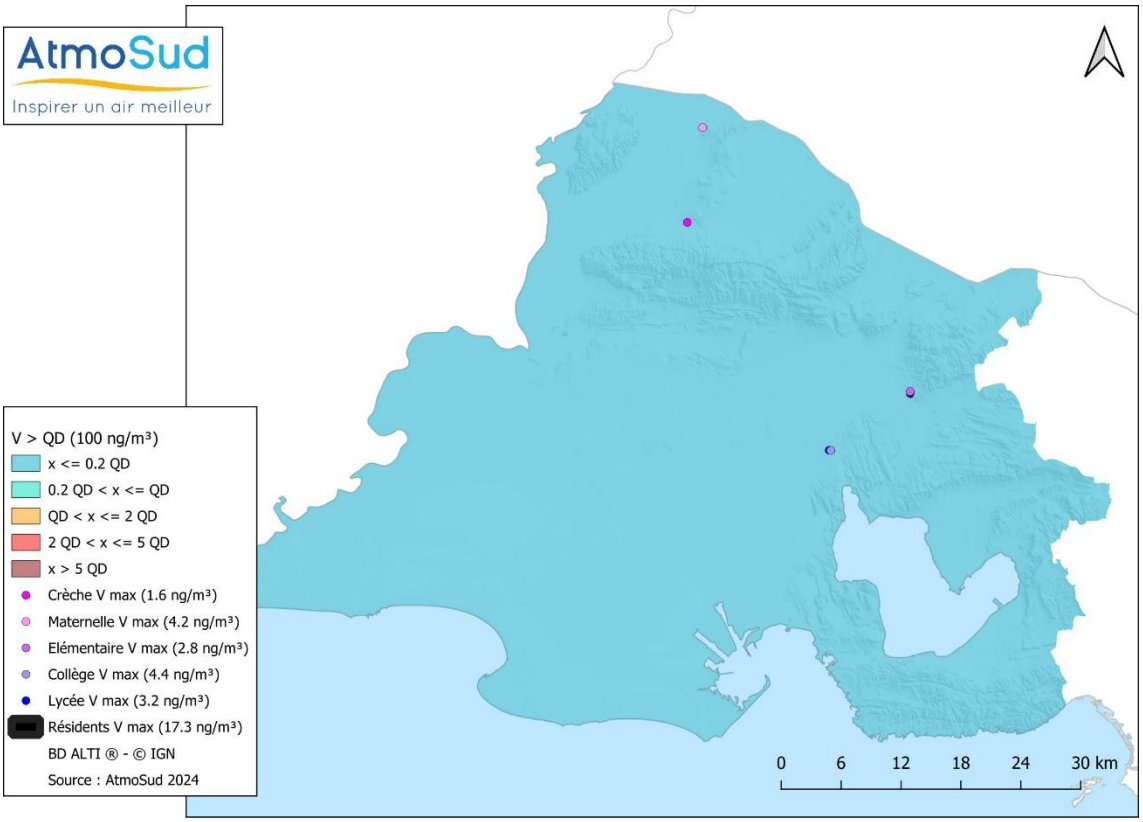
X.27.3 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

La VTR à seuil du vanadium est fixée à 0.1 µg/m³ (100 ng/m³) en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation. Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 67. Population exposée au QD supérieur à 1 pour le vanadium en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
Vanadium	0.1 µg/m³ ou 100 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles
QD max = 0,17				

Figure 122 : carte du QD pour le vanadium en 2021



En 2021, le calcul de risque pour le vanadium ne met pas en évidence de dépassement du QD.

X.27.4 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Il n'y a pas de VTR sans seuil pour le vanadium. Aucune carte n'est donc produite.

X.27.5 Discussions

- **Evolution des concentrations par rapport à 2013**

En 2021, les concentrations de vanadium sont très faibles.

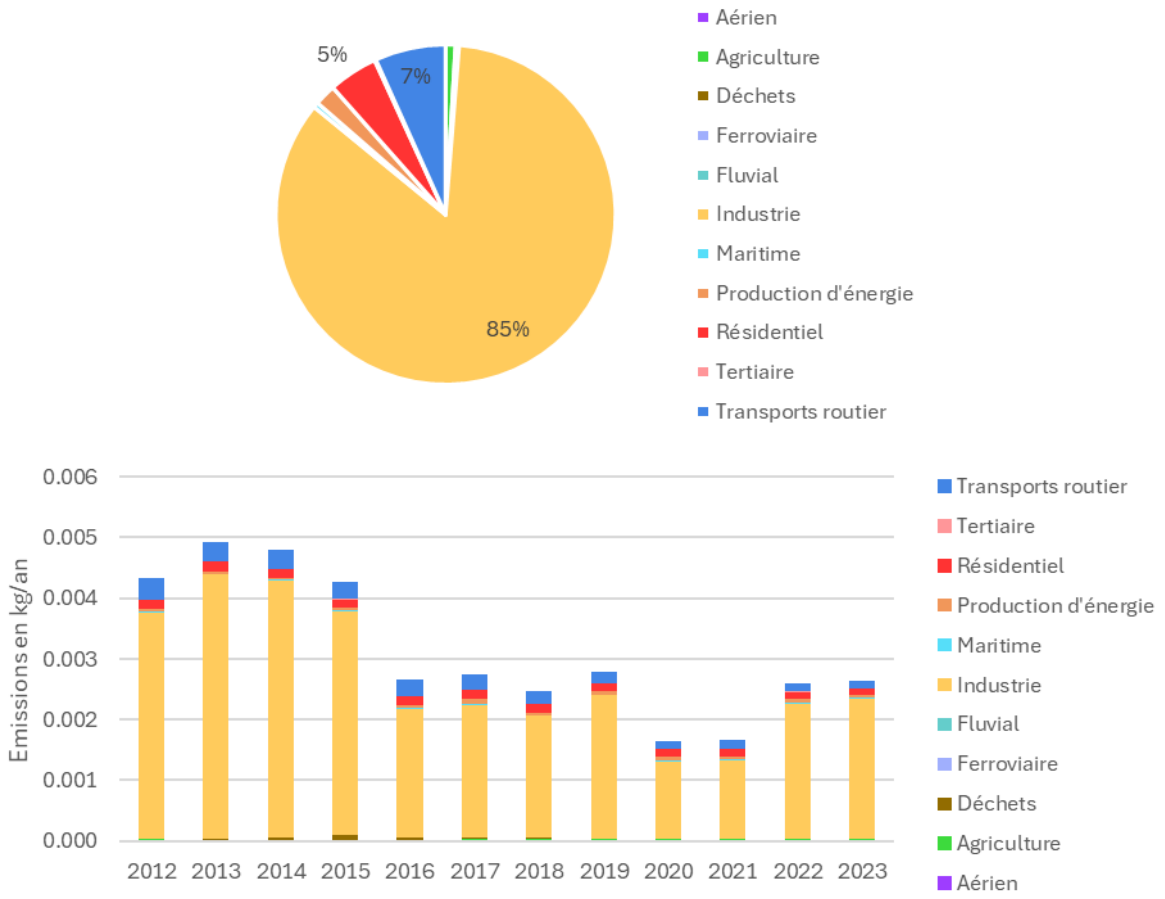
Comme en 2013, il n'y a pas de risque sanitaire pour la population exposée pour les effets à seuil du vanadium en 2021.

X.28 Dioxines et furannes

X.28.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 123 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PCDD-F depuis 2012



Source : AtmoSud

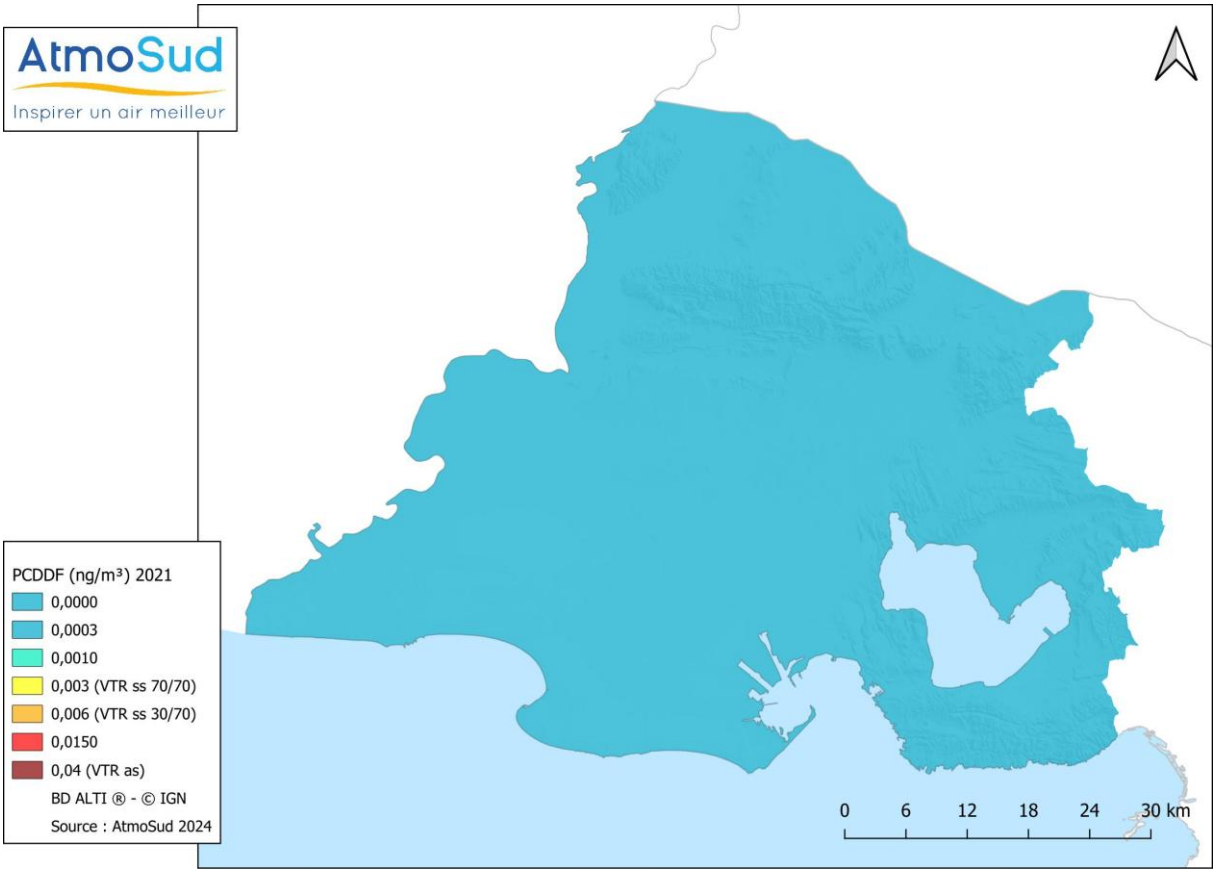
Les PCDD-F sont très majoritairement émises par l'industrie en 2019.

Les émissions sont en baisse de 43 % entre 2013 et 2019, du fait principalement de la diminution des émissions industrielles (45 %).

X.28.2 Cartographie des concentrations et mesures prises en compte

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 mais non ajustée (pas de mesure dans l'air ambiant).

Figure 124 : concentration moyenne annuelle en air ambiant de PCDDF en 2021



Les concentrations de PCDD/F dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.28.3 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

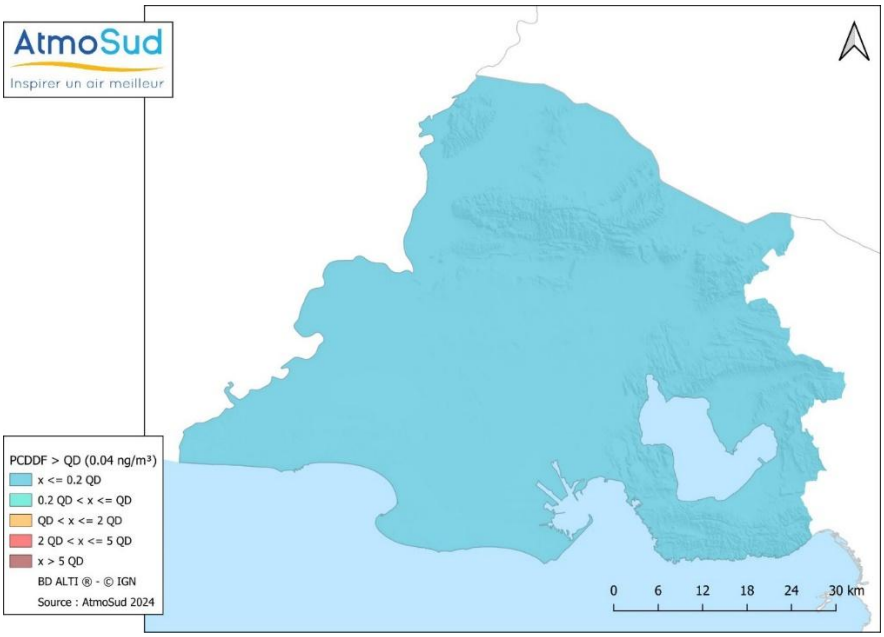
La VTR à seuil des PCDDF fixée à 0.04 ng/m³ pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant présente la population riveraine exposée à un niveau de risque supérieur à un seuil de risque sanitaire de référence pour les PCDD/F. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 68. Population exposée au QD supérieur à 1 pour les PCDDF en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée QD > 1	Population totale zone
PCDDF	0.04 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles

Figure 125 : cartographie du QD pour les PCDDF en 2021



En 2021, le calcul de risque pour les dioxines et les furannes ne met pas en évidence de dépassement du QD par inhalation chronique.

X.28.4 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

Il n'y a pas de VTR sans seuil pour les PCDDF. Aucune carte n'est donc produite.

X.28.5 Discussions

Les cartographies de concentrations de PCDD/F (dioxines et furannes) dans l'air n'ont pas pu être recalées par la mesure. La bibliographie disponible sur internet (dont Atmo Nouvelle Aquitaine) montre que les niveaux de PCDD/F en air ambiant proches de sources sont très faibles de l'ordre de plusieurs dizaines de fg/m³. Pour mémoire 1 ng = 1 000 000 fg.

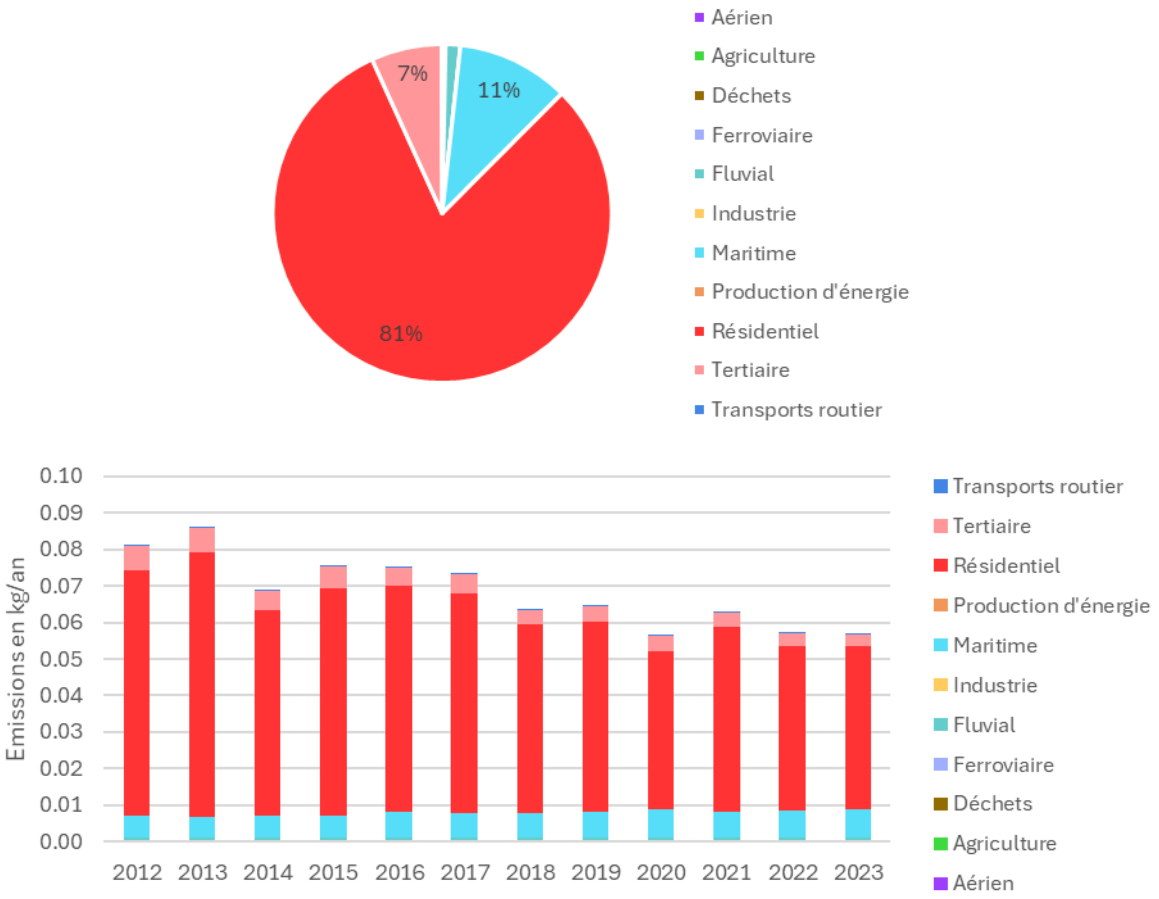
Aucune population n'est exposée au risque sanitaire chronique pour les effets à seuil par inhalation des dioxines et furannes, en 2021.

X.29 PCB

X.29.1 Evolution des émissions atmosphériques

Les histogrammes suivants montrent l'évolution et la répartition sectorielle, sur les dix dernières années, des émissions atmosphériques recensées sur les 66 communes que constituent la zone d'études de SCENARII-2.

Figure 126 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PCB depuis 2012



Source : AtmoSud

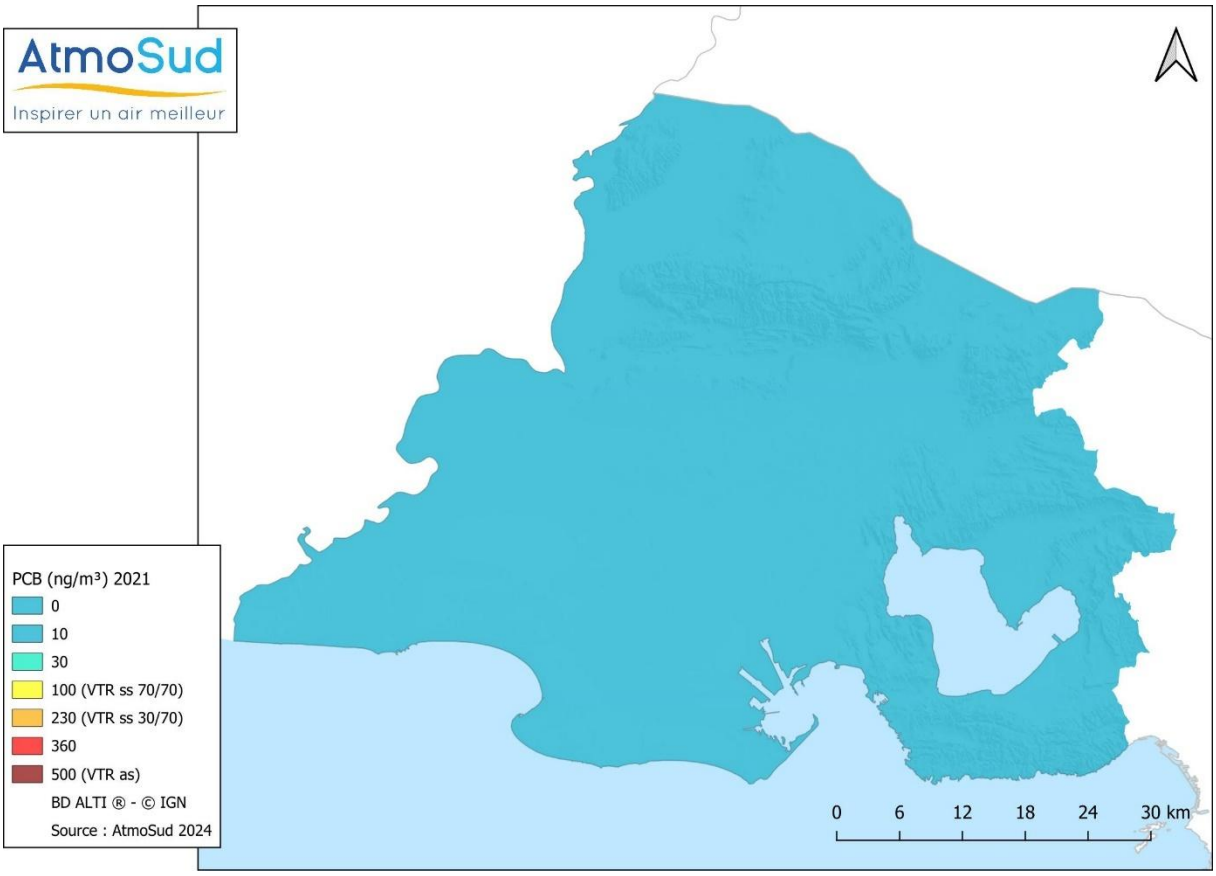
En 2019, les PCB sont émis principalement par le secteur résidentiel, suivi de loin par le transport maritime.

Entre 2013 et 2019, les émissions sont en baisse de 25%, du fait de la baisse des émissions du résidentiel (28%) et malgré la hausse des émissions du transport maritime (21%).

X.29.2 Cartographie des concentrations et mesures prises en compte

La cartographe suivante a été produite à partir de la dispersion des émissions contenues dans le cadastre des émissions 2019 mais non ajustée (pas de mesure dans l'air ambiant).

Figure 127 : concentration moyenne annuelle de PCB en air ambiant en 2021



Les concentrations de PCB dans l'environnement ne sont pas réglementées. Des valeurs de référence existent et sont discutées ci-après.

X.29.3 Carte du risque sanitaire pour les effets à seuil en 2021

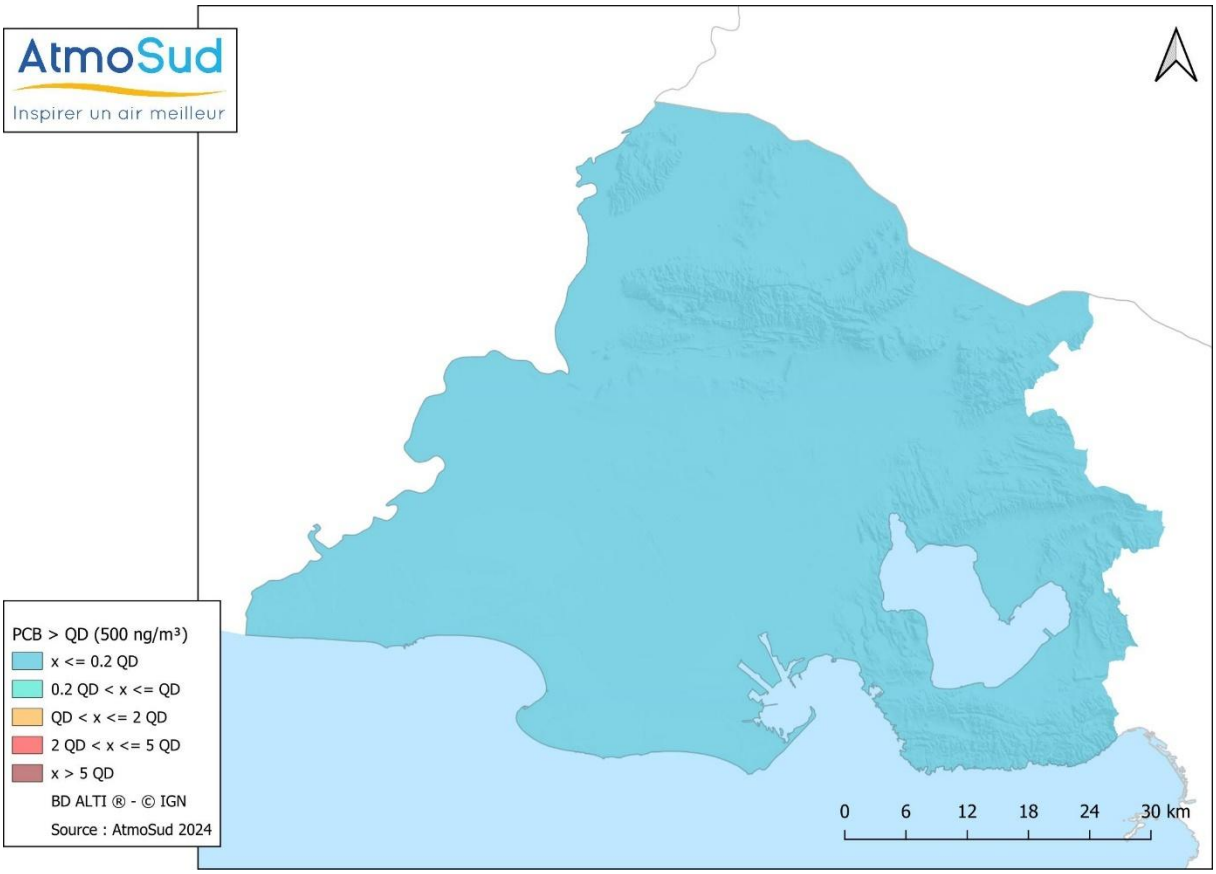
La VTR à seuil des PCB fixée à 500 ng/m³ en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation.

Le tableau suivant indique la population riveraine exposée à un QD supérieur à un risque sanitaire chronique significatif pour les effets à seuil liés à l'inhalation. Il indique également le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles présents dans la zone d'impact :

Tableau 69. Population exposée au QD supérieur à 1 pour les PCB en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte		Population exposée	Population totale zone
PCB	500 ng/m³	VTR à seuil	0 habitant 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles

Figure 128 : carte du QD pour les PCB en 2021



En 2021, le calcul de risque pour les PCB ne met pas en évidence de dépassement du QD, il n'y a donc pas de risque sanitaire pour les PCB pour les effets à seuil.

X.29.4 Carte du risque sanitaire pour les effets sans seuil en 2021

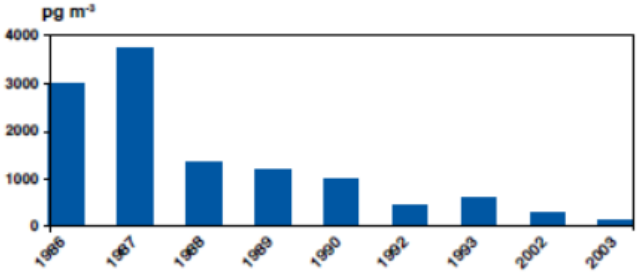
Il n'y a pas de VTR sans seuil par inhalation pour le PCB. Aucune carte n'est donc produite.

X.29.5 Discussions

Les cartographies de concentrations de PCB dans l'air n'ont pas pu être recalées par la mesure.

Selon l'INERIS[17], les concentrations de PCB dans l'air ont fortement diminué à Paris depuis 1986 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les concentrations mesurées en 2002 et 2003 sont comparables aux ordres de grandeur mesurés dans d'autres grandes agglomérations européennes comme à Birmingham et Barcelone soit de 60 à 120 pg/m^3 (Harrad et Mao, 2004 et Mari et al., 2008).

Figure 129 : évolution des concentrations de PCB dans l'air parisien depuis 1986



Evolution des concentrations en PCB, exprimées en 7-PCB dans les l'air de Paris de 1986 à 2003, concentrations gazeuses et fixées sur les aérosols confondues (PIREN Seine, 2009).

Source : https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/1336-36-3%20--%20PCB%20--%20FTE.pdf

Les unités (pg/m^3) de ces études sont compatibles avec les résultats de SCENARII-2.

Il n'y a pas de risque sanitaire pour les populations exposées au PCB pour les effet à seuil par inhalation chronique en 2021.

[17] https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/1336-36-3%20--%20PCB%20--%20FTE.pdf

XI EFFETS CUMULES

Les populations étant exposées simultanément à plusieurs substances dans l'air ambiant, une approche cumulée des risques a été mise en œuvre afin de mieux représenter les conditions réelles d'exposition.

Conformément aux recommandations méthodologiques, les risques sont considérés selon une hypothèse d'additivité des effets :

- pour les effets à seuil, les quotients de danger (QD) sont additionnés lorsque les effets impactent un même organe ou système cible ;
- pour les effets sans seuil, les excès de risque individuels (ERI) sont additionnés afin d'estimer un excès de risque global.

Cette démarche permet d'estimer un risque sanitaire global associé aux expositions multiples.

Prise en compte des populations sensibles

Certains polluants peuvent avoir un effet plus important pour les enfants. Aussi, des méthodes ont été appliquées afin de prendre en compte cette sensibilité accrue dans les calculs.

XI.1 Cumul des effets à seuil de dose

Les effets cumulés à seuil s'appliquent aux substances qui agissent sur le même organe cible avec un même mécanisme d'action.

Parmi les 24 substances retenues, les effets critiques pour la voie inhalation concernent 10 organes cibles (les cartes du QD pour les effets cumulés à seuil sont présentées en annexe 3 par organe cible).

Tableau 70. Détermination des substances dont les effets critiques à seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même organe cible (source : INERIS[18]) et conclusion associée à l'étude SCENARII-2

Organe cible	Substance dont l'effet critique de la VTR retenue se rapporte au système-cible	QD cumulé max par organe cible	Conclusion relative à l'excès de risque cumulé lors dans le cadre de cette étude SCENARII-2
Poumon	Ammoniac, dioxines et furannes, nickel, cuivre, antimoine, cobalt, cadmium	QD cumulé max = 0.40	Le risque sanitaire est non significatif pour les effets à seuil par inhalation chronique
Nez	Oxyde de propylène, naphtalène, hydrogène sulfuré	QD cumulé max = 0.20	Le risque sanitaire est non significatif pour les effets à seuil par inhalation chronique
Gorge	Vanadium	QD cumulé max = 0,17	Le risque sanitaire est non significatif pour les effets à seuil par inhalation chronique
Système nerveux	Mercure, manganèse, oxyde d'éthylène	QD cumulé max = 0.30	Le risque sanitaire est non significatif pour les effets à seuil par inhalation chronique
Cerveau	Arsenic	QD cumulé max = 0,34	Le risque sanitaire est non significatif

[18] INERIS, portail Substances : https://substances.ineris.fr/substance/

Organe cible	Substance dont l'effet critique de la VTR retenue se rapporte au système-cible	QD cumulé max par organe cible	Conclusion relative à l'excès de risque cumulé lors dans le cadre de cette étude SCENARII-2
			pour les effets à seuil par inhalation chronique
Appareil génital	1,3-butadiène	QD cumulé max = 0,94	Le risque sanitaire est non significatif pour les effets à seuil par inhalation chronique
Embryon	BaP, HAP totaux	QD cumulé max = 0,86	Le risque sanitaire est non significatif pour les effets à seuil par inhalation chronique
Lymphocytes	Benzène	QD cumulé max = 0,23	Le risque sanitaire est non significatif pour les effets à seuil par inhalation chronique
Foie	1,2-dichloroéthane, dioxines et furannes, PCB, CVM	QD cumulé max = 0.0	Le risque sanitaire est non significatif pour les effets à seuil par inhalation chronique
urinaire	Plomb, trichloroéthylène	QD cumulé max = 0.1	Le risque sanitaire est non significatif pour les effets à seuil par inhalation chronique

Les cumuls des effets à seuil par inhalation chronique selon les organes cibles identifiés, n'ont pas mis en évidence de risque sanitaire : QD ≤ 1.

XI.2 Risques cumulés sans seuil

Parmi les 14 substances retenues pour lesquelles des excès de risque individuels peuvent être déterminées pour la voie inhalation, les effets critiques associés concernent 6 organes cibles.

Rappel : le chrome 6 n'est pas intégré au calcul des excès de risque cumulés.

Tableau 71. Détermination des substances dont les effets critiques sans seuil de dose associés aux VTR retenues se rapportent au même système cible (source : INERIS[19])

Organe cible	Substance dont l'effet critique de la VTR sans effet de seuil retenue se rapporte au système-cible
Poumon	Arsenic, nickel, cobalt
Nez	Oxyde de propylène, BaP, naphtalène, HAP Totaux
Lymphocytes	Benzène, oxyde d'éthylène, 1,3-butadiène
Glandes mammaires	1,2-dichloroéthane
Foie	CVM
Rein	Trichloroéthylène, plomb

[19] INERIS, portail Substances : https://substances.ineris.fr/substance/

Risque cumulé des effets sans seuil de dose pour les riverains vie entière

Le scénario Riverain Vie entière est un scénario majorant.

En effet, il étudie une durée de présence sur le site de 70 ans alors que la méthodologie INERIS recommande de retenir 30 ans (scénario réaliste).

Les cumuls des effets cumulés sans seuil par système cible et totaux sont présentées en annexe 4 pour le scénario Riverain Vie Entière.

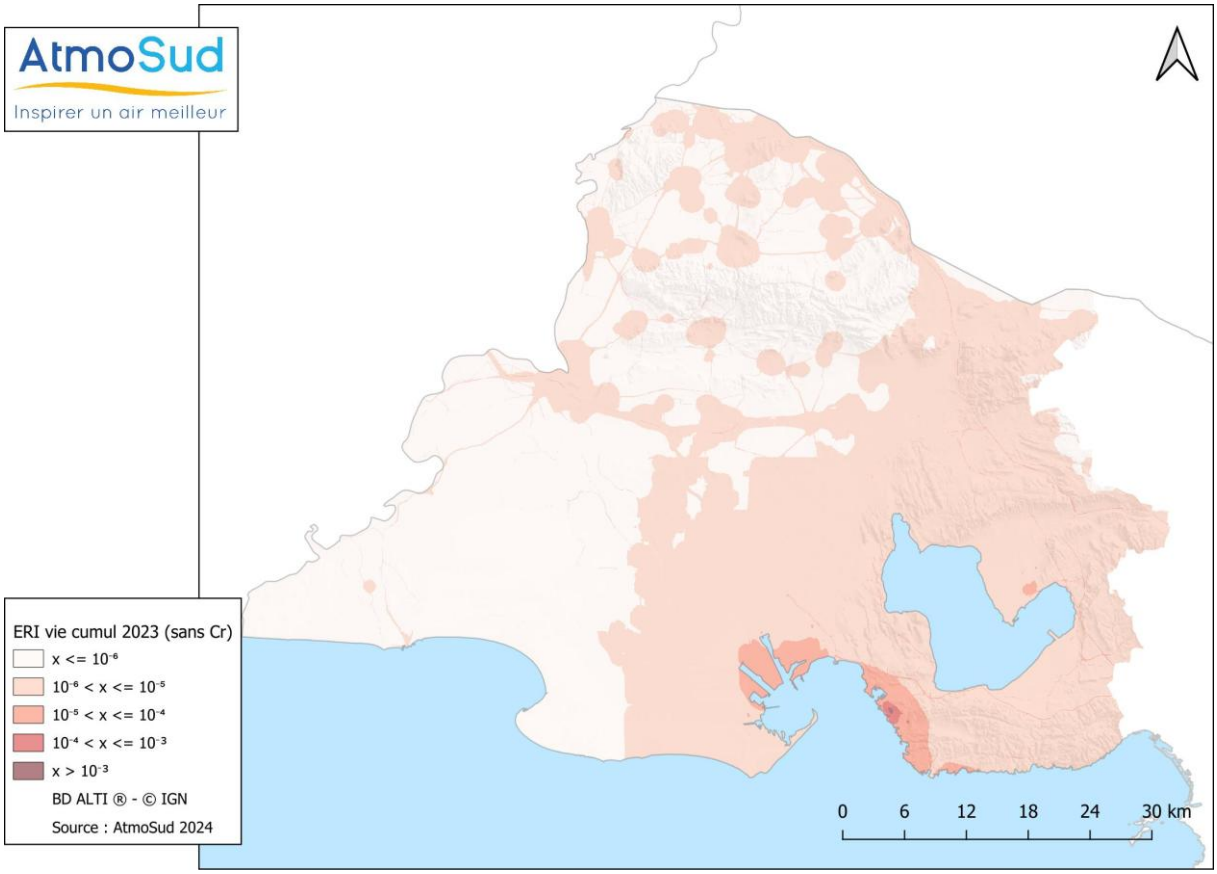
Pour plus de 28 000 habitants (soit près de 4,5 % de la population de la zone d'étude), l'excès de risque dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets cumulés sans seuil.

Tableau 72. Exposition des populations à l'ERI pour le risque cumulé sans seuil - tout organe cible

Scénario	Population totale zone	Population exposée à ERI > 10^{-5}	Population exposée à ERI > 10^{-4}
Risques cumulés à effet sans seuil – tout organe cible			
Riverain Vie Entière	627 742 habitants	28 000 habitants	0 habitants

Les zones géographiques les plus impactées sont Port-de-Bouc (51 % des populations avec un ERI cumulé supérieur à 10^{-5}), Martigues (24 %), Berre-L'Etang (18 %).

Figure 130 : carte de l'ERI cumulé tout organe cible pour le scénario Riverain vie entière



Ainsi, les 28 000 habitants pour lesquels l'excès de risque dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets cumulés sans seuil sont situés dans les communes suivantes :

Tableau 73 : Nombre d'habitants pour lesquels l'excès de risque dépasse la valeur repère de 10-5 pour les effets cumulés sans seuil par commune

Communes	Nombre d'habitants pour lesquels l'excès de risque dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets cumulés sans seuil	Communes	Nombre d'habitants pour lesquels l'excès de risque dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets cumulés sans seuil
Port-de-Bouc	14 349	Fos-sur-Mer	19
Martigues	6 733	Châteaurenard	16
Berre-l'Étang	4 974	Gignac-la-Nerthe	13
Sausset-les-Pins	842	Eyguières	13
Istres	352	Saint-Mitre-les-Remparts	11
Port-Saint-Louis-du-Rhône	220	Cabannes	10
Saint-Victoret	186	Mallemort	7
Salon-de-Provence	132	Arles	4
Rognac	111	Tarascon	4
Vitrolles	95	Sénas	3
La Fare-les-Oliviers	61	Ventabren	3
Châteauneuf-les-Martigues	49	Lançon-Provence	2
Pélissanne	24	Lamanon	2
Marignane	20	Vernègues	1

La plupart des zones habitées exposées aux ERI les plus élevées sont exposées à des émissions industrielles et routières. Plusieurs polluants tirent contribuent à l'excès de risque parmi l'oxyde d'éthylène, le 1,2-dichloroéthane (1,2-DCE), le chlorure de vinyle monomètre (CVM) et le cobalt, mais aussi le benzène, le naphtalène… selon les zones du territoire.

La part moyenne des différentes substances dans les zones de dépassement pour les effets cumulés sans seuil par inhalation est variable en fonction de la zone du territoire et des activités dominantes :

Tableau 74 : Part moyenne des substances dans les zones de dépassement

Substances	Part moyenne dans les zones de dépassement
Oxyde d'éthylène	35 % à 59 %
1,2-dichloroéthane	7 % à 47 %
Chlorure de vinyle monomère	42 %
Cobalt	6 % à 18 %
Benzène	11 % à 46 %
Naphtalène	9 % à 17 %
Trichloroéthylène	12 % à 16 %
HAP totaux	11 % à 24 %

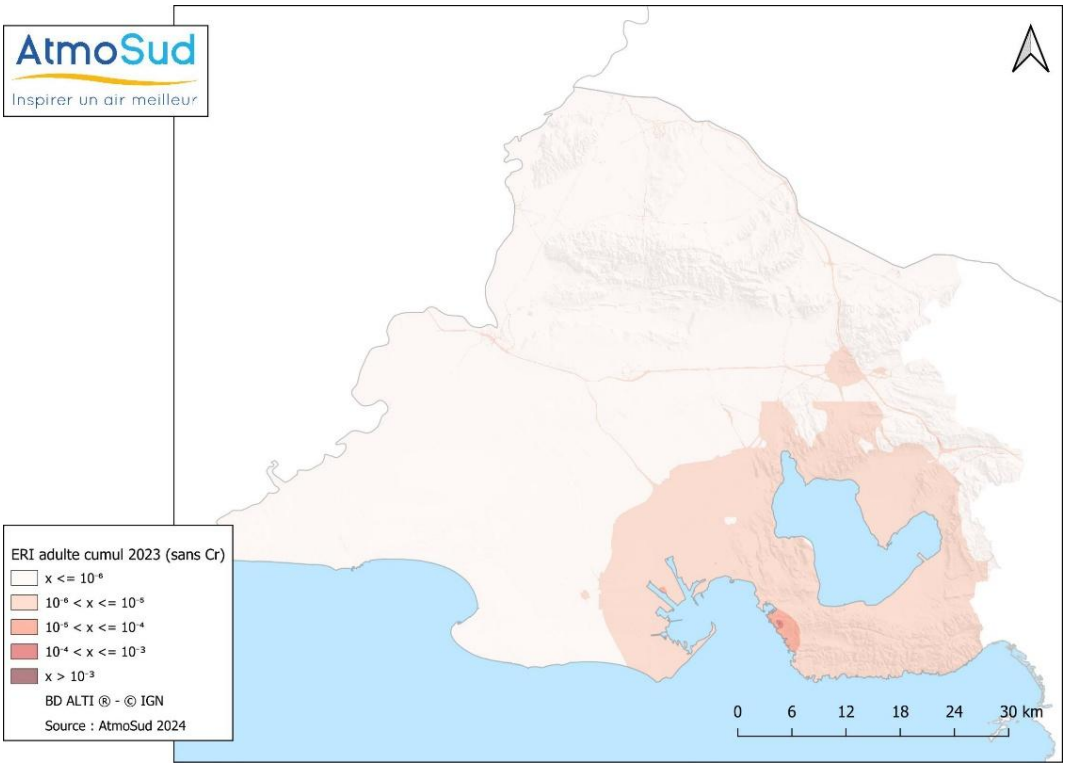
Risque cumulé des effets sans seuil pour le scénario riverain adulte

L'excès de risque individuel ERI pour les effets cumulés sans seuil dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour 400 adultes riverains. **Martigues est la zone géographique la plus impactée.**

Tableau 75. Populations exposées à l'ERI pour le risque cumulé sans seuil – tout organe cible

Scénario	Population exposée à ERI > 10^{-5}	Population exposée à ERI > 10^{-4}
Risques cumulés à effet sans seuil – tout organe cible		
Adulte Riverain	400 habitants adultes	0 habitant

Figure 131 : carte de l'ERI cumulé pour le scénario Adulte Riverain - 2021



Ainsi, les 400 adultes pour lesquels l'excès de risque dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets cumulés sans seuil sont situés dans les communes suivantes :

Communes	Nombre d'adultes pour lesquels l'excès de risque dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets cumulés sans seuil	Contribution moyenne des substances sur la commune, à l'exposition des populations
Martigues	385	Oxyde d'éthylène : 25 % Benzène : 25 % Bobalt : 13 %
Salon-de-Provence	24	Benzène : 35 % Naphtalène : 17 % 1,2-dichloroéhane : 16 %
Rognac	6	Benzène : 44 % Naphatlène : 15 % Cobalt : 11 %
Port-de-Bouc	2	Oxyde d'éthylène : 36 % 1-2-dichloroéthane : 22 % Benzène : 14 %

Les cumuls des effets cumulés sans seuil par système cible et totaux sont présentées en annexe 5 pour le scénario Adulte Riverain.

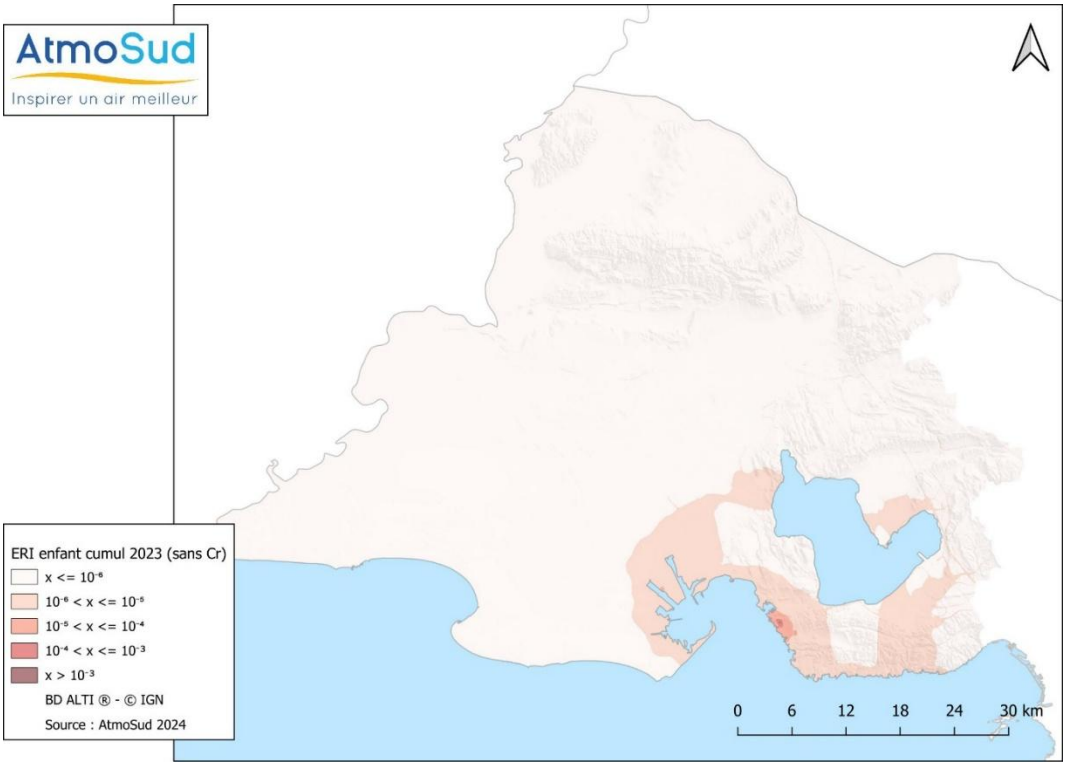
Risque cumulé des effets sans seuil pour le scénario riverain enfant

L'excès de risque individuel (ERI) cumulés dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets sans seuil pour 1 enfant. L'oxyde d'éthylène (à proximité de Lavéra) contribue à l'excès de risque.

Tableau 76. Populations exposées

Scénario	Population exposée à ERI > 10^{-5}	Population exposée à ERI > 10^{-4}
Risques cumulés à effet sans seuil – tout organe cible		
Riverain Enfant	1 (< 100 enfants habitants)	0 enfant habitant

Figure 132 : carte de l'ERI cumulé pour le scénario Riverain Enfant - 2021



La zone impactée est située sur Martigues autour des quartiers de Lavéra.

Les cumuls des effets cumulés sans seuil par système cible et totaux sont présentées en annexe 6 pour le scénario Enfant Riverain.

XII DISCUSSIONS

Lors de cette étude, Les écarts observés entre les **concentrations mesurées** (issues de capteurs ou stations de surveillance) et les **concentrations modélisées** (issues de simulations basées sur les inventaires d'émissions) sont significatifs, d'un facteur 2 à 150 selon les polluants étudiés ici.

Ces écarts questionnent sur la qualité des données d'entrée, sur les choix méthodologiques utilisés. Ce chapitre va donc proposer une discussion autour des items ayant une influence sur les résultats de l'étude :

- Les émissions
- La modélisation
- Les années de référence
- Les mesures sur le territoire
- La météorologie locale prise en compte
- Les temps d'exposition
- Les valeurs de référence retenues
- Le périmètre géographique
- Les substances étudiées

XII.1 Les émissions

L'inventaire des émissions polluantes est un outil essentiel pour évaluer et gérer la pollution de l'air. Il quantifie les différents types de polluants émis par diverses sources et de suivre leur évolution au fil du temps.

Trois secteurs d'activité présentent des incertitudes plus fortes :

Les activités maritimes

Les principaux polluants atmosphériques émis par les navires incluent les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, les particules fines, les métaux lourds, le dioxyde de carbone… Tous ces polluants ne disposent pas de facteur d'émissions (EF) dans les bases OMINEA[20] et EMEP[21].

Ainsi, par exemple, les émissions de vanadium utilisées ici n'ont aucune origine maritime car elles ne sont pas comptabilisées. Elles le seront dans les prochaines versions de l'inventaire des émissions d'AtmoSud, suite à la publication d'études proposant des facteurs d'émissions pour ce métal.

Les secteurs industriels

Ces émissions proviennent de processus de production variés, comme l'utilisation de combustibles fossiles, le traitement chimique, la production d'énergie, et la transformation des matières premières.

Bien que les exploitants déclarent annuellement leurs émissions sur la plateforme GEREP, celles-ci ne couvrent pas systématiquement les sources diffuses. Plus difficiles à localiser et à quantifier que les sources ponctuelles, ces émissions issues de zones étendues ou de processus non confinés (évaporations, fuites, poussières) génèrent des incertitudes dans les modèles de dispersion, nécessitant ensuite des ajustements des cartes pour les aligner avec les mesures de terrain.

Enfin, au niveau des outils, la plateforme GEREP remplit chaque année les obligations communautaires et internationales de la France en termes de déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets. **L'outil a connu une évolution importante du format de déclaration en 2019 qui a pu entraîner des différences de comptage avant et après 2019**.

[20] https://www.citepa.org/fr/ominea/
[21] https://www.emep.int/

Les émissions résidentielles

L'inventaire utilisé est la version V9.

Récemment, la méthodologie de comptage a été révisée pour prendre en compte la mise à jour des facteurs d'émissions au niveau national[22].

Un travail approfondi sur l'état des connaissances en matière d'émissions de particules incluant les condensables issues des équipements domestiques de chauffage au bois a ainsi permis de proposer une nouvelle classification des appareils et des niveaux d'émission associés, pouvant être intégrée dans l'inventaire national des émissions géré par le Citepa[23].

L'impact de cette mise à jour méthodologique a été évalué par le Citepa et il en ressort que cela amènerait à augmenter la part des émissions en PM2,5 associées au bois domestique par rapport au total national (de 42 % à 61 % pour l'année 2020).

L'inventaire des émissions tel qu'utilisé dans le cadre de cette étude est de nature à sous-estimer les concentrations déterminées par modélisation. Mais les cartes issues de la dispersion sont recalées avec la mesure sur le territoire.

Ainsi la sous-estimation initiale des émissions est nuancée par le calage des sorties modélisées par la mesure sur le territoire.

XII.2 La modélisation

Limites de la modélisation : simplification des phénomènes physico-chimiques

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. Les modèles de dispersion simplifient les phénomènes complexes de l'atmosphère, ce qui introduit des incertitudes, tant dans la conception du modèle que dans les données d'entrée. Les conditions météorologiques, les scénarios d'émission et même les caractéristiques des sources peuvent varier, affectant la précision des prévisions.

Malgré sa précision, tout modèle a des limites dans la prise en compte des réactions chimiques complexes. C'est également le cas pour ADMS-Urban. Ces limites ne sont toutefois pas de nature à modifier les conclusions de l'étude car la correction statistique permet de recaler ces dispersions et de tenir compte d'une concentration de fond locale à partir des mesures disponibles.

Limites de la modélisation : dispersion des panaches

Les modèles gaussiens sont couramment utilisés pour la dispersion des panaches de polluants en raison de leur simplicité et de leur efficacité. Cependant, ils présentent plusieurs limites importantes dont la diffusion limitée : les modèles gaussiens ne prennent pas en compte la diffusion des panaches au-delà d'une courte période (souvent une heure), ce qui peut conduire à des panaches très tranchés sous les cheminées.

Ainsi pour les grandes sources ponctuelles, un modèle lagrangien, qui suit le mouvement des particules individuelles, peut offrir une représentation plus précise de la dispersion des polluants.

Ces limitations montrent que, bien que les modèles gaussiens soient utiles pour des estimations rapides et simples, ils ne sont pas toujours adaptés pour des analyses détaillées ou des conditions environnementales complexes.

Une amélioration possible pourrait être l'utilisation d'un modèle lagrangien pour la dispersion des émissions des sources industrielles, de type PMSS.

XII.3 Les années de référence

Pour l'inventaire des émissions

L'année de référence pour l'inventaire des émissions utilisé dans l'étude SCENARII-2 est **2019**. Les raisons de ce choix s'appuient sur :

- **Disponibilité des données** : Les inventaires des émissions sont réalisés avec un décalage de deux ans, dû aux délais de mise à disposition des données.
- **Impact de la COVID-19** : L'année 2020, bien que disponible, a été jugée non représentative en raison de la pandémie de COVID-19, qui a eu un impact significatif sur l'activité économique et les émissions.
- **Délai de mise à disposition** : L'année 2021 n'était pas disponible au moment du démarrage de l'étude.

Pour la météorologie

La météorologie de l'année 2021 a été utilisée.

Pour les mesures de qualité de l'air

Les mesures réalisées sur le territoire entre 2018 et 2023 ont été prises en compte :

- La moyenne 2018-2023 pour corriger le biais global de la dispersion
- Les mesures réalisées en 2021 pour corriger localement.

Les incertitudes ne sont pas de nature à remettre en question les conclusions de l'étude.

XII.4 Les mesures

AtmoSud réalise des mesures de différents polluants en plusieurs sites permanents ou provisoires depuis de nombreuses années. Le nombre de stations de mesures est variable selon les polluants.

Pour les HAP et les métaux, peu de mesures sont disponibles sur le territoire (en général, deux points de mesure).

Un nombre plus élevé de points de mesure permet d'obtenir une image plus complète et précise de la qualité de l'air, ce qui est essentiel pour une gestion efficace de la pollution atmosphérique.

Des études environnementales peuvent être disponibles sur le territoire et les données issues de ces études peuvent améliorer la connaissance de la qualité de l'air sur la zone. Le besoin de données sur le territoire conduit à **renforcer les échanges avec les acteurs afin de disposer de l'ensemble des données disponibles : accès facilité aux études d'impact, aux analyses dont la spéciation des composés organiques volatils (COV), ou aux mesures ponctuelles réalisées à proximité des sites industriels dans le cadre de l'autosurveillance…**

XII.5 Les temps d'exposition

Lors d'une étude de risque sanitaire, le choix des temps d'exposition est important.

Dans la précédente étude (SCENARII-1), le scénario Riverain Adulte avait été étudié selon les

hypothèses suivantes : 30 ans d'exposition sur 70 ans de vie et 100% du temps au niveau de l'habitation concernée.

Dans cette mise à jour, il a été choisi de travailler les scénarii suivants :

- Riverain Vie Entière : 70 ans d'exposition sur 70 ans de vie et 100 % du temps au niveau de l'habitation concernée
- Riverain Adulte : 30 ans d'exposition sur 70 ans de vie et 100 % du temps au niveau de l'habitation concernée
- Riverain Enfant : 6 ans d'exposition sur 70 ans de vie et 100 % du temps au niveau de l'habitation concernée

Riverain Adulte versus Riverain Vie entière

Le scénario Riverain Adulte est le scénario habituellement rencontré dans les études de risques sanitaires. Il est considéré comme raisonnablement majorant.

Dans les récentes publications de l'INERIS, dont le guide[22] relatif à l'évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires de septembre 2021, **le scénario riverain vie entière est défini comme une approche majorante**.

Dans le cadre de SCENARII-2, les deux approches ont été produites.

Par ailleurs, ces scenarios prennent en compte des coefficients adaptatifs pour 4 polluants pour une meilleure prise en compte de l'exposition des enfants.

Riverain Adulte : adaptation des temps d'exposition selon recensement INSEE

Une autre approche aurait pu être proposée en s'appuyant sur les données statistiques de l'INSEE :

- Selon le recensement INSEE de 2018, l'ancienneté totale d'emménagement dans les résidences principales sur les 66 communes de l'étude était de 18 ans
- Toujours selon l'INSEE, dans les Bouches-du-Rhône, l'espérance de vie à la naissance est comprise entre 79 ans pour les hommes et 85 ans pour les femmes. Une valeur vie entière de 80 ans aurait pu être prise.

L'impact de ce choix est significatif : $ERI_{adulte\ adaptation\ INSEE} = 0.525 \times ERI_{adulte}$. Cela est donc de nature à modifier les résultats de l'étude. Les résultats présentés dans cette étude sont majorés par rapport à cette adaptation possible du temps d'exposition.

Toutefois, ce choix n'aurait pas été habituel. Pour permettre une comparaison avec les résultats de SCENARII-1 et être en accord avec le guide de l'INERIS cité précédemment, il a donc été choisi de conserver la même méthodologie en termes de temps d'exposition soit 30 ans d'exposition sur 70 ans de vie et 100 % du temps au niveau de l'habitation concernée.

XII.6 Les valeurs de référence

Les VTR comportent structurellement des sources d'incertitudes mais elles sont prises en compte dans leur élaboration. Ainsi il est admis que les VTR proposées par les organismes sont précautionneuses.

Entre les deux études SCENARII 1 et 2 (2013 et 2021), les valeurs toxicologiques de référence ont pu évoluer au gré des connaissances sanitaires.

Evolution des VTR à seuil

Tableau 77. Evolution des VTR à seuil pour les substances concernées par des changements entre SCENARII-1 et SCENARII-2

Substances	VTR utilisée dans SCENARII-2	VTR utilisée dans SCENARII-1	Remarque
	exprimée en µg/m³		

[22] https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Ineris_GuideERS-Juillet2021-A4-%2310Quatro_Web.pdf

1,2-DCE	3 000	2 500	-
Benzo(a)pyrène	0,002	Non retenue	INERIS 2018
HAP totaux	0,002	Non retenue	INERIS 2018
Chrome VI	0,03	0,1	INERIS 2017
Nickel	0,23	0,014	INERIS 2015
Cadmium	0,3	0,45	INERIS 2022

- Cas du Cadmium

Le cadmium dispose d'une valeur toxicologique de référence à seuil de 0,45 µg/m^3 ayant pour organes cibles les reins et d'une valeur toxicologique de référence à seuil avec des effets cancérigènes fixée à 0,3 µg/m^3 ayant pour organes cibles les poumons.

Dans l'exercice SCENARII-2, dans une approche majorante, seule cette VTR à seuil avec effets cancérigènes a été retenue dans le calcul du risque à seuil.

Evolution des VTR sans seuil

Tableau 78. Evolution des VTR sans seuil pour les polluants concernés par des changements entre SCENARII-1 et SCENARII-2

Substances	VTR utilisée dans SCENARII-2	VTR utilisée dans SCENARII-1	Remarque
	exprimée en (µg/m³)$^{-1}$		
Benzène	$1,6.10^{-6}$	$2,6.10^{-5}$	ANSES 2024
1,3-butadiène	$7.5.10^{-7}$	$1.7.10^{-4}$	ANSES 2022
Benzo(a)pyrène	$6.0.10^{-4}$	$1.1.10^{-3}$	INERIS 2018
HAP totaux	$6.0.10^{-4}$	$1.1.10^{-3}$	INERIS 2018
Arsenic	$1.5.10^{-4}$	$4.3.10^{-3}$	INERIS 2015
Chrome 6	2.10^{-2}	4.10^{-2}	INERIS 2024
Nickel	$1.7.10^{-4}$	$3.8.10^{-4}$	ANSES 2015
Plomb	$1.2.10^{-5}$	Non retenue	

XII.7 Les substances prises en compte

XII.7.1 Les substances non reconduites

Acide chlorhydrique Acide fluorhydrique	Les émissions sont très faibles. Polluants non retenus
Sélénium	Les émissions sont très faibles. Le ratio à seuil pour ce polluant est inférieur à 0,0001. Il n'est donc pas retenu.
Zinc	Il n'y a pas de VTR à seuil et sans seuil pour cette substance tout comme en 2013. Il n'est donc pas sélectionné.
Benzo[a]anthracène Benzo[b]fluoranthène Benzo[k]fluoranthène Dibenzo[a,h]anthracène Indéno[1,2,3-c,d]pyrène Fluoranthène	Ces HAP ne disposent pas de VTR propres (sauf dibenzo[a,h]anthracène qui dispose d'une VTR sans seuil propre). La VTR est celle du BaP, un facteur d'équivalent toxique étant appliqué. Leurs émissions sont très faibles. Les ratios sans seuil pour ces polluants sont inférieurs à 0,0001. Ils n'ont pas été retenus ; les HAP exprimés en équivalent BaP ont été sélectionnés dans l'étude dans une approche majorante.
Particules diesel	Les études sanitaires récentes ont montré l'impact des particules sur la santé et en particulier les particules les plus fines. Les VTR à seuil et sans seuil pour les particules diesel ne sont aujourd'hui plus adaptées. Ce polluant est discuté dans le paragraphe XII.7.5.

XII.7.2 Les nouvelles substances

Oxyde de propylène Oxyde d'éthylène Chlorure de vinyle monomère (CVM)	Polluants d'intérêt local. Des arrêtés préfectoraux complémentaires visent ces deux polluants sur le territoire
Trichloroéthylène Antimoine Cobalt	Polluants d'intérêt national. L'ANSES a identifié une liste de 13 polluants prioritaires. L'ANSES souligne que des dépassements de VTR peuvent être observés dans des contextes particuliers (industriels notamment).
HAP totaux en eq BaP	Les HAP exprimés en équivalent BaP ont été sélectionnés dans l'étude pour représenter l'ensemble des HAP.

XII.7.3 Le chrome

Les essais de mesure du chrome VI réalisés en été 2025 ont été infructueux. De ce fait, l'impact sanitaire du chrome n'a pas été détaillé dans l'étude mais est discuté ici.

Il est usuel de considérer que 10 % du chrome total se trouve sous la forme hexavalente. Ainsi, Cette répartition sera conservée pour déterminer les flux des deux formes de chrome concernées :

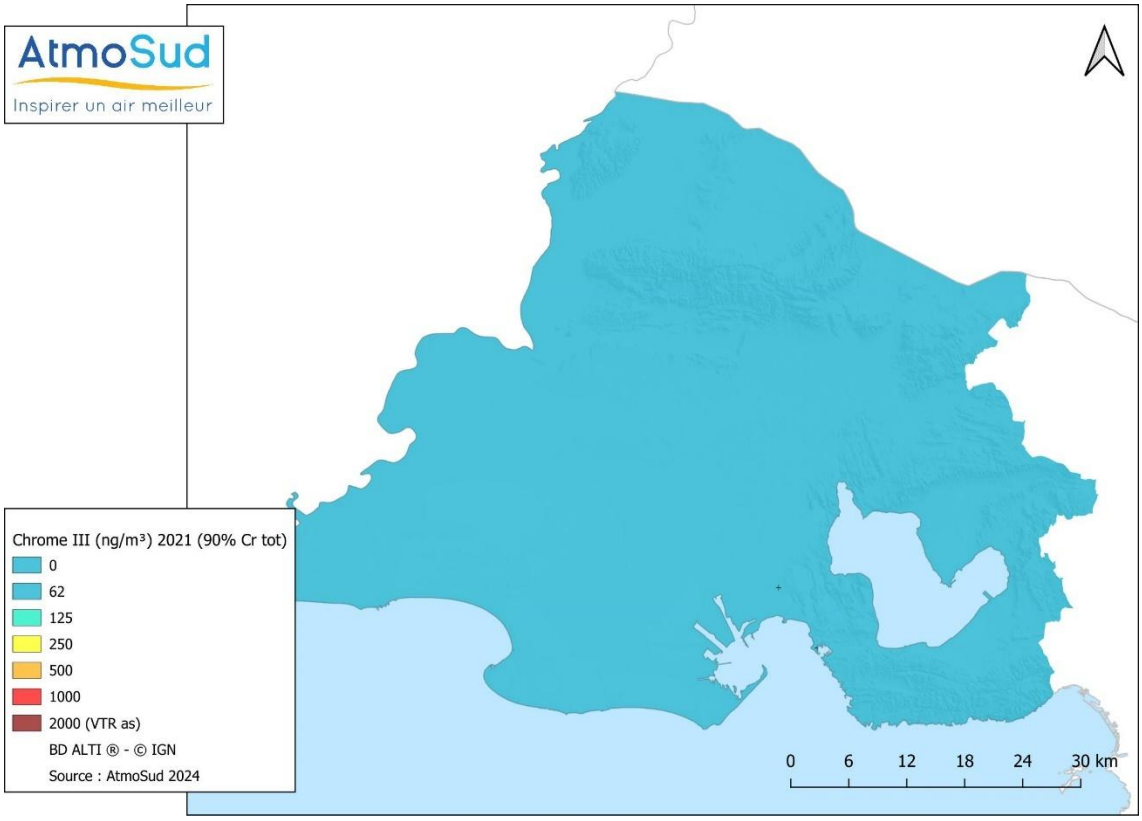
- Chrome III : 90 % du chrome total
- Chrome VI : 10 % du chrome total

Les cartographies des concentrations pour les deux formes de chrome ont été déduites de la répartition du chrome total pour lequel AtmoSud dispose de mesures.

La représentation cartographique des concentrations de chrome VI montre la pluralité des sources d'émissions de chrome dont les principales sont industries et production d'énergie, transports routiers.

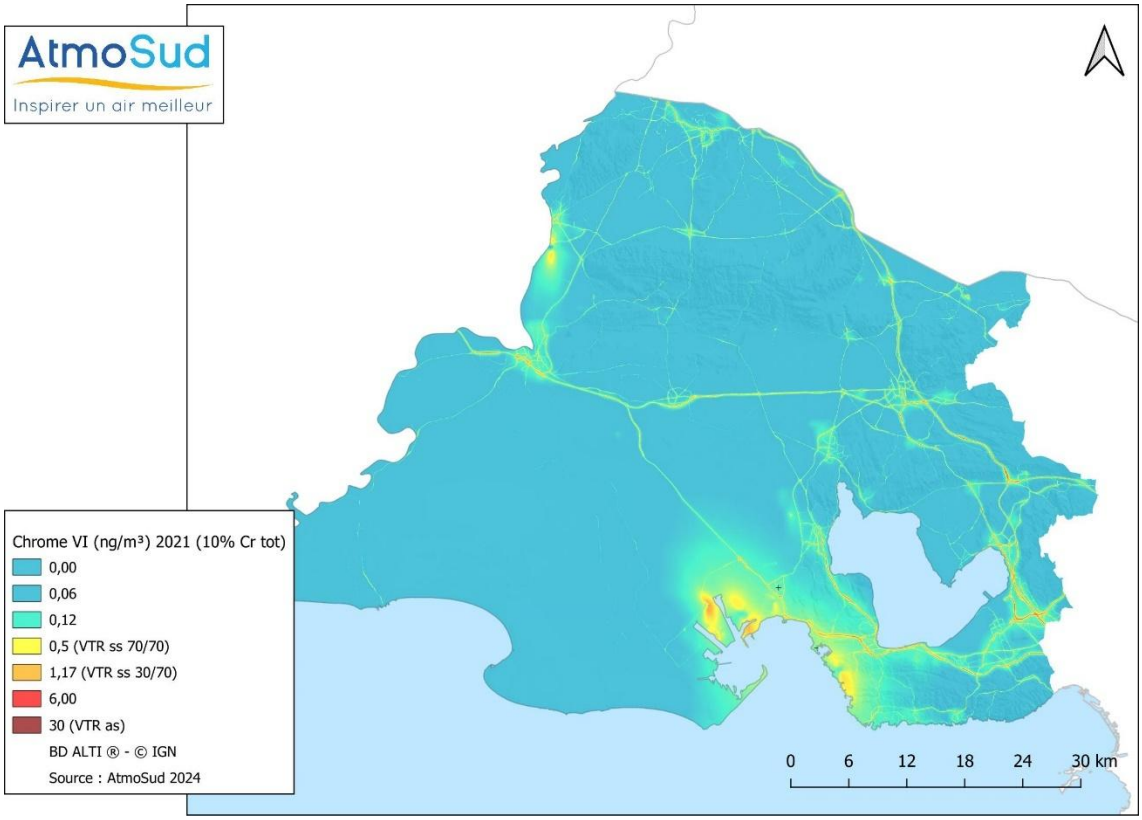
Chrome 3

Figure 133 : concentration moyenne annuelle de chrome III en 2021



Chrome 6

Figure 134 : concentration moyenne annuelle de chrome VI en 2021



Exposition des populations au risque à effet de seuil pour les composés du chrome

La VTR à seuil du chrome III fixée à 2 000 ng/m^3 en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation.

En 2021, le chrome III ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

La VTR à seuil du chrome VI fixée à 30 ng/m^3 en moyenne annuelle pour une exposition chronique par inhalation.

En 2021, le chrome VI ne présente pas de risque de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

Exposition des populations au risque sans effet de seuil pour les composés du chrome

Pas de VTR sans seuil pour le Cr III.

La VTR sans seuil du chrome 6 est fixée à (0,02 µg/m^3)$^{-1}$ pour une exposition chronique par inhalation.

Les cartographies du risque sans seuil pour l'adulte riverain, l'enfant riverain et le riverain vie entière sont présentées ci-après.

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour le chrome VI :

Tableau 79. Population exposée à l'ERI pour le chrome VI

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}	Population exposée ERI > 10^{-4}
Substance : Cr VI			
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	19 000 habitants vie entière	< 100 habitants vie entière
Adulte Riverain 30 ans		2 000 habitants adultes	0 habitant adulte
Enfant Riverain 6 ans		<100 habitants enfant	0 habitant enfant

Figure 135 : carte de l'ERI pour le chrome VI en 2021 pour le scénario Enfant Riverain

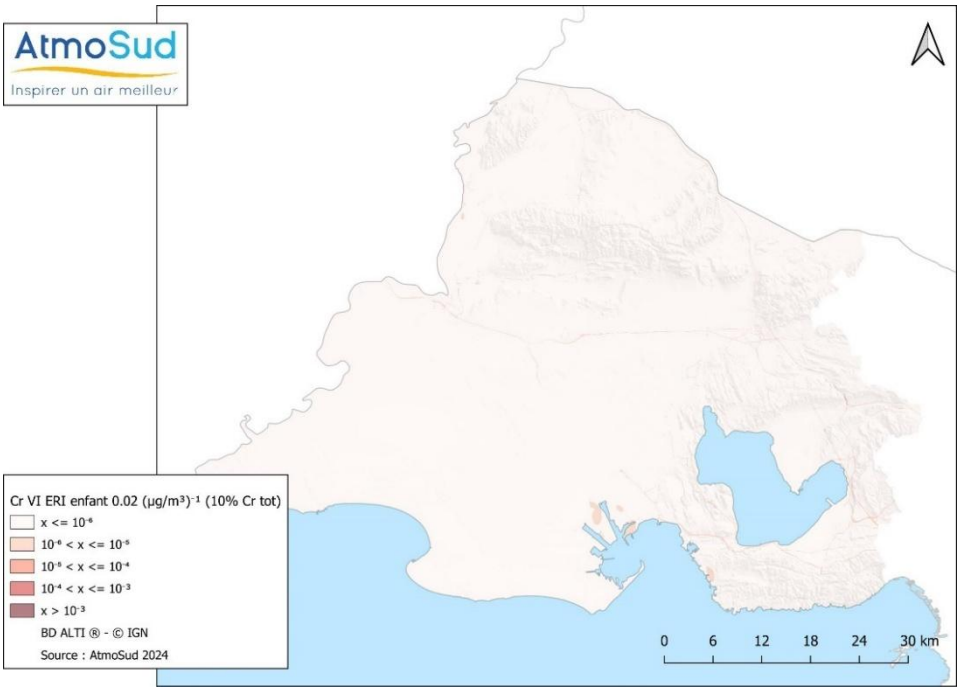


Figure 136 : carte de l'ERI pour le chrome VI en 2021 pour le scénario Adulte Riverain

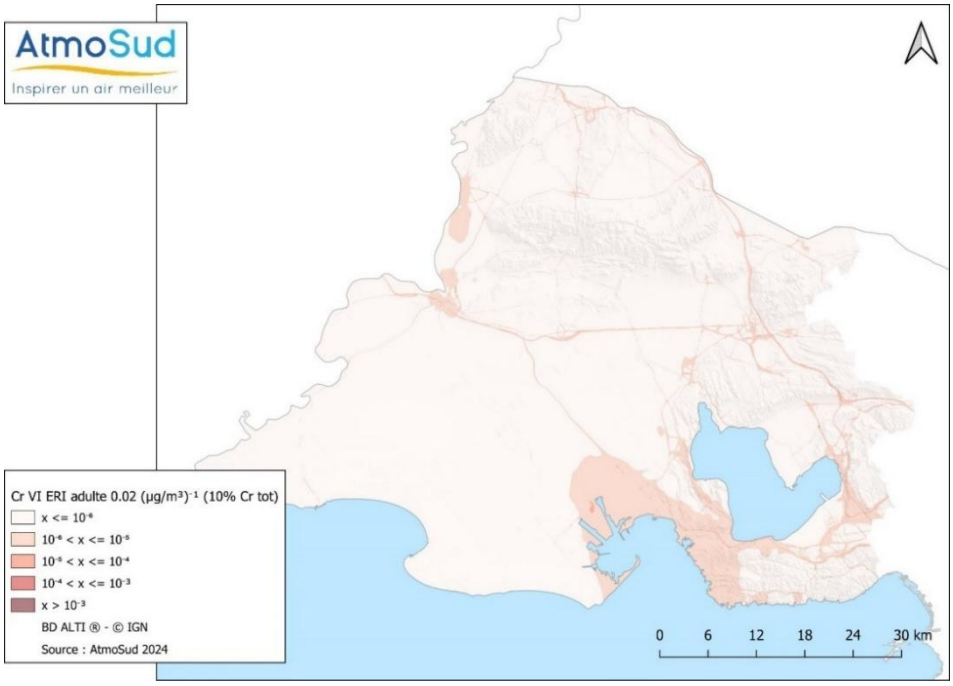
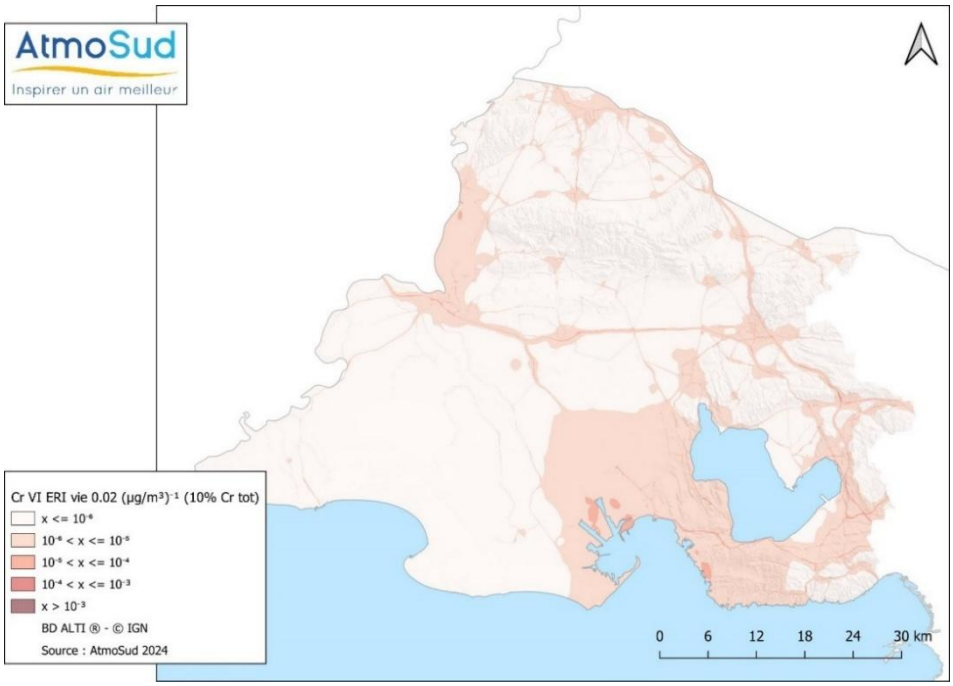


Figure 137 : carte de l'ERI pour le chrome VI en 2021 pour le scénario Riverain vie entière



En 2021, sur la base des hypothèses de travail utilisées dont Cr VI représentant 10 % du chrome total, le calcul du risque sanitaire pour le chrome VI présente un dépassement de la valeur repère pour la VTR sans seuil pour une exposition par inhalation, quel que soit le scénario envisagé.

La population exposée se situe les longs des axes routiers, dans les centres urbains denses et en proximité des zones industrielles de Martigues et Fos-sur-Mer.

L'absence de meures fiable n'a pas permis de consolider les concentrations de Chrome VI ou de conforter le ratio Cr VI / Cr total.

XII.7.4 Les particules PM2.5

Il existe une valeur toxicologique de référence sans seuil pour les particules PM2.5, définie par l'ANSES en janvier 2023 (**Saisine n° « 2019-SA-0198 »). Elle est fixée à 1,28.10^{-2} (µg/m^3)$^{-1}$, décès toutes causes non accidentelles.**

L'ANSES précise dans ce document, qu'aucune VTR portant stricto sensu sur les particules de l'air ambiant n'a été identifiée. Une valeur approchante était une VTR à seuil pour les émissions d'échappement diesel (gaz et particules) élaborée en 2003 par l'US EPA (fixée à 5 µg/m^3). Cette VTR n'est pas jugée pertinente par l'ANSES car elle porte sur la source diesel spécifiquement at sur une génération ancienne de moteurs d'échappement diesel et est marquée par de fortes incertitudes associées à l'extrapolation du rat à l'humain.

Toutefois les modalités d'application de cette VTR sans seuil ne sont pas définies ; par conséquent aucun calcul et aucune carte ne peuvent être produits.

XII.7.5 Les particules diesel

Dans le cadre de SCENARII-1, pour les effets à seuil, seules les particules diesel présentaient des quotients de danger supérieurs à 1. Ces dépassements étaient localisés à proximité immédiate des axes de circulation importants tels que l'autoroute A55, l'autoroute A7 ou encore la départementale D9.

Entre SCENARII-1 et SCENARII-2, les connaissances relatives à l'impact sanitaire des poussières ont évolué. En 2019, l'Anses a mis en œuvre une revue méthodique de la littérature épidémiologique et toxicologique afin d'actualiser les connaissances et d'évaluer les niveaux de preuves associant différents effets néfastes sur la santé à l'exposition aux particules de l'air ambiant selon leurs composés, leurs sources et leur taille : « *Particules de l'air ambiant extérieur. Effets sanitaires des particules de l'air ambiant extérieur selon les composés, les sources et la granulométrie. Impact sur la pollution atmosphérique des technologies et de la composition du parc de véhicules automobiles circulant en France. Avis de l'Anses – Août 2019* »[23]. Les conclusions sont les suivantes :

- **Carbone suie et particules ultrafines** : Les preuves les plus fortes concernent leurs effets néfastes sur la santé respiratoire et cardiovasculaire, ainsi que sur les décès anticipés.
- **Santé neurologique et périnatale** : Les études sont encore limitées, mais il y a des indications d'effets sur le développement cognitif des enfants et le poids de naissance.
- **Composés des particules** : Les aérosols inorganiques secondaires et certains métaux de transition montrent des preuves modérées à fortes d'effets néfastes.
- **Émissions du trafic routier** : Les preuves sont fortes concernant les effets sur la santé respiratoire et cardiovasculaire, avec des indications modérées pour la santé neurologique et périnatale.
- **Combustion de charbon, de produits pétroliers et de biomasse** : Les effets sanitaires sont confirmés par de nouvelles publications.

Ces informations soulignent l'importance de continuer à surveiller et à réduire l'exposition aux particules pour protéger la santé publique.

Les connaissances sanitaires évoluant, les particules PM2.5 sont désormais privilégiés en termes d'impact sanitaire.

Les VTR concernant les particules diesel ne sont plus répertoriées. Les calculs de risque pour les particules diesel ne peuvent donc plus réalisés, dans les règles de l'art, dans l'étude SCENARII-2.

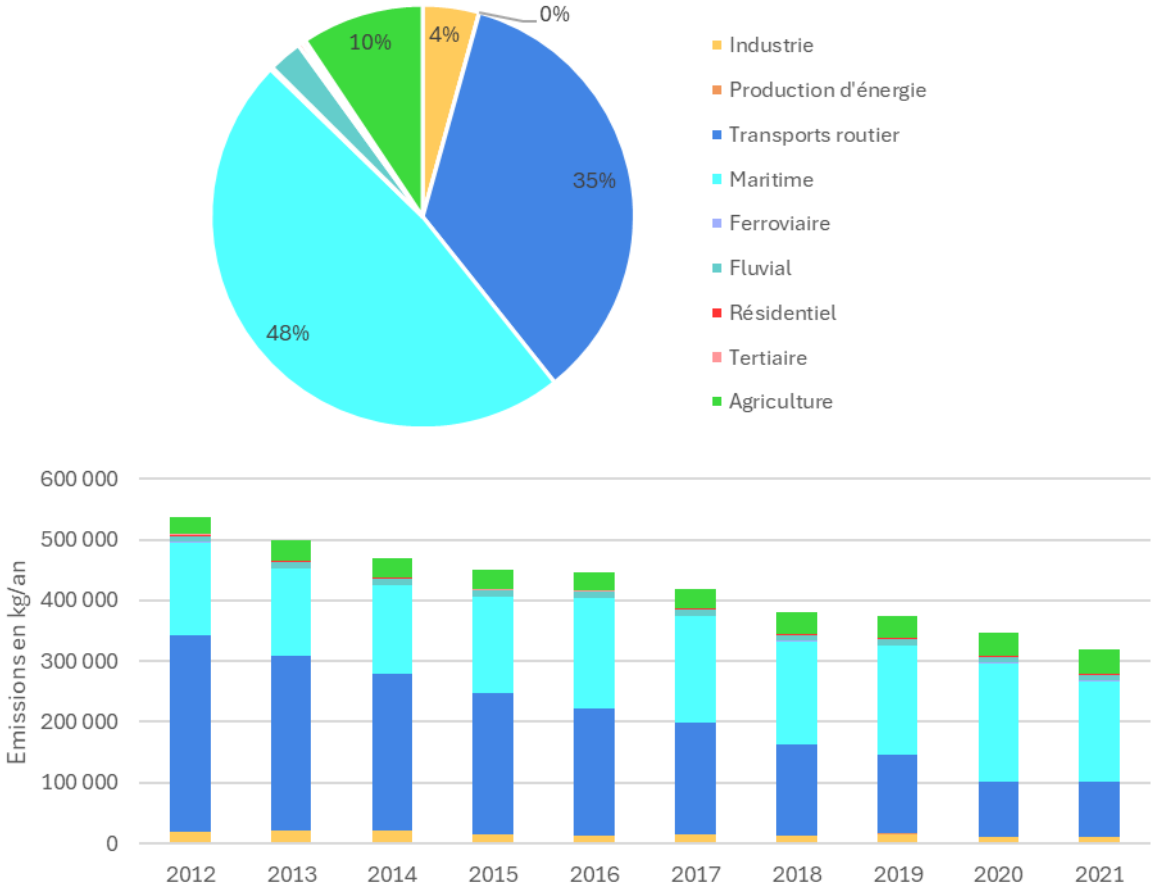
[23] https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2014SA0156Ra.pdf

Quelles émissions de particules diesel sur le territoire d'étude ?

Les émissions de particules diesel sont importantes en région PACA du fait des trois secteurs d'activité prégnants : les transports routiers, le secteur industriel et les transports maritimes.

Le calcul des particules diesel a été réalisé à partir de l'inventaire des émissions : comptabilisation des émissions de particules issues du diesel router, diesel non routier, fioul lourd, fioul domestique. C'est pour cette raison que l'ensemble des secteurs d'activité est représenté.

Figure 138 : émissions 2019 par secteur d'activité et évolution des émissions de PM10 liées à l'utilisation de produits pétroliers depuis 2012 sur le territoire des 66 communes de SCENARII-2 (référence inventaire V9)



Source : AtmoSud

En 2019, les particules diesel sont majoritairement émises par le transport maritime, suivies par le transport routier.

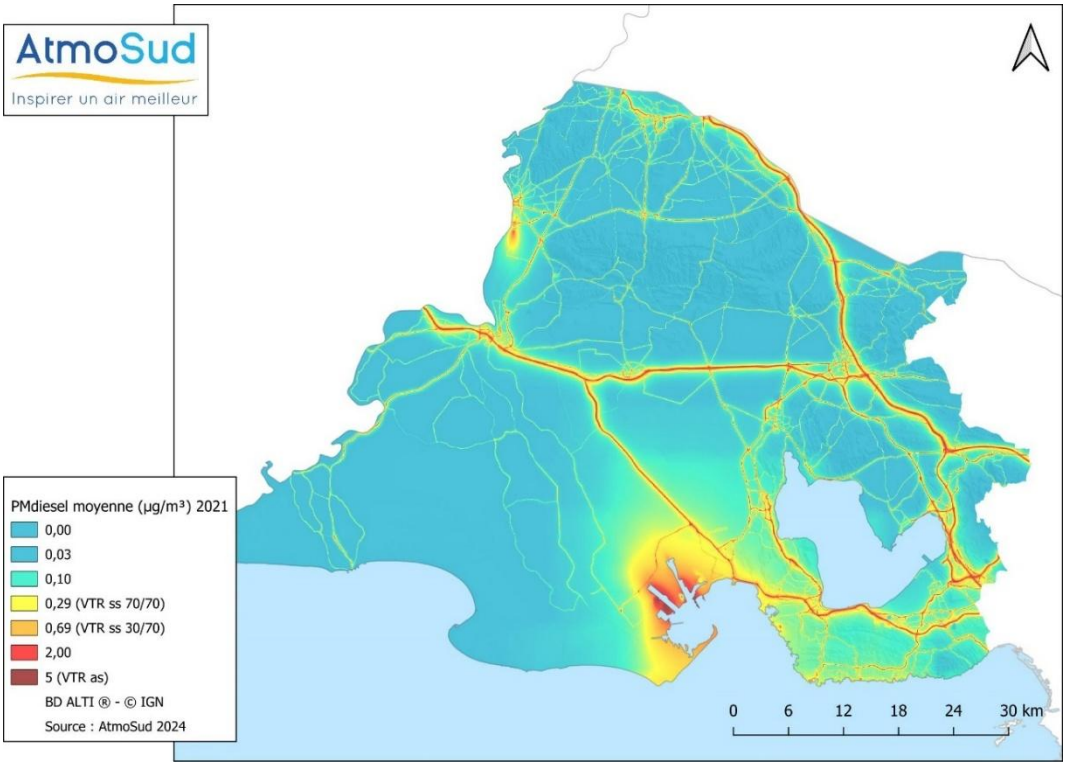
Entre 2013 et 2019, les émissions de particules PM10 issues de l'utilisation des produits pétroliers ont baissé de 30 %.

Cartes des concentrations des particules diesel en 2021

La cartographie présentée ci-dessous a été produite par AtmoSud en prenant en compte les émissions de particules à partir des combustibles fossiles pétroliers (diesel routier, diesel non routier, fioul lourd, fioul domestique).

Les particules diesel ne font pas l'objet de mesures. Les cartes sont corrigées en appliquant la méthode de correction des particules PM10 et PM2.5.

Figure 139 : concentration moyenne annuelle de particules diesel en 2021



Les VTR retenues pour les particules diesel en 2013 étaient les suivantes.

Tableau 80. Valeurs toxicologiques de référence pour les particules diesel

Substance	VTR à seuil		VTR sans seuil	
Particules diesel	5.0 µg/m³	US EPA 2003	3.40E-05 (µg/m³)$^{-1}$	OMS 1996

A titre exploratoire, elles sont retenues ici dans cette discussion. Elles avaient été utilisées dans le cadre de SCENARII-1.

Exposition des populations au risque à seuil pour les particules diesel

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à des concentrations supérieures à la Valeur Toxicologique de Référence à seuil fixée à 5 µg/m³ :

Tableau 81. Population exposée au QD supérieur à 1 pour les Particules Diesel en 2021

Substance	Concentration de référence prise en compte	Population exposée QD > 1	Population totale zone
Particules Diesel	5 µg/m³	< 100 habitants 0 site sensible	627 742 habitants 648 sites sensibles

<u>Sur la base de l'ancienne VTR à effet de seuil</u>

En 2021, les particules diesel auraient présenté un risque faible de dépassement du QD pour la VTR à seuil pour une exposition chronique par inhalation.

Exposition des populations au risque sans seuil pour les particules diesel

Le tableau suivant présente la population riveraine et le nombre d'établissements recevant des personnes sensibles exposés à un excès de risque de 10^{-5} et de 10^{-4} pour les particules diesel :

Tableau 82. Population exposée aux dépassements de la VTR sans seuil pour les Particules Diesel

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}	Population exposée ERI > 10^{-4}
Substances : particules diesel seules			
Riverain Vie Entière 70 ans	627 742 habitants	210 000 habitants	< 1000 habitants
Adulte Riverain 30 ans		41 000 habitants	0 habitant
Enfant Riverain 6 ans		< 100 enfants	0 enfant

Sur la base de l'ancienne VTR sans effet de seuil

En 2021, les particules diesel auraient présenté un risque de dépassement de l'ERI pour la VTR à effet sans seuil pour une exposition chronique par inhalation, quel que soit le scénario envisagé.

Ce risque se localise au niveau des zones de fortes activités : zone industrialo-portuaire de Fos, le long des axes de fort trafic routier, en centres urbains.

XII.7.6 Impact sur le risque cumulé à seuil de la prise en compte des particules diesel et des formes III et VI du chrome

Les particules diesel, le chrome III et le chrome VI agissent tous trois sur les poumons. L'exposition cumulée de la population prenant en compte tous les polluants de SCENARII-2 auxquels sont ajoutées les particules diesel et les formes du chrome est présentée ici :

Tableau 83. Populations exposées au QD supérieur à 1 pour les risques cumulés à seuil pour l'organe : poumon

Population exposée QD > 1	Population totale zone	poumons **avec les particules diesel et chrome III et chrome VI**
	627 742 habitants	200 habitants
	648 sites sensibles	15 sites

XII.7.7 Impact sur le risque cumulé sans seuil de la prise en compte des particules diesel et des formes III et VI du chrome

Le tableau suivant présente la population riveraine exposés à un excès de risque cumulé de 10^{-5} en prenant en compte les particules diésel et du chrome VI en plus des polluants étudiés dans SCENARII-2 :

Tableau 84. Populations exposées à l'ERI pour un risque cumulé sans seuil - tout organe cible

Scénario	Population totale zone	Population exposée ERI > 10^{-5}	Population exposée ERI > 10^{-4}
		Avec PM diesel et chrome VI	Sans PM diesel
Adulte Riverain	627 742 habitants	84 000 habitants adultes	47 habitants adultes
Enfant Riverain		100 enfants	0 enfant
Riverain Vie Entière		401 000 habitants vie entière	4000 habitants vie entières

La prise en compte des particules diesel toutes sources confondues et du chrome VI a un impact non négligeable sur les populations exposées avec une augmentation significative des populations exposées selon les scénarii étudiées (adulte riverain, enfant riverain et riverain vie entière).

XIII SYNTHESE

Ce document présente les résultats de l'étude SCENARII-2, mise à jour de l'étude SCENARII-1 réalisée en 2013.

SCENARII-2 vise à évaluer l'exposition des populations à la pollution atmosphérique sur le territoire de l'Étang de Berre (66 communes), les risques sanitaires associés et à identifier les polluants les plus préoccupants et les zones d'attention particulière où des réflexions sur des actions de réduction des émissions doivent être menées.

Les risques sanitaires liés à une exposition chronique par inhalation de 30 substances ou familles de substances émises par les différents types d'activité recensés dans l'inventaire d'AtmoSud ont été estimés.

XIII.1 Résultats de SCENARII-2

Les concentrations pour les 30 polluants étudiés dans le cadre de cette étude ont toutes évolué ou à la stabilité ou à la baisse. En conséquence, le niveau d'exposition des populations à la pollution atmosphérique à baissé entre les deux études.

XIII.1.1 Pour les polluants réglementés sans VTR

Pour le dioxyde d'azote NO2, les particules fines (PM2.5 et PM10) et le dioxyde de soufre qui ne disposent pas de valeur toxicologique de référence (VTR), des dépassements des valeurs limites (VL) et des lignes directrices de l'OMS sont encore observés :

Tableau 85. Populations exposées à des valeurs supérieures aux seuils réglementaires en 2021

Polluant	Valeurs réglementaires en vigueur	Valeurs réglementaires 2030	LD OMS 2021
Dioxyde d'azote	< 500 habitants	13 000 habitants	458 000 habitants
Dioxyde de soufre	/	0 habitant	/
Poussières PM10	0 habitant	7 000 habitants	627 000 habitants
Poussières PM2.5	0 habitant	301 000 habitants	627 742 habitants

XIII.1.2 Synthèse pour les substances à effet à seuil

Aucun dépassement du quotient de danger (QD >1) n'est observé pour l'ensemble des substances étudiées tant en exposition unitaire que cumulée.

XIII.1.3 Résultats les substances à effet sans seuil

- **Exposition chronique unitaire - Effet sans seuil**

Le scénario Riverain Vie Entière est majorant : il considère que la population vit 100 % de son temps au niveau de son lieu de résidence de sa naissance à son décès.

Pour ce scénario majorant Riverain Vie Entière, le 1,2-DCE, le CVM, l'oxyde d'éthylène et le Cobalt présentent unitaire un excès de risque individuel supérieur à 10^{-5} (valeur repère).

Pour les scénarios Adulte Riverain (scénario réaliste) et Enfant Riverain, seul l'oxyde d'éthylène présente un excès de risque individuel supérieur à 10^{-5}. Cet excès de risque est localisé sur Martigues autour de la plateforme de Lavéra.

Tableau 86. Populations exposées à des valeurs supérieures aux VTR sans seuil pour un excès de risque supérieur à 10^{-5}

Polluant	Risque sans seuil – SCENARII-2 – année de référence 2021		
	Riverain Vie Entière	Adulte riverain	Enfant riverain [0-6]
	Scénario majorant	Scénario réaliste	Scénario Enfant
Ammoniac		Pas d'effet sans seuil	
Sulfure d'hydrogène		Pas d'effet sans seuil	
Benzène	0	0	0
1,3-butadiène	0	0	0
1,2-DCE	100	0	0
CVM	< 100 (10)	0	0
Oxyde d'éthylène – 2023	800	< 100 (12)	< 100 (1)
Oxyde de propylène	0	0	0
Trichloroéthylène	0	0	0
Naphtalène	0	0	0
Benzo(a)pyrène	0	0	0
HAP totaux eq. BaP	0	0	0
Antimoine		Pas d'effet sans seuil	
Arsenic	0	0	0
Cadmium		Pas d'effet sans seuil	
Cobalt	< 100 (95)	0	0
Cuivre		Pas d'effet sans seuil	
Manganèse		Pas d'effet sans seuil	
Mercure - 2023		Pas d'effet sans seuil	
Nickel	0	0	0
Plomb	0	0	0
Vanadium		Pas d'effet sans seuil	
Dioxines et furannes		Pas d'effet sans seuil	
PCB		Pas d'effet sans seuil	

Exposition chronique cumulée – Effets sans seuil

- Pour le scénario **Riverain Vie entière**, dit majorant

Pour 28 000 habitants (soit près de 4,5 % de la population de la zone d'étude), l'excès de risque individuel ERI dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets cumulés sans seuil.

Les zones géographiques les plus impactées sont Port-de-Bouc (50 % des populations touchées), Martigues (25 %) et Berre-L'Etang (18 %).

Les polluants tirant le risque sont : l'oxyde d'éthylène, le 1,2-DCE, le CVM, le cobalt mais aussi le benzène et le naphtalène. Les contributions des substances à l'exposition des populations sont variables en fonction des zones du territoire étudié et des activités représentatives.

- Pour le scénario **Riverain adulte**, dit réaliste

Pour 400 adultes riverains, l'excès de risque individuel ERI dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets cumulés sans seuil. La zone géographique la plus impactée est Martigues. Les polluants tirant le risque sont : l'oxyde d'éthylène, le 1,2-DCE, le benzène, le cobalt et le naphtalène. Les contributions de ces substances à l'exposition des populations est variable en fonction des zones du territoire étudié et des activités représentatives.

- Pour le scénario **Riverain enfant** :

Pour moins de 100 enfants riverains (1 enfant), l'excès de risque individuel ERI dépasse la valeur repère de 10^{-5} pour les effets cumulés sans seuil. La zone géographique concernée est Martigues.

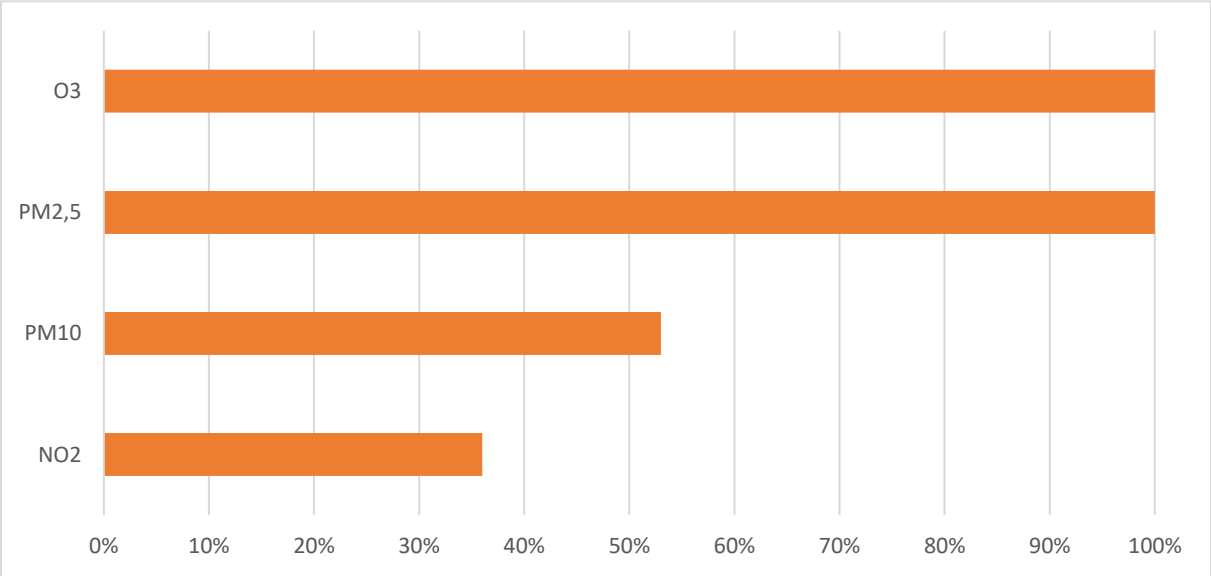
XIII.2 Comparaison SCENARII-1 / SCENARII-2

XIII.2.1 Pour les polluants réglementés sans VTR

Pour les 4 polluants majeurs réglementés (NO_2, PM10 et M2.5, Ozone O_3) : la situation s'améliore depuis 2015. Les concentrations de dioxyde d'azote NO_2 et de particules PM10 ont baissé de 30 % sur la zone entre 2015 et 2024. Les niveaux moyens de PM2.5 ont baissé de 30 à 40 % selon les zones du territoire sur la même période. La baisse des concentrations en polluants réglementés est largement conduite par la pression réglementaire européenne sur les activités polluantes, notamment les transports routiers et l'industrie.

Mais les populations sont toujours exposées à des dépassements de valeurs de référence :

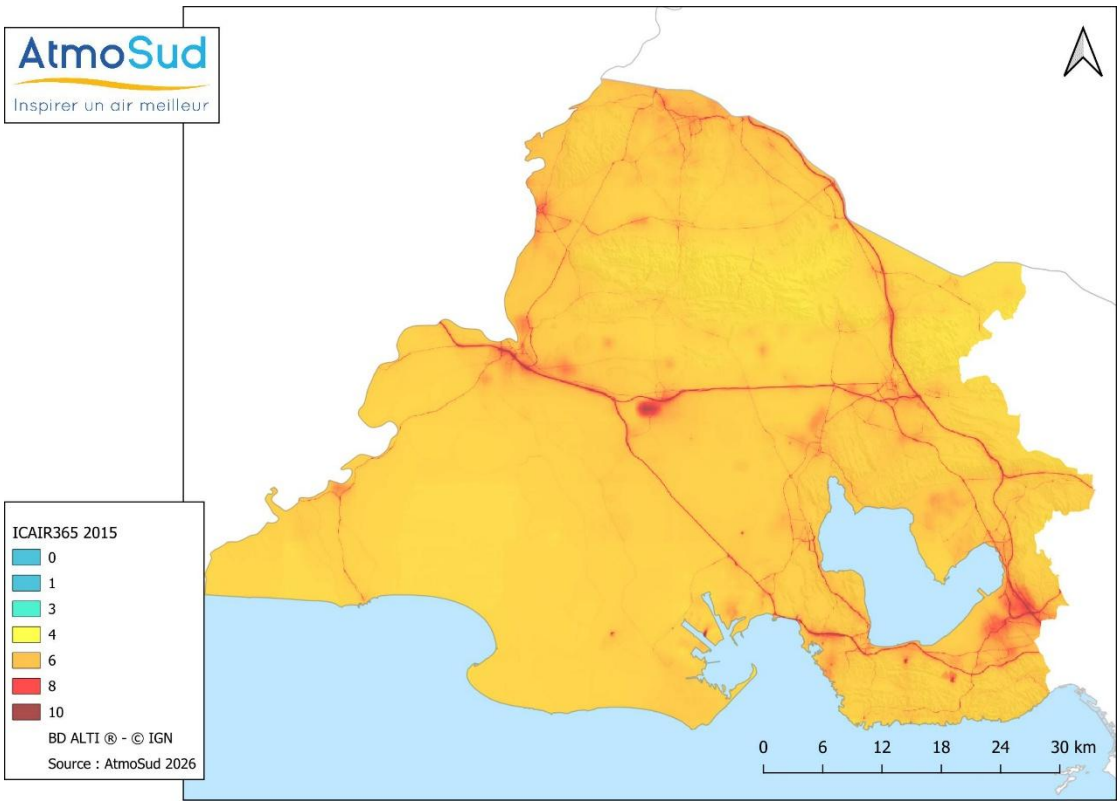
Figure 140 : Exposition de la population aux valeurs de l'OMS sur le territoire SCENARII - 2024

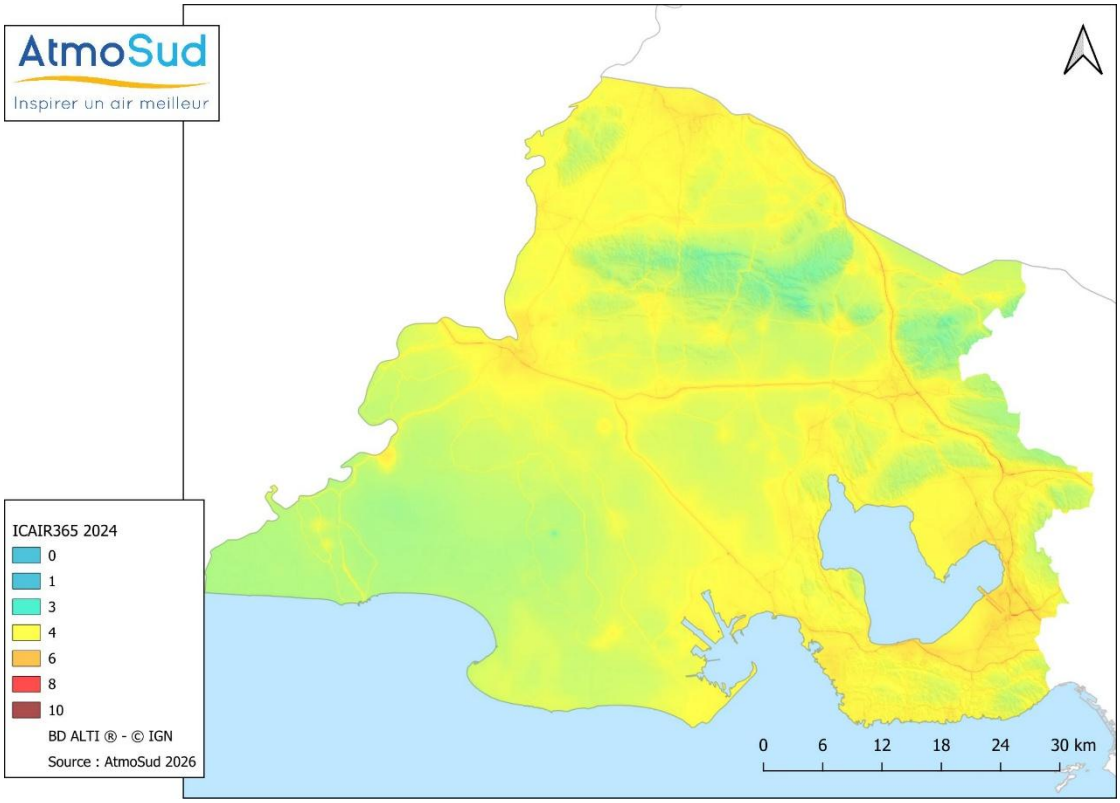


L'indice ICAIR365 est un indice annuel intégrant les concentrations de PM10, PM2.5, NO_2 et O_3. Un point d'indice correspond à l'intervalle entre 0 et la Ligne Directrice OMS, quel que soit le polluant considéré.

En 2015, les valeurs de l'indice ICAIR allaient de 4.9 (dans les Alpilles) à plus de 12 sur certaines portions d'autoroute. En 2024, l'amélioration des expositions se concrétise par des valeurs d'ICAIR qui s'échelonnent de 3.3 à plus de 7 sur les mêmes zones. Cette évolution représente une amélioration globale d'environ 30 à 40% de l'indice selon les zones.

Figure 141 : évolution de l'indice ICAIR365 sur la zone SCENARII entre 2015 et 2024 – Source : AtmoSud





Les Lignes Directrices OMS sont encore dépassées sur de larges portions du territoire. Pour rappel, ces seuils sont aussi les objectifs à long terme de la directive européenne de 2024 pour un air plus pur pour l'Europe. Mais la dynamique va clairement dans le sens d'une baisse de l'exposition des populations, pour peu que les efforts d'amélioration soient maintenus.

XIII.2.2 Evolution des polluants tirant le risque dans le cadre de SCENARII-1

Les polluants tirant le risque dans le cadre de SCENARII-1 étaient, en dehors des polluants réglementés, les polluants suivants : benzène, 1,3-butadiène, 1,2-dichloroéthane et les particules diesel.

XIII.2.2.1 Les particules diesel

Elles ne font plus l'objet de valeurs toxicologiques de référence depuis 2019.

Une VTR sans seuil a été déterminée pour les PM2.5 ; les règles d'application ne sont pas définies. Cette valeur n'a pas pu être utilisée dans le cadre de cette étude SCENARII-2.

Les particules diesel n'ont pas été étudiées dans SCENARII-2 et le calcul du risque sanitaire pour les effets sans seuil n'a pas pu être réalisé pour les particules PM2.5. Scenarii-1 avait mis en évidence un risque associé à l'exposition des suies diesel qui concernait 5,6 % de la population des 66 communes

XIII.2.2.2 Le benzène

Le benzène est émis majoritairement par 4 secteurs d'activité : transport maritime, résidentiel, production d'énergie et industrie.

Ses émissions ont baissé de 15 % entre 2013 (année de référence de SCENARII-1) et 2023. Les concentrations mesurées sont stables ou baissent également (voir chapitres X.7.1 et X.7.2) selon les points de mesure. En moyenne la baisse est de 30 %.

Les niveaux moyens en benzène sur la zone d'étude ont baissé depuis 2012. En 2021, il n'y a pas de population exposée à des dépassements de la valeur limite 2010 fixée à 5 µg/m^3 pour le benzène ou de la valeur limite 2030 fixée à 3.4 µg/m^3.

Moins de 100 habitants sont exposés à une concentration annuelle supérieure à l'objectif de qualité de 2 µg/m^3. Ils sont situés autour de la zone industrielle de Lavéra et au niveau des axes routiers de très forte fréquentation.

En juillet 2024, l'ANSES a publié un avis relatif à la mise à jour des VTR à court, moyen et long terme par voie respiratoire pour le benzène[24] dans lequel il construit des VTR pour le benzène prenant en compte l'évolution des connaissances épidémiologiques et scientifiques :

- VTR chronique à seuil par inhalation : 10 µg/m^3 ;
- VTR chronique sans seuil par inhalation : ERU = 1,6.10^{-6} (µg/m^3)$^{-1}$;

Lors de l'étude SCENARII-1 produite sur l'année de référence 2013, la VTR sans seuil du benzène était de 2,6.10-5 (µg/m^3)$^{-1}$ soit 16 fois plus contraignante que celle utilisée dans l'étude SCENARII-2 en 2024.

Ce changement de VTR, lié à une meilleure connaissance des effets sanitaires, a un impact significatif sur les résultats de SCENARII-2.

En 2021, aucune population n'est exposée à un excès de risque chronique par inhalation de benzène.

[24] https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2021MPEX0005Ra.pdf

XIII.2.2.3 Le 1,3-butadiène

En 2019, le 1,3-butadiène est émis très majoritairement par le secteur industriel, ainsi que pour une faible part par les secteurs du transport routier et de la production d'énergie. Les émissions ont fortement augmenté entre 2013 et 2019 (+72 %), mais redescendent depuis 2019 sans toutefois avoir retrouvé leur minimum de 2016.

Des campagnes de mesure ont été régulièrement mises en œuvre depuis 2015 par échantillonnage passif. A partir de 2021, les mesures sont réalisées par analyseur automatique, sur les sites de Port-de-Bouc, Martigues Lavéra et Berre.

Les niveaux de 1,3-butadiène depuis 2015 sont globalement stables quel que soit le point de mesure sur la zone d'étude.

Les concentrations du 1,3-butadiène dans l'environnement ne sont pas réglementées.

En avril 2019, l'ANSES (agence d'expertise pour le choix et la construction des VTR) a été saisie par la DGS et la DGPR afin de sélectionner ou d'élaborer des VTR à long terme pour le 1,3-butadiène au vu des nouvelles données scientifiques.

Considérant les différentes limites et incertitudes des VTR cancérogènes par voie respiratoire existantes, l'ANSES a construit une nouvelle VTR en se basant sur les résultats de l'étude de Sathiakumar *et al.* (2021)[25] qui montre des excès de décès par « leucémies lymphoïdes » associés à l'exposition au 1,3-butadiène[26] :

- VTR chronique à seuil par inhalation : 2 µg/m^3
- VTR chronique sans seuil par inhalation : ERU = 7,5.10^{-7} (µg/m^3)$^{-1}$

Lors de l'étude SCENARII-1 produite sur l'année de référence 2013, la VTR sans seuil du 1,3-butadiène était de 1,7.10^{-4} (µg/m^3)$^{-1}$, soit plus de 200 fois plus contraignante que celle utilisée dans l'étude SCENARII-2.

Ce changement de VTR, lié à une meilleure connaissance des effets toxiques de la substance, a un impact non négligeable sur les résultats de SCENARII-2.

En 2021, aucune population n'est exposée à un excès de risque chronique par inhalation de 1,3-butadiène.

XIII.2.2.4 Le 1,2-dichloroéthane

En 2019, le 1,2-DCE est émis exclusivement par **le secteur industriel**.

Les émissions entre 2013 et 2019 sont légèrement en hausse (+10 %), mais la tendance générale sur un temps plus long (jusqu'en 2023) est globalement à la baisse.

Des campagnes de mesure ont été régulièrement mises en œuvre depuis 2015 par échantillonnage passif.

[25] Sathiakumar N, Bolaji BE, Brill I, Chen L, Tipre M, Leader M, Arora T, Delzell E. 2021. 1,3-Butadiene, styrene and lymphohaematopoietic cancers among North-American synthetic rubber polymer workers : exposure response-analyses. Occup Environ Med 2021. 78(12):859-868.
[26] https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2019SA0073Ra.pdf

Pour les points de surveillance bénéficiant d'un historique, les niveaux sont en baisse depuis 2018 voire 2014-2015 de 10 à 50 % selon les points de surveillance.

Les concentrations du 1,2-dichloroéthane dans l'environnement ne sont pas réglementées.

La VTR sans seuil n'a pas évolué entre 2013 et 2021.

En 2013, 146 personnes étaient exposées à un excès de risque sanitaire par inhalation chronique pour le scénario Adulte Riverain.

Dans le cadre de SCENARII-2, selon le scénario majorant vie entière, 100 personnes sont exposées à un excès de risque sanitaire par inhalation (risque de 10^{-5}). Les zones influencées sont situées à proximité des zones industrielles de Fos et Martigues / Lavéra (excès de risque compris entre 10^{-5} et 10^{-6} pour le scénario majorant Vie Entière).

Selon les scénarios Adulte riverain et Enfant riverain, aucune population n'est, en 2021, exposée à un excès de risque sanitaire (risque de 10^{-5}).

XIII.2.3 Des « nouveaux » polluants pour SCENARII-2 ?

XIII.2.3.1 Le chlorure de vinyle monomère

En 2019, le chlorure de vinyle monomère CVM est émis presque uniquement par **le secteur industriel**.

Entre 2013 et 2019, les émissions de CVM sont en baisse (-13 %), mais remontent fortement depuis 2020.

Cette substance n'avait été étudiée en 2013 dans le cadre de SCENARII-1. Elle a été ajoutée dans la mise à jour de SCENARII car d'intérêt local. Des mesures ont été réalisées par AtmoSud dans le cadre des arrêtés préfectoraux complémentaires relatifs à l'encontre des exploitations industrielles émettrices de COV entre 2019 et 2023 (APC COV).

Les mesures de CVM sont opérées par analyseurs automatiques depuis 2021 par AtmoSud au droit des sites de Martigues Lavéra, Port-de-Bouc et Berre-L'Etang.

Le seuil de 10^{-5} est dépassé pour 10 habitants pour l'exposition chronique par inhalation pour le scénario majorant Riverain Vie Entière. Il n'y a pas de dépassement du seuil de 10^{-5} pour les scénarios Adulte riverain (scénario réaliste) et Enfant riverain.

Les zones influencées sont localisées sur Berre-L'Etang.

XIII.2.3.2 L'oxyde d'éthylène

L'oxyde d'éthylène est émis exclusivement par le secteur industriel. Entre 2013 et 2019, les émissions sont stables. Une forte baisse est enregistrée à partir de 2018. Il est émis sur les zones de Fos et de Martigues Lavéra.

En effet, à partir de 2022 les émissions d'oxyde d'éthylène ont été nettement réduites, et de façon pérenne, par amélioration du process industriel. Les années 2020 et 2021 correspondent à la mise en

place progressive du projet. Les émissions des années 2023 et 2024 confirment les niveaux de 2022 (source : DREAL PACA).

AtmoSud réalise des mesures sur le territoire depuis 2020 par échantillonnage actif sur 7 jours pendant 14 % de l'année. Elles restent inférieures à la limite de quantification LQ analytique de 0,81 µg/m^3. Les méthodes analytiques disponibles ne permettent pas d'abaisser ce seuil analytique qui reste élevé par rapport à la VTR sans seuil.

Les mesures réalisées sur le territoire n'ont donc pas pu être utilisées pour corriger les sorties de modélisation. Le constat d'une sous-estimation systématique des sorties de modèles versus les mesures pour les autres substances conduit le comité de pilotage à utiliser cette donnée calculée pour l'évaluation des risques.

Les concentrations de l'oxyde d'éthylène dans l'environnement ne sont pas réglementées.

Ce polluant n'était pas étudié dans le cadre de SCENARII-1.

Il a été ajouté en raison de son intérêt local : il est visé par des arrêtés préfectoraux complémentaires relatifs aux émissions de COV (APC COV).

Le calcul de risque sanitaire pour 2023 montre un dépassement du seuil de 10^{-5} pour 800 habitants pour l'exposition chronique par inhalation pour le scénario majorant Riverain Vie Entière. Il y a de dépassement du seuil de 10^{-5} pour les scénarios Adulte riverain (12 adules, retenu < 100) et Enfant riverain (1 enfant, retenu < 100).

XIII.2.3.3 Le cobalt

En 2019, le cobalt est émis aux trois quarts par l'industrie et pour un quart par la production d'énergie.

Entre 2010 et 2019, une baisse de -55 % des émissions de cobalt est observée, poussée par une chute de -72 % des émissions de la production d'énergie et une baisse significative des émissions industrielles (-46 %). On note une augmentation des émissions de cobalt à partir de 2023 sur le secteur « industrie ».

Depuis 2015, des mesures de métaux particulaires sont opérationnelles sur les sites de Fos Carabins et de Port-de-Bouc à raison d'au moins une mesure 1 semaine sur 3 pour une représentativité temporelle de plus de 33 %.

Depuis 2018, les concentrations de cobalt sont en baisse de 37 à 50 % sur les sites de Fos Carabins et Port-de-Bouc. Les concentrations de cobalt dans l'environnement ne sont pas réglementées.

L'exposition sanitaire à ce métal par inhalation chronique n'avait pas été évaluée dans le cadre de SCENARII-1. Il a été retenu dans SCENARII-2 car polluant d'intérêt national.

En 2021, le calcul de risque sanitaire ne met pas en évidence de dépassement de l'ERI pour les scénarios Adulte Riverain (scénario réaliste) et Enfant Riverain. Pour le scénario majorant (riverain vie entière), le calcul du risque effectué présente un dépassement de l'ERI concernant 95 habitants (retenu < 100) le long des axes routiers et autour des zones industrielles.

Les indicateurs de risque peuvent être comparés aux domaines de gestion proposés par le Haut Conseil de Santé Publique (2010) présentés ici :

Tableau 87 : Domaines de gestion des risques pour l'interprétation des résultats de l'étude quantitative des risques sanitaires dans le cadre d'une étude de zone (HCSP, 2010)

Critères		Interprétation des résultats
Domaine d'action rapide	ERI > 10^{-4} ou QD > 10	Les risques sont jugés suffisamment préoccupants pour faire l'objet de mesures de protection « rapides » tant environnementales que sanitaires
Domaine de vigilance active	10^{-5} < ERI < 10^{-4} ou 1 < QD < 10	Les niveaux de risque sont sérieux mais jugés moins préoccupants et demandent un approfondissement de l'analyse de la situation avant toute prise de décision en matière de gestion
Domaine de conformité	ERI < 10^{-5} Ou QD < 1	Les niveaux de risque sont considérés comme non préoccupants et il n'est pas nécessaire de mettre en place des mesures de gestion particulières, en sus de celles qui existent déjà e relevant du principe général de maîtrise des émissions

Ainsi ici, dans le cadre des études SCENARII-1 et SCENARII-2, la synthèse est la suivante :

Tableau 88 : Comparaison de SCENARII-1 et SCENARII-2 au regard des domaines de gestion des risques du HCSP

	Résultats de	
	SCENARII-1	**SCENARII-2**
Domaine d'action rapide	370 personnes	0 personne
Domaine de vigilance active	100 % de la population (scénario réaliste)	4,5 % de la population en scénario majorant 0,1 % de la population en scénario réaliste
Domaine de conformité	0 %	95,5 % de la population en scénario majorant 99,9 % de la population en scénario réaliste

GLOSSAIRE

Définitions

Lignes directrices OMS : Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

Maximum journalier de la moyenne sur huit heures : Il est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur huit heures, calculées à partir des données horaires et actualisées toutes les heures. Chaque moyenne ainsi calculée sur huit heures est attribuée au jour où elle s'achève ; autrement dit, la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 h la veille et 1 h le jour même ; la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 h et minuit le même jour.

Pollution de fond et niveaux moyens : La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

Pollution de pointe : La pollution de pointe correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps courtes. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure.

Procédures préfectorales : Mesures et actions de recommandations et de réduction des émissions par niveau règlementaire et par grand secteur d'activité.

Seuil d'alerte à la population : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou la dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Seuil d'information-recommandations à la population : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population, rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates.

Objectif de qualité : Un niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

Valeur cible : Un niveau de concentration fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Valeur limite : Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

Couche limite : Couche atmosphérique en contact direct avec la surface terrestre, dans laquelle se produisent des modifications d'un point de vue dynamique et thermique. Son épaisseur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres selon les caractéristiques du sol (rugosité, relief…), la saison (humidité, flux de chaleur, température).

Particules d'origine secondaires : Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Cette conversion, soit directement gaz-solide, soit par l'intermédiaire des gouttes d'eau, est appelée nucléation. La nucléation est le mécanisme de base de la formation des nouvelles particules dans l'atmosphère. Les principaux précurseurs impliqués dans la formation des particules secondaires sont le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NOx et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH_3). Les particules secondaires sont essentiellement des particules fines (<2.5 µm).

AOT 40 : Égal à la somme des différences entre les concentrations horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m^3 (mesurés quotidiennement entre 8 h et 20 h, heure d'Europe Centrale) et la valeur 80 µg/m^3 pour la période du 1er mai au 31 juillet de l'année N. La valeur cible de protection de la végétation est calculée à partir de la moyenne sur 5 ans de l'AOT40. Elle s'applique en dehors des zones urbanisées, sur les Parcs Nationaux, sur les Parcs Naturels Régionaux, sur les réserves Naturelles Nationales et sur les zones arrêtées de Protection de Biotope.

Percentile 99,8 (P 99,8) : Valeur respectée par 99,8 % des données de la série statistique considérée (ou dépassée par 0,2 % des données). Durant l'année, le percentile 99,8 représente dix-huit heures.

Sigles

AASQA : Association Agrées de Surveillance de la Qualité de l'Air

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ANTS : Association Nationale des Techniques Sanitaires

ARS : Agence Régionale de Santé

CSA : Carte Stratégique Air

CERC : Cellule Économique Régionale du BTP PACA

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

EQAIR : Réseau Expert Qualité de l'Air intérieur en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

IARC : International Agency for Research on Cancer

ISA : Indice Synthétique Air

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

OMS : Organisation Mondiale de la Sante

ORP PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR : Observatoire des résidus de Pesticides en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

PCAET : Plan climat air énergie territorial

PDU : Plan de Déplacements Urbains

PLU : Plan local d'Urbanisme

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PRSA : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l'Air

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

ZAS : Zone Administrative de Surveillance

Unité de mesures

mg/m³ : milligramme par mètre cube d'air (1 mg = 10^{-3} g = 0,001 g)

µg/m³ : microgramme par mètre cube d'air (1 µg = 10^{-6} g = 0,000001 g)

ng/m³ : nanogramme par mètre cube d'air (1 ng = 10^{-9} g = 0,000000001 g)

TU : Temps Universel

Polluants

As : Arsenic

B(a)P : Benzo(a)Pyrène

BTEX : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

C_6H_6 : Benzène

Cd : Cadmium

CO : Monoxyde de carbone

CO_2 : Dioxyde de carbone

COV : Composés Organiques Volatils

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

ML : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

Ni : Nickel

NO / NO_2 : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

NOx : Oxydes d'azote

O_3 : Ozone

Pb : Plomb

PM non volatile : Fraction des particules en suspension présente dans l'air ambiant qui ne s'évapore pas à 50°C.

PM volatile : Fraction des particules en suspension qui s'évaporent entre 30°C et 50°C. Cette fraction des particules est mesurée depuis 2007.

PM 10 : Particules d'un diamètre < 10 µm

PM 2.5 : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

SO_2 : Dioxyde de soufre

Classification des sites de mesure

Cette classification a fait l'objet d'une mise à jour au niveau national en 2015. Les stations de mesures sont désormais classées selon 2 paramètres : leur environnement d'implantation et l'influence des sources d'émission.

Environnement d'implantation

- Implantation urbaine : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine bâtie en continu, c'est-à-dire une zone urbaine dans laquelle les fronts de rue sont complètement (ou très majoritairement) constitués de constructions d'au minimum deux étages
- Implantation périurbaine : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine majoritairement bâtie, constituée d'un tissu continu de constructions isolées de toutes tailles, avec une densité de construction moindre
- Implantation rurale : Elle est principalement destinée aux stations participant à la surveillance de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique.

Influence des sources

- Influence industrielle : Le point de prélèvement est situé à proximité d'une source (ou d'une zone) industrielle. Les émissions de cette source ont une influence significative sur les concentrations.
- Influence trafic : Le point de prélèvement est situé à proximité d'un axe routier majeur. Les émissions du trafic ont une influence significative sur les concentrations.
- Influence de fond : Le point de prélèvement n'est soumis à aucun des deux types d'influence décrits ci-après. L'implantation est telle que les niveaux de pollution sont représentatifs de l'exposition moyenne de la population (ou de la végétation et des écosystèmes) en général au sein de la zone surveillée. Généralement, la station est représentative d'une vaste zone d'au moins plusieurs km².

ANNEXE 1 – SOURCES DE POLLUTION, EFFETS SUR LA SANTE, REGLEMENTATION ET RECOMMANDATIONS OMS

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
O_3 **Ozone**	L'ozone (O_3) n'est pas directement rejeté par une source de pollution. C'est un polluant secondaire formé à partir des NO_X et des COV.
Particules en suspension (PM)	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques…), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).
NO_X **Oxydes d'azote**	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion.
SO_2 **Dioxyde de soufre**	Le dioxyde de soufre (SO_2) est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles, le trafic maritime, l'automobile et les unités de chauffage individuel et collectif.
COV dont le benzène **Composés organiques volatils**	Les COV proviennent de sources mobiles (transports), de procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants). Certains COV, comme les aldéhydes, sont émis par l'utilisation de produits d'usage courant : panneaux de bois en aggloméré, certaines mousses pour l'isolation, certains vernis, les colles, les peintures, les moquettes, les rideaux, les désinfectants… D'autres COV sont également émis naturellement par les plantes.
HAP **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques**	Les HAP se forment par évaporation mais sont principalement rejetés lors de la combustion de matière organique. La combustion domestique du bois et du charbon s'effectue souvent dans des conditions mal maîtrisées (en foyer ouvert notamment), qui entraînent la formation de HAP.
CO **Monoxyde de carbone**	Combustion incomplète (mauvais fonctionnement de tous les appareils de combustion, mauvaise installation, absence de ventilation), et ce quel que soit le combustible utilisé (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane).

Effets sur la santé

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air, de la dose inhalée et de la sensibilité des individus. Ils peuvent aussi avoir des incidences sur l'environnement.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
O_3 **Ozone**	Irritation des yeux Diminution de la fonction respiratoire	Agression des végétaux Dégradation de certains matériaux Altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux
Particules en suspension	Irritation des voies respiratoires Dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires	Effets de salissures sur les bâtiments Altération de la photosynthèse
NO_X **Oxydes d'azote**		Pluies acides Précurseur de la formation d'ozone Effet de serre Déséquilibre les sols sur le plan nutritif
SO_2 **Dioxyde de soufre**		Pluies acides Dégradation de certains matériaux Dégradation des sols
COV dont le benzène **Composés organiques volatils**	Toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné	Formation de l'ozone
HAP **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques**		Peu dégradables Déplacement sur de longues distances
Métaux lourds	Toxicité par bioaccumulation Effets cancérigènes	Contamination des sols et des eaux
CO **Monoxyde de carbone**	Prend la place de l'oxygène Provoque des maux de tête Létal à concentration élevée	Formation de l'ozone Effet de serre

Réglementation

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,

La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,

L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en µg/m3. L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile. Un seuil est considéré dépassé lorsque la concentration observée, arrondie au même niveau de précision que le seuil, est strictement supérieure à la valeur du seuil.

Polluants	Type de réglementation	Valeurs règlementaires	Durée d'exposition
PM10 Particules	**Seuil d'information- recommandations**	50 µg/m³	Jour
	Seuil d'alerte	80 µg/m³	Jour
	Valeurs limites	50 µg/m³	Jour (maximum 35 j / an)
		40 µg/m³	Année
	Objectif de qualité	30 µg/m³	Année
PM2.5 Particules	**Valeur limite**	25 µg/m³	Année
	Valeur cible	20 µg/m³	Année
	Objectif de qualité	10 µg/m³	Année
NO_2 Dioxyde d'azote	**Seuil d'information- recommandations**	200 µg/m³	Heure
	Seuil d'alerte	400 µg/m³	Heure
	Valeurs limites	200 µg/m³	Heure (maximum 18h / an)
		40 µg/m³	Année
O_3 Ozone	**Seuil d'information- recommandations**	180 µg/m³	Heure
	Seuil d'alerte	240 µg/m³	Heure
	Valeur cible	120 µg/m³	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (maximum 25 j / an)
	Objectif de qualité	120 µg/m³	8 heures
SO_2 Dioxyde de soufre	**Seuil d'information- recommandations**	300 µg/m³	Heure
	Seuil d'alerte	500 µg/m³	Heure (pendant 3h)
	Valeurs limites	350 µg/m³	Heure (maximum 24h / an)
		125 µg/m³	Jour (maximum 3 j / an)
	Objectif de qualité	50 µg/m³	Année
C_6H_6 Benzène	**Valeur limite**	5 µg/m³	Année
	Objectif de qualité	2 µg/m³	Année
Pb Plomb	**Valeur limite**	0,5 µg/m³	Année
	Objectif de qualité	0,25 µg/m³	Année
CO Monoxyde de carbone	**Valeur limite**	10 mg/m³	8 heures
BaP Benzo(a)pyrène	**Valeur cible**	1 ng/m³	Année
As Arsenic	**Valeur cible**	6 ng/m³	Année
Cd Cadmium	**Valeur cible**	5 ng/m³	Année
Ni Nickel	**Valeur cible**	20 ng/m³	Année

Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

Les valeurs recommandées par l'OMS (2021)[27] sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des règlementations internationales.

Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la sante. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés mais que la probabilité qu'un effet apparaisse est augmentée.

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur (µg/m³) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition Pour les 24 heures[28]
O_3 **Ozone**	Impact sur la fonction respiratoire Pic Saisonnier[29]	100 60	8 heures
PM10 **Particules**	Affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	45 15	24 heures 1 an
PM2.5 **Particules**		15 5	24 heures 1 an
NO_2 **Dioxyde d'azote**	Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200 25 10	1 heure 24 heures 1 an
SO_2 **Dioxyde de soufre**	Altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques) Exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	500 40	10 min 24 heures
CO **Monoxyde de carbone**	Niveau critique de CO Hb < 2,5 % Hb : hémoglobine	100 35 10 4	15 min 1 heure 8 heures 24 heures

[27] -who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution

[28] 99ème percentile (c.-à-d. 3 à 4 jours d'excédent par an

[29] Moyenne de la concentration moyenne journalière maximale d'O_3 sur 8 heures au cours des six mois consécutifs où la concentration moyenne d'O_3 a été la plus élevée.

ANNEXE 2 – QUELLES ACTIONS MISES EN ŒUVRE SUR LE TERRITOIRE POUR AMELIORER LA QUALITE DE L'AIR DEPUIS 2018 ?

De nombreux plans d'actions de réduction des émissions et d'amélioration de la qualité de l'air ont été mis en œuvre sur le territoire, comme au niveau régional et national. Ces plans répondent, pour la plupart d'entre eux, à des exigences réglementaires.

Le Schéma Régional d'Aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires ou SRADDET

Le SRADDET est un document de planification qui, à l'échelle régionale, précise la stratégie, les objectifs et les règles fixées par la Région dans plusieurs domaines de l'aménagement du territoire. C'est un schéma de planification et d'aménagement du territoire à moyen et long terme (2030-2050). Il a été adopté le 26 juin 2019 autour de 3 grandes lignes directrices :

- Renforcer et pérenniser l'attractivité du territoire régional
- Maîtriser la consommation de l'espace, renforcer les centralités et leur mise en réseau
- Conjuguer égalité et diversité pour des territoires solidaires et accueillants

Les objectifs du SRADDET dans le domaine de la qualité de l'air, du climat et de l'énergie sont nombreux ; en voici quelques-uns :

- Définir et déployer une stratégie portuaire et fluviale régionale (Objectif 2)
- Améliorer la performance de la chaine logistique jusqu'au dernier kilomètre en favorisant le report modal (objectif 3)
- Déployer des opérations d'aménagement exemplaires (objectif 11)
- Diminuer la consommation totale d'énergie primaire de 27 % en 2030 et de 50 % en 2050 par rapport à 2012 (objectif 12)
- Augmenter la production d'énergie thermique et électrique en assurant un mix énergétique diversifié pour une région neutre en carbone à l'horizon 2050 (objectif 19)
- Améliorer la qualité de l'air et préserver la santé de la population (objectif 21)
- Contribuer au déploiement de modes de transport propres et au développement des nouvelles mobilités (objectif 22)
- Faciliter tous les types de reports de la voiture individuelle vers d'autres modes plus collectifs et durables (objectif 23)
- Déployer des offres de transports en commun adaptées aux territoires, selon trois niveaux d'intensité urbaine (objectif 41)
- Accélérer la réalisation de la Ligne Nouvelle Provence Côte d'Azur pour renforcer l'offre des transports du quotidien (objectif 44)
- Rénover le parc de logements existante, massifier la rénovation énergétique des logements et revitaliser les quartiers dégradés (objectif 60)

Le Plan de Protection de l'Atmosphère ou PPA

Le PPA vise à réduire les concentrations de polluants atmosphériques pour respecter les normes de qualité de l'air, en particulier pour le dioxyde d'azote (NO_2) et les particules fines (PM10 et PM2.5). Depuis sa mise en place initiale en 2007, suivie d'une révision en 2013 et 2019, le PPA a été renforcé avec des actions concrètes pour améliorer durablement la qualité de l'air à l'horizon 2025.

Actions de réduction mises en œuvre depuis 2018

Pour atteindre ses objectifs, le PPA13 articule ses efforts autour de plusieurs secteurs d'activités :

- **Transport maritime** : Réduction des émissions des ferries et paquebots dans le port de Marseille, en particulier pour les oxydes d'azote NOx, les PM10 et les oxydes de soufre SOx (5 actions).
- **Transport aérien** : Amélioration de l'efficacité énergétique et limitation des émissions sur les

aéroports (4 actions).

- **Transport terrestre** : Adoption de modes de déplacement alternatifs grâce au Plan de Déplacements Urbains et la Zone à Faibles Émissions mobilité. (18 actions).
- **Industrie** : Réductions significatives dans des installations majeures comme ArcelorMittal et la raffinerie de Fos, principalement pour les PM10, PM2.5 et composés organiques volatils non méthaniques COVNM (8 actions).
- **Agriculture** : Diminution des émissions d'ammoniac (NH_3) et de particules fines grâce à des actions ciblées, telles que la réduction des brûlages agricoles (6 actions).
- **Résidentiel** : Améliorations dans les systèmes de chauffage domestique et contrôle des brûlages, contribuant à une baisse des émissions de PM10 et PM2.5 (6 actions).

Résultats et tendances

Entre 2017 et 2025, les actions du PPA devraient permettre des réductions substantielles des principaux polluants :

- NOx : -15 % (soit 7 098 tonnes de moins)
- PM10 : -12 % (868 tonnes de moins)
- PM2.5 : -13 % (723 tonnes de moins)
- SOx : -19 %
- NH_3 : -21 %
- COVNM : -10 %

Le secteur routier est celui où les réductions sont les plus importantes.

Le Plan Climat Air Energie de la Métropole Aix-Marseille Provence (ou PCAEM)

Le Plan Climat-Air-Énergie Métropolitain (PCAEM) vise à renforcer la transition énergétique et écologique de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Ce plan stratégique et opérationnel a pour objectif de lutter contre le changement climatique, d'améliorer l'efficacité énergétique et de promouvoir la production d'énergies renouvelables. Adopté en 2019, il s'étend sur une période de six ans (2021-2027), avec une évaluation à mi-parcours en 2024/2025.

Pour aller plus loin : https://ampmetropole.fr/missions/strategie-environnementale/plan-climat-air-energie/

Objectifs principaux

Le PCAEM s'articule autour de cinq ambitions majeures à l'horizon 2050 :

- Neutralité carbone : Inventer une métropole capable de capter autant de carbone qu'elle n'en émet.
- Sobriété énergétique : Réduire de 50 % les consommations énergétiques de tous les secteurs.
- Énergies renouvelables : Couvrir 100 % des besoins en énergie par des sources renouvelables.
- Qualité de l'air : Diminuer de 50 % la population exposée aux pollutions atmosphériques et sonores.
- Adaptation au changement climatique : Préparer le territoire aux impacts climatiques pour assurer son développement durable.

Actions de réduction mises en œuvre depuis 2018

Le PCAEM compte 100 actions réparties en 13 axes d'interventions transversaux, visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), améliorer l'efficacité énergétique, et adapter le territoire aux changements climatiques.

Résultats et tendances

Les actions du PCAEM visent à réduire les émissions de polluants d'ici à 2025 et à 2030. Ces réductions d'émissions se comparent aux objectifs du PREPA Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques, avec des gains substantiels attendus par rapport à 2007, l'année de référence pour cette évaluation. À ces horizons, les réductions estimées sont les suivantes :

- NOx : réduction de 44 % en 2025 et de 48 % en 2030 par rapport à 2007, avec des émissions passant de 62 618 tonnes/an en 2007 à 32 479 tonnes/an en 2030.
- PM2.5 : réduction de 49 % en 2025 et de 52 % en 2030, avec des émissions passant de 7 813 tonnes/an en 2007 à 3 747 tonnes/an en 2030.
- COVNM : réduction de 53 % en 2025 et de 55 % en 2030, avec des émissions passant de 34 191 tonnes/an en 2007 à 15 352 tonnes/an en 2030.
- NH_3 : réduction de 27 % en 2025 et de 28 % en 2030, avec des émissions passant de 1 308 tonnes/an en 2007 à 943 tonnes/an en 2030.
- SOx : réduction de 83 % en 2025 et de 84 % en 2030, avec des émissions passant de 71 931 tonnes/an en 2007 à 11 187 tonnes/an en 2030

Evolution du parc roulant (transport routier)

L'impact des normes EURO

Les normes Euro sont des réglementations européennes imposées aux constructeurs automobiles pour limiter les émissions polluantes des véhicules neufs. Elles ont un impact significatif sur la réduction de la pollution de l'air, en particulier en zone urbaine où la circulation automobile est dense.

La norme Euro 6 a été introduite en 2014. Elle impose des restrictions strictes sur les émissions de NOx, en particulier pour les véhicules diesel, avec des technologies comme la réduction catalytique sélective (SCR).

L'introduction progressive des normes Euro a permis de réduire de façon significative les émissions de pollution par les véhicules neufs. Par exemple, entre les normes Euro 3 et Euro 6, les émissions de NOx des véhicules diesel ont été réduites d'environ 80 %, et les particules fines de 95 % sur les émissions à l'échappement.

Dédieselisation du parc roulant.

A l'origine de ce phénomène, il y a plusieurs causes :

- En 2014, la France a démarré un alignement fiscal du diesel en augmentant progressivement la taxe intérieure de consommation sur le produits énergétiques (TICPE). L'objectif étant de rapprocher la fiscalité de l'essence et diesel. En 2023, le diesel est encore légèrement moins taxé que l'essence, mais la différence est minime. L'écart de prix est désormais davantage influencé par les variations du prix du pétrole brut que par la fiscalité.
- Les politiques de restrictions des véhicules thermiques : des zones à faibles émissions (ZFE) sont instaurées dans les grandes villes en France depuis le début des années 2020. Ces ZFE limitent la circulation des véhicules les plus polluants et encouragent l'achat de véhicules plus récents, moins polluants.
- La fin de la vente des véhicules à moteur thermique est prévue pour 2035 en Europe, ce qui pousse le marché français vers une transformation radicale de son parc roulant.

Le développement du véhicule électrique dans le parc roulant

La politique française en faveur des véhicules électriques découle de plusieurs lois majeures qui fixent les cadres et objectifs de la transition écologie et énergétique des transports :

- La loi de Transition écologique pour une croissance verte (LTECV) en 2015

- La loi d'orientation des Mobilités (LOM) de 2019
- La loi Climat et Résilience de 2021

Ces lois sont soutenues chaque année par les Lois de finances qui définissent les aides et subventions pour l'achat de véhicules électriques.

L'ensemble de ces cadres a contribué à une pénétration rapide et massive des véhicules électriques dans les parcs roulants.

Figure : évolution du parc roulant sur le réseau interurbain et urbain - Source : AtmoSud

Nouvelles réglementations pour les combustibles marins

Les émissions du transport maritime sont réglementées par l'Organisation Maritime Internationale (IMO) dans le cadre de la Convention Internationale pour la Prévention de la Pollution par les Navires (MARPOL) dont l'Annexe VI traite de la prévention de la pollution atmosphérique.

Cette annexe limite les émissions des principaux polluants présents dans les gaz d'échappement des navires : les oxydes de soufre (SOx), les oxydes d'azote (NOx), les substances qui appauvrissent la couche d'ozone et les Composés Organiques Volatils (COV).

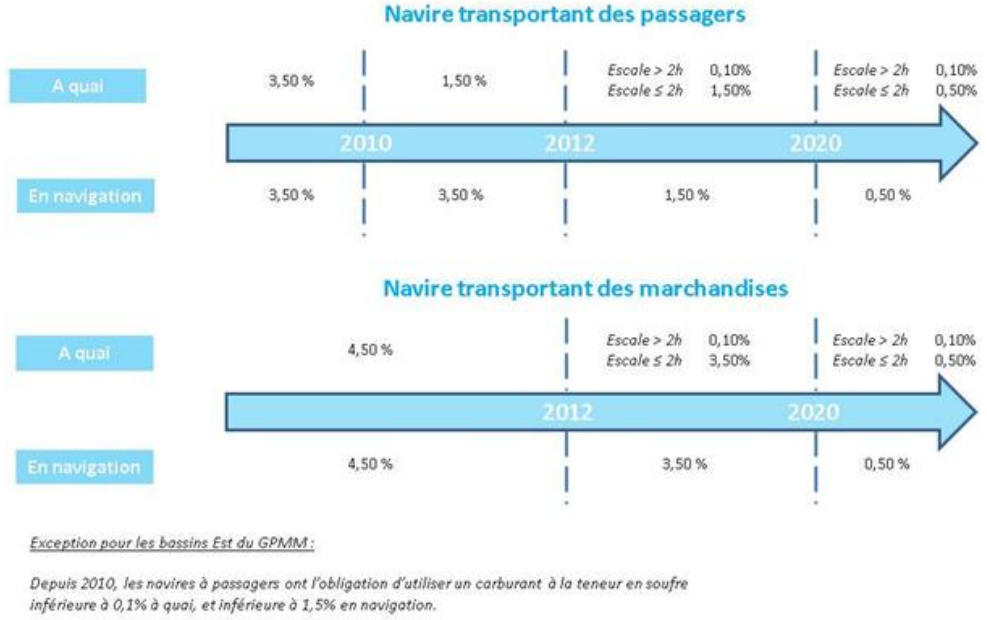
La réglementation est plus stricte dans les zones dites ECA, de l'anglais « emission control area ». Dans le monde, il existe des zones NECA pour « Nitrogen ECA », règlementant les émissions en oxydes d'azote et des zones SECA pour « Sulphur ECA », règlementant les émissions de soufre.

En 2025, l'ensemble de la mer Méditerranée est passé en zone SECA.

De plus, l'Union Européenne a établi une règlementation plus stricte pour la teneur en soufre des carburant à partir de 2005, pour les navires transportant des passagers à destination ou en provenance d'un port de l'Union ainsi que pour les navires restant à quai plus de 2h.

La teneur en soufre des carburants utilisés par les navires est résumée dans la figure ci-dessous suivant la phase de navigation, le type de navire et l'année.

Figure : teneur en soufre des carburants maritimes selon les navires, les phases de navigation et l'année



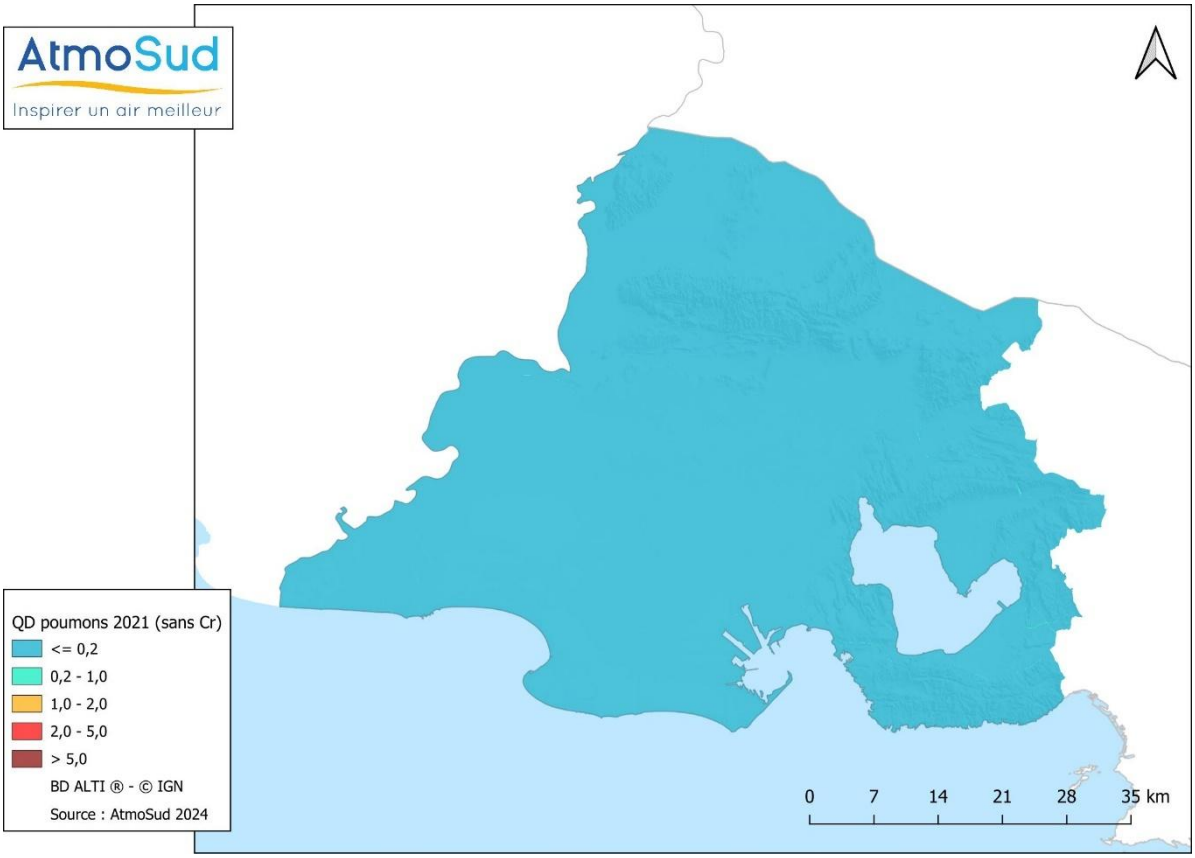
Exception pour les bassins Est du GPMM :

Depuis 2010, les navires à passagers ont l'obligation d'utiliser un carburant à la teneur en soufre inférieure à 0,1% à quai, et inférieure à 1,5% en navigation.

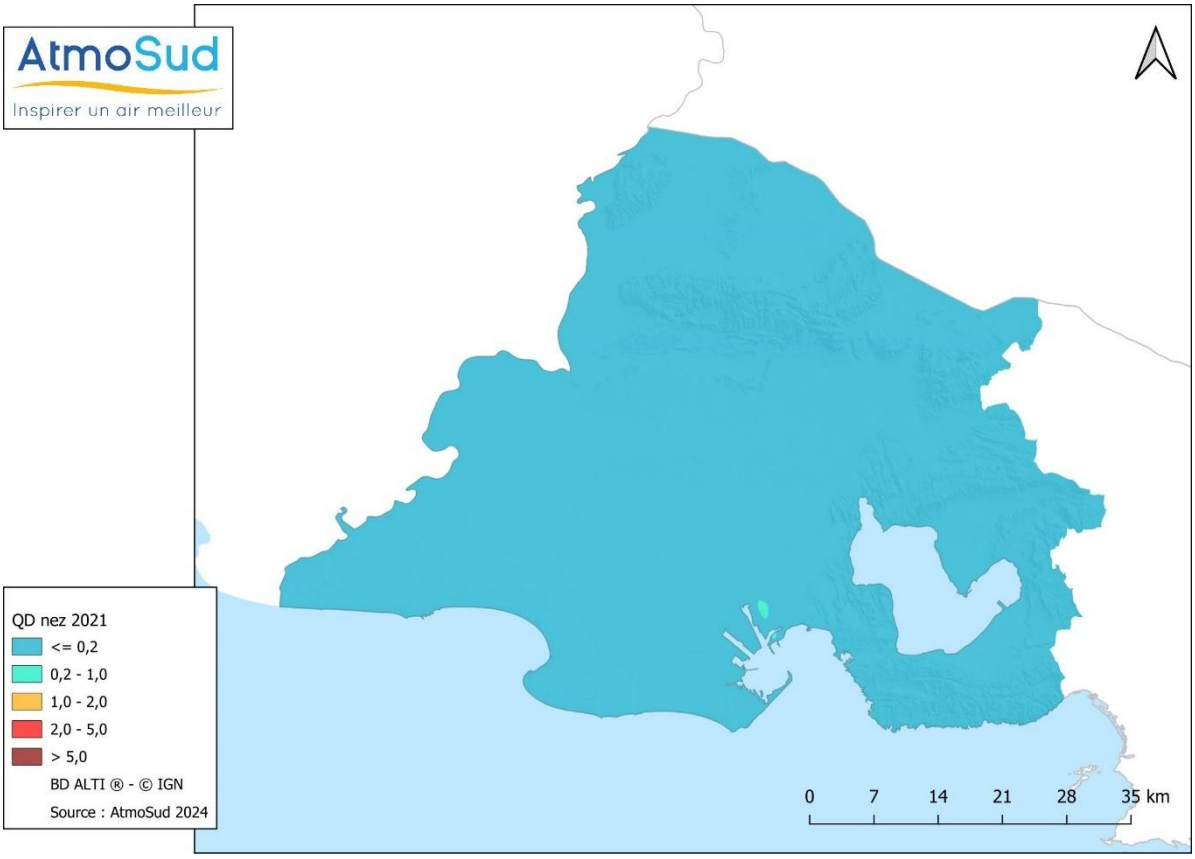
Depuis 2020, tous les navires doivent limiter la teneur en soufre de leur carburant à 0.5 % et être inférieur à 0.1% pour les escales de plus de 2h. Les navires peuvent également utiliser des systèmes de réduction des émissions ayant démontré leurs équivalences.

ANNEXE 3 – CARTOGRAPHIE DES QD POUR LES EFFETS CUMULES

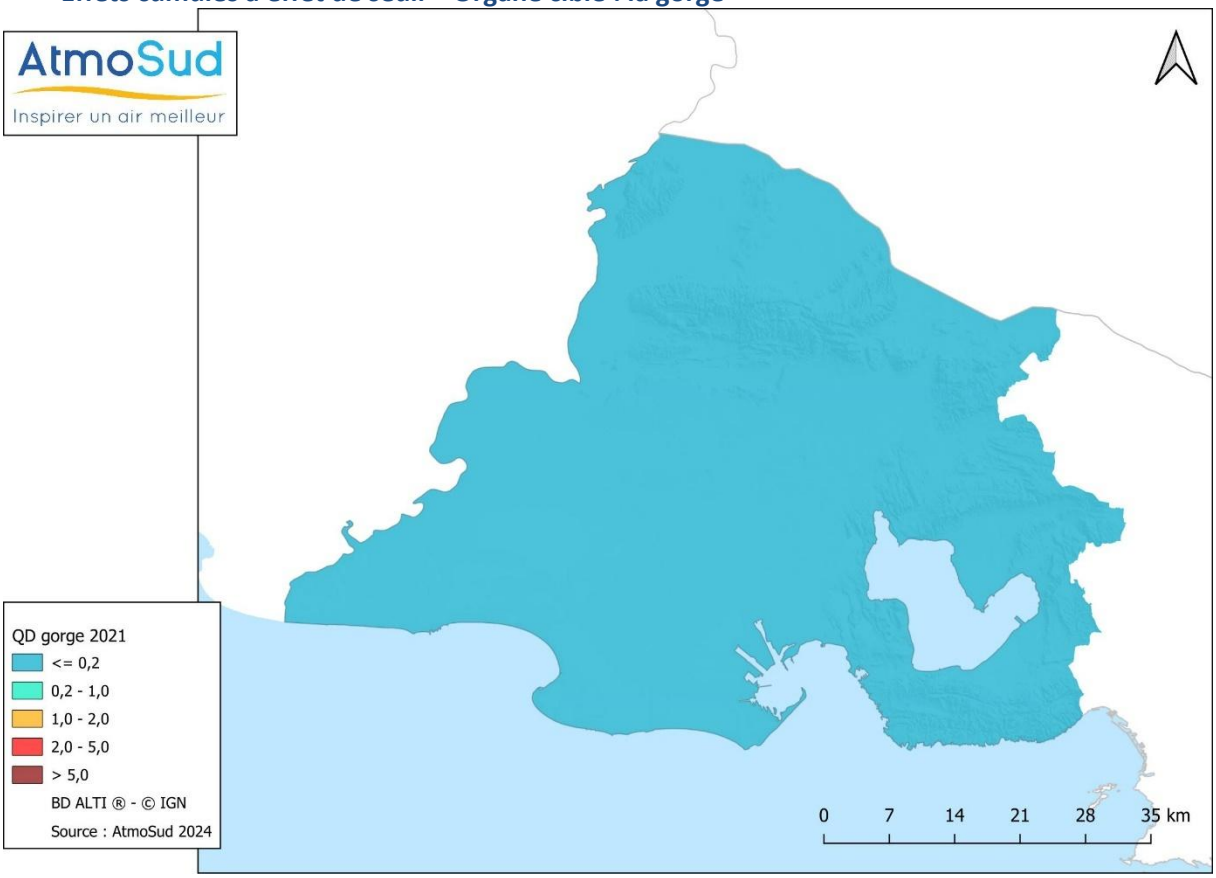
Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : les poumons



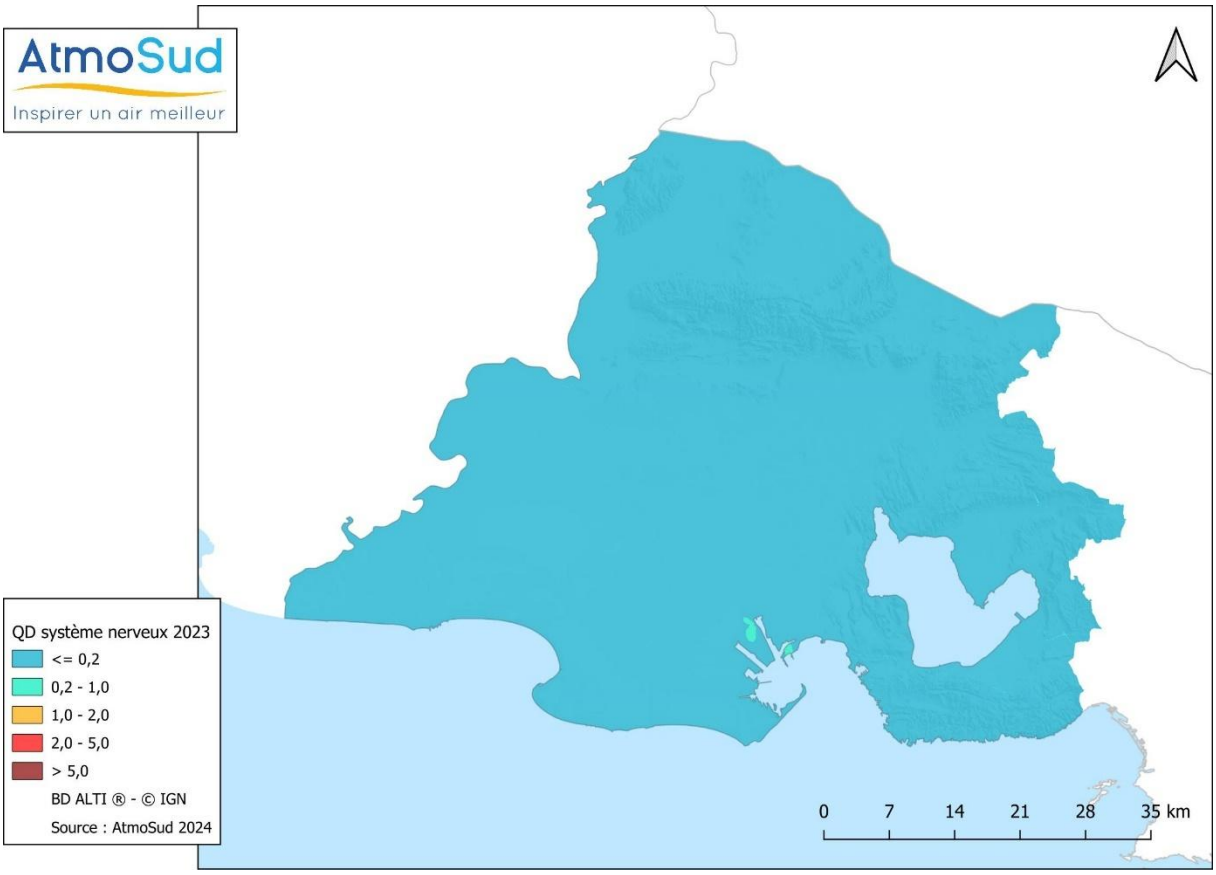
Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : le nez



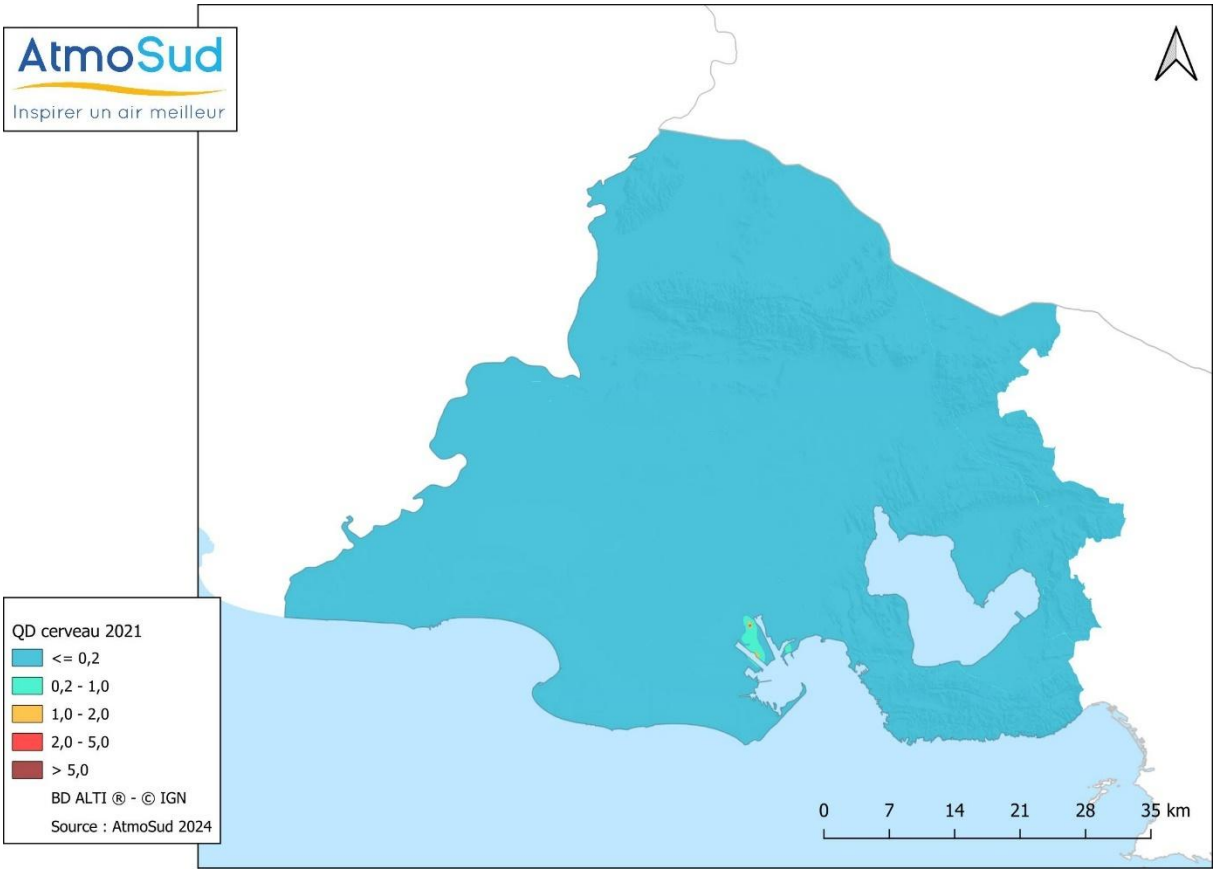
- **Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : la gorge**



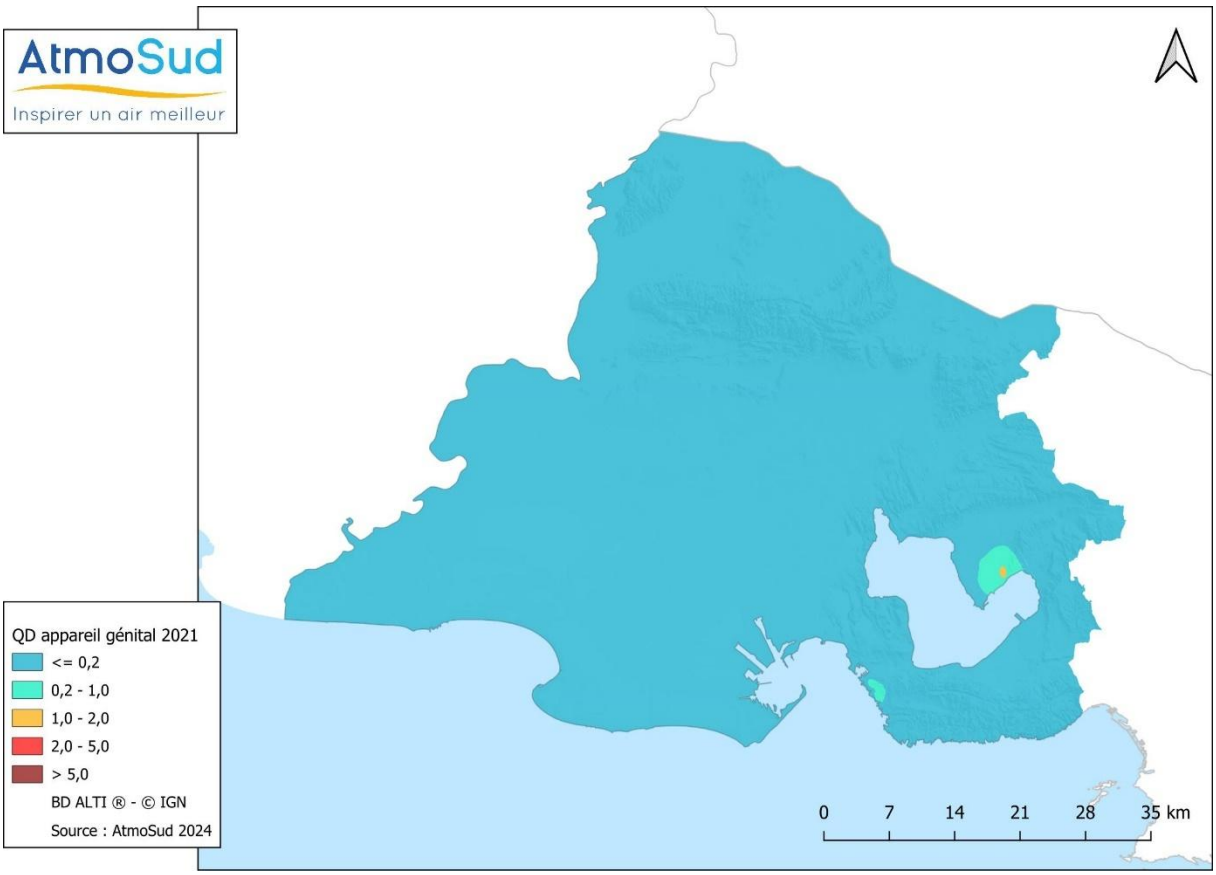
- **Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : système nerveux**



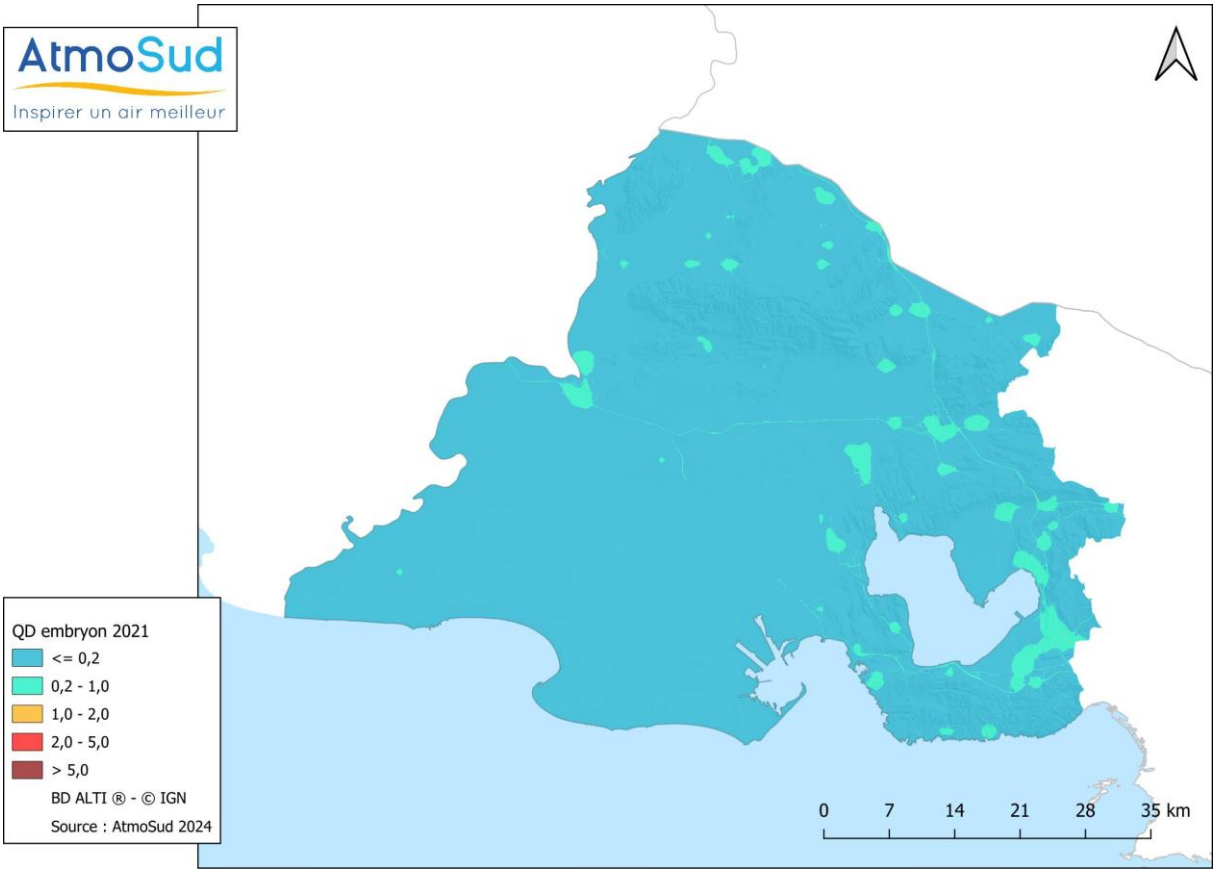
- **Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : le cerveau**



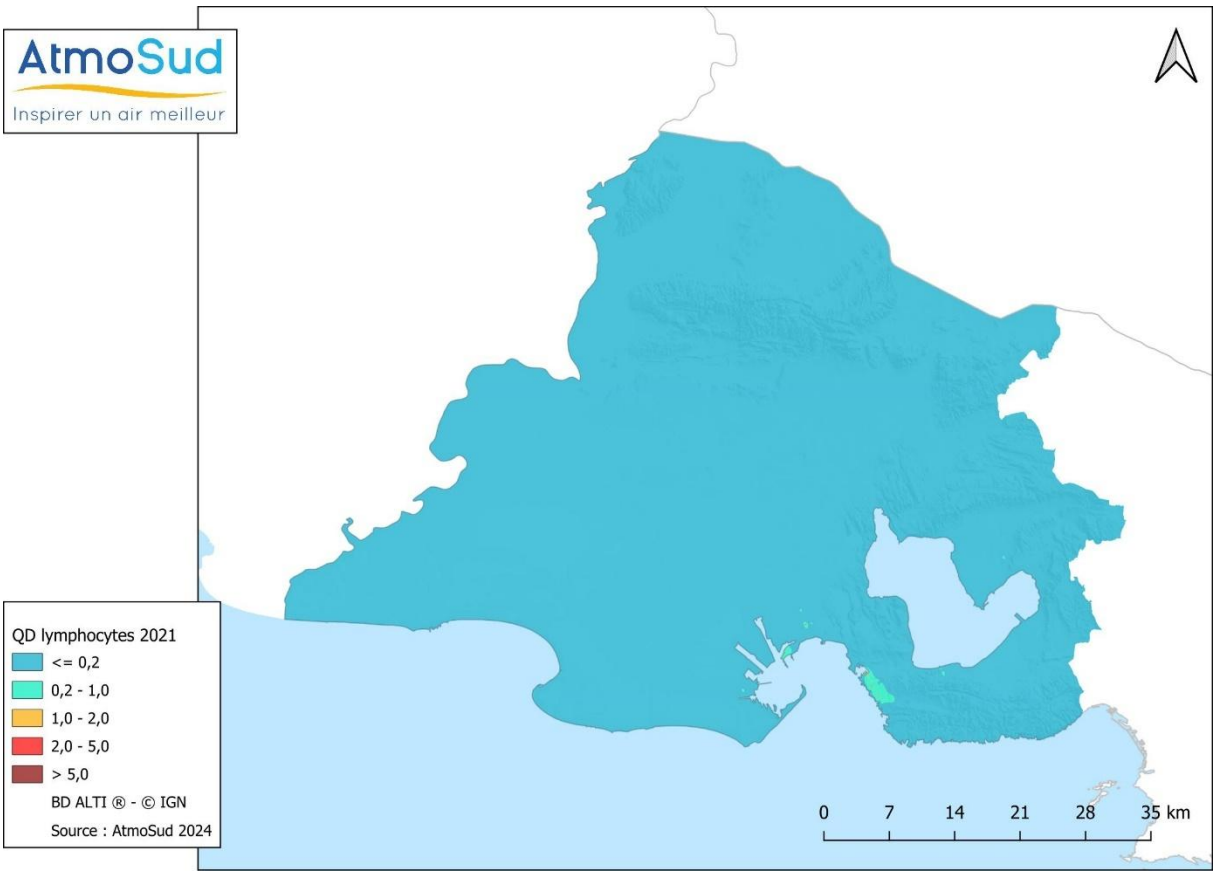
- **Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : l'appareil génital**



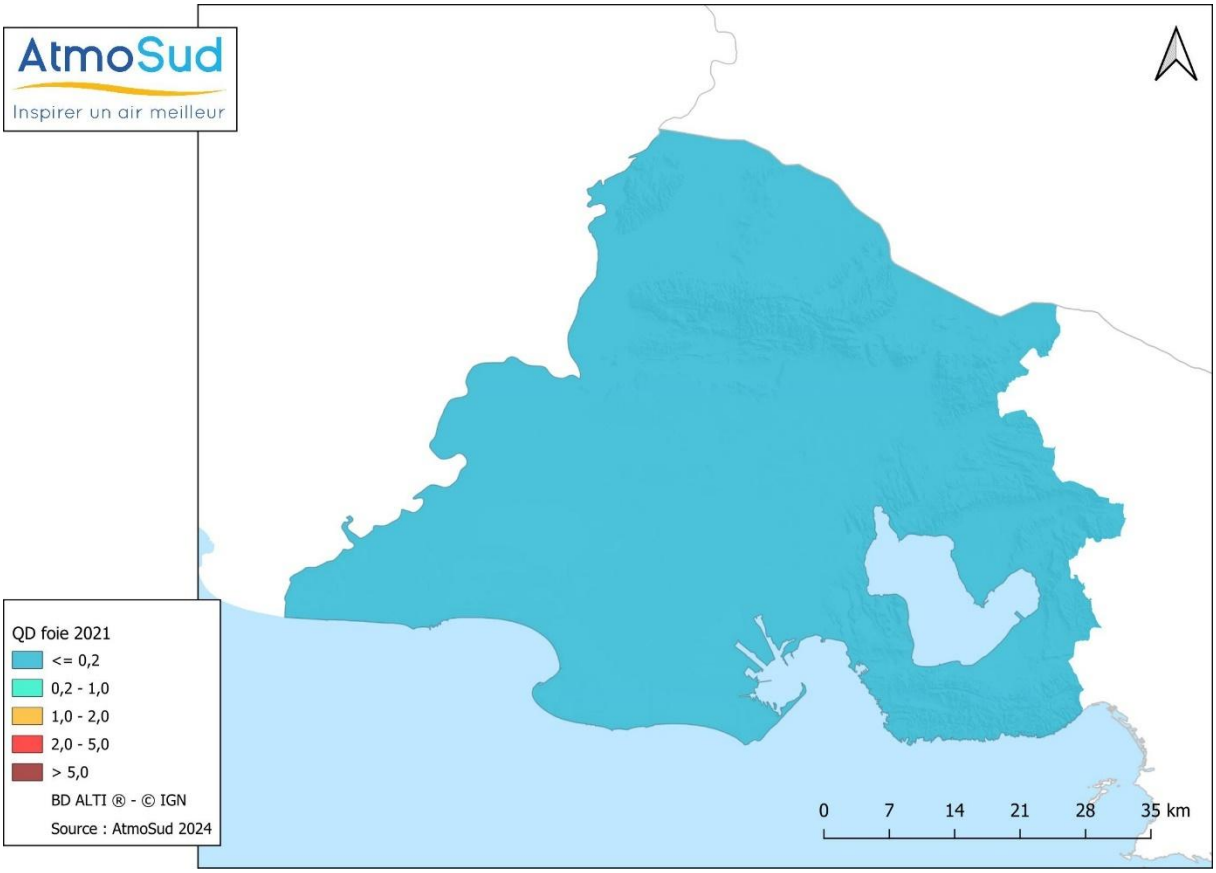
- **Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : l'embryon**



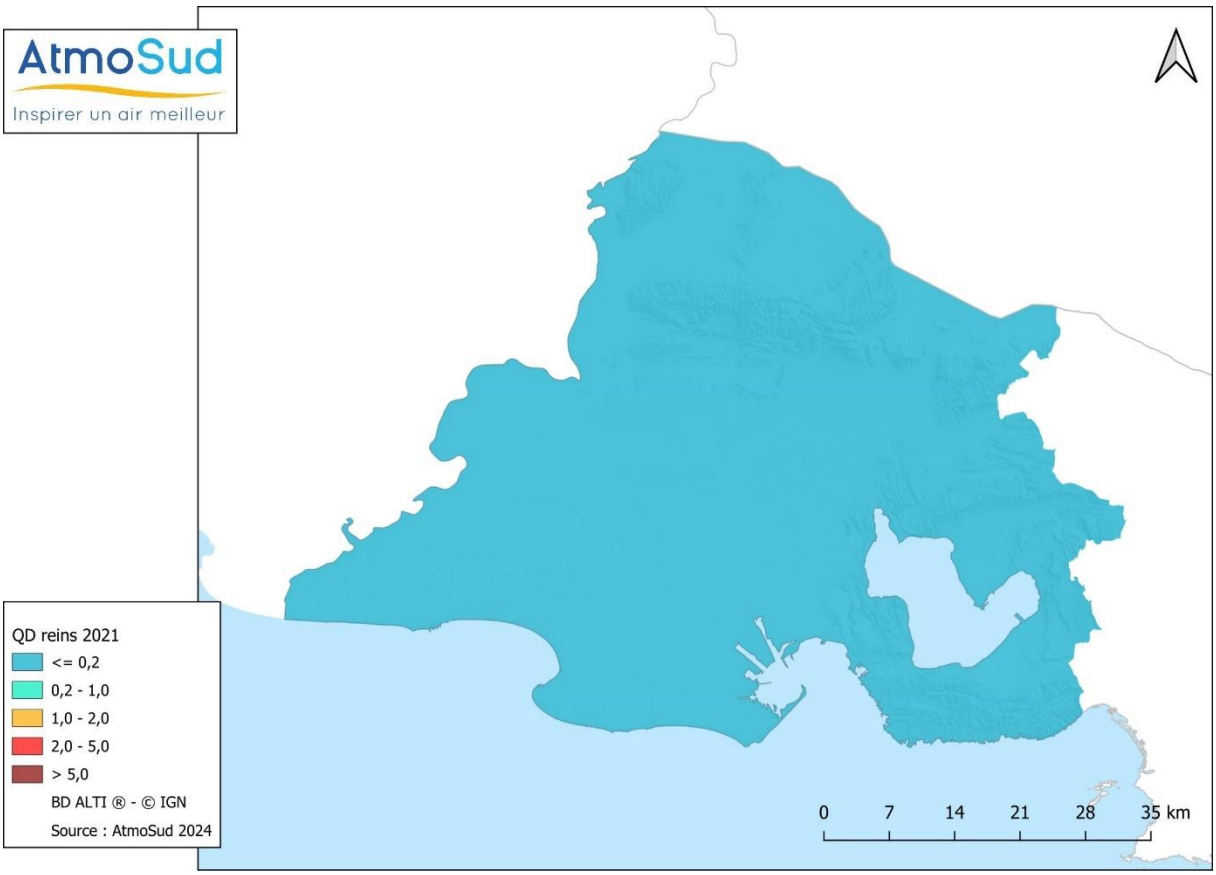
- **Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : les lymphocytes**



Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : le foie

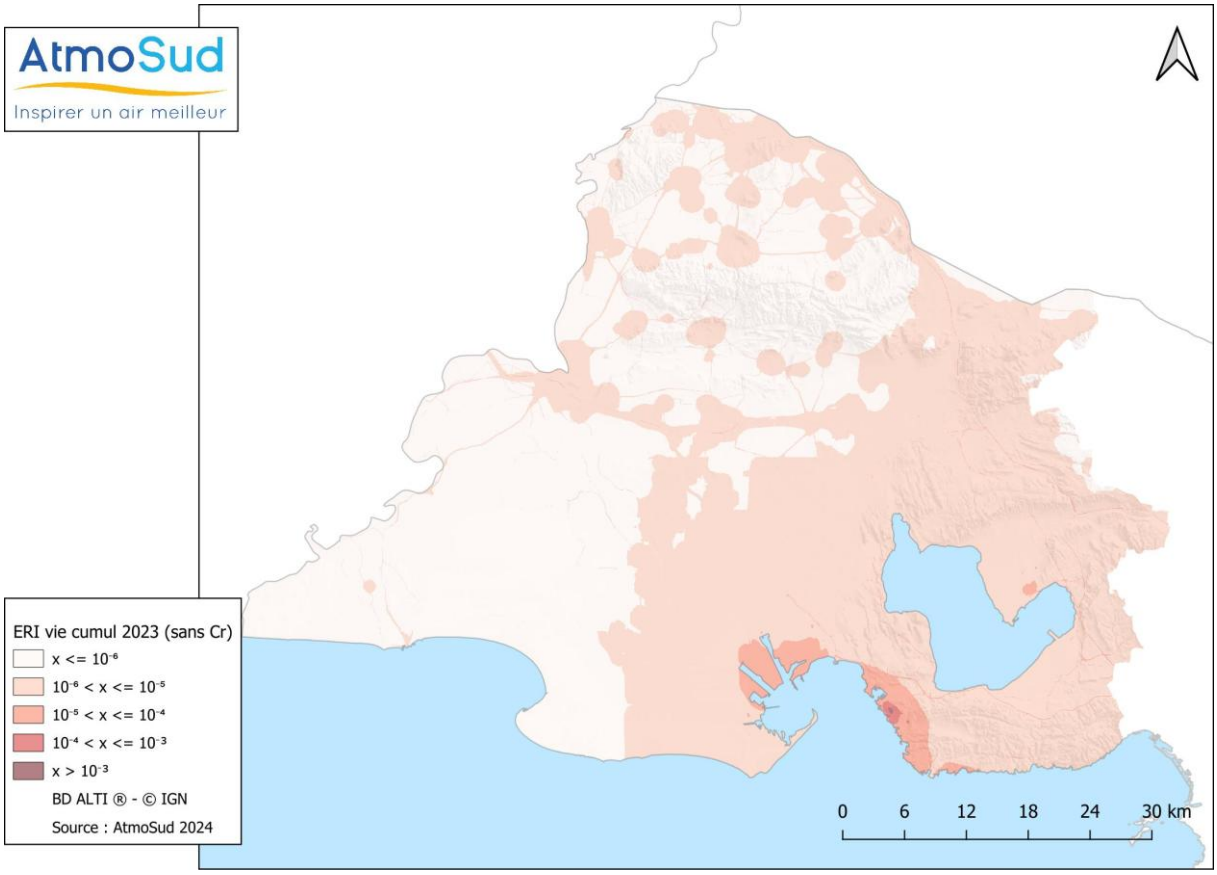


Effets cumulés à effet de seuil – Organe cible : les reins

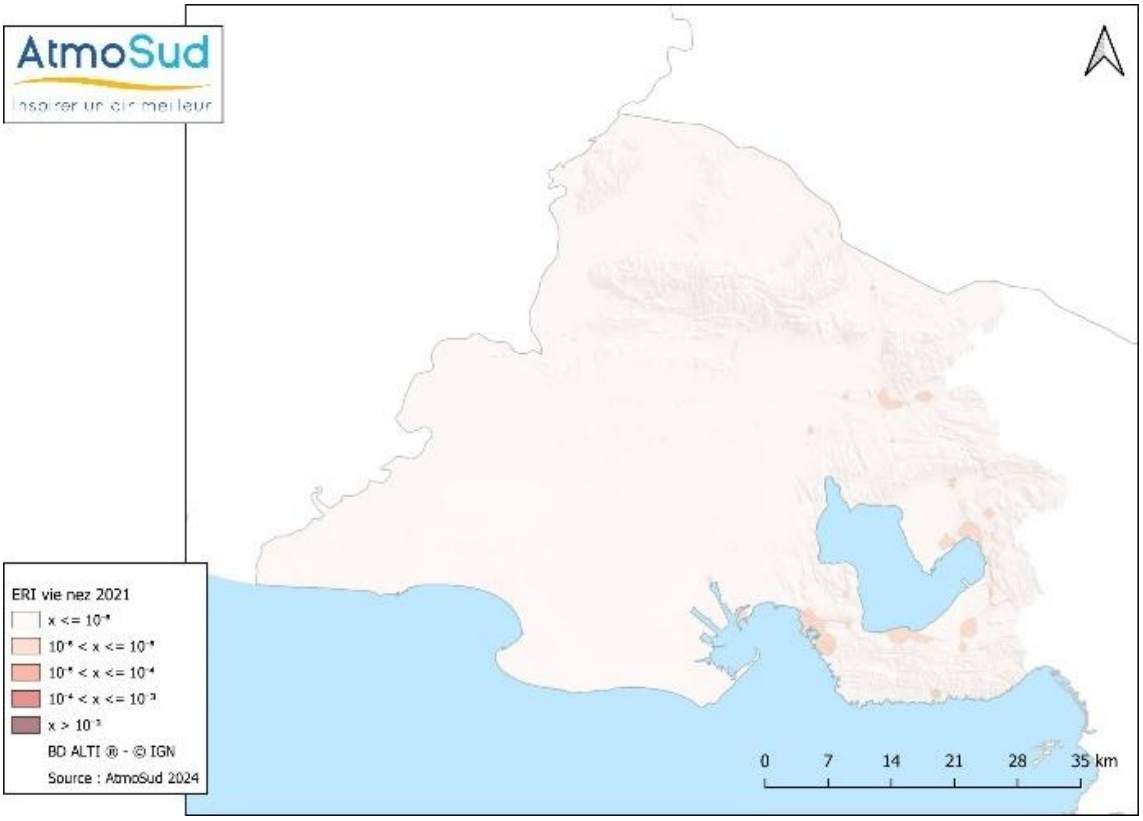


ANNEXE 4 – CARTOGRAPHIE DES ERI POUR LES EFFETS CUMULES PAR ORGANE CIBLE – SCENARIO RIVERAIN VIE ENTIERE

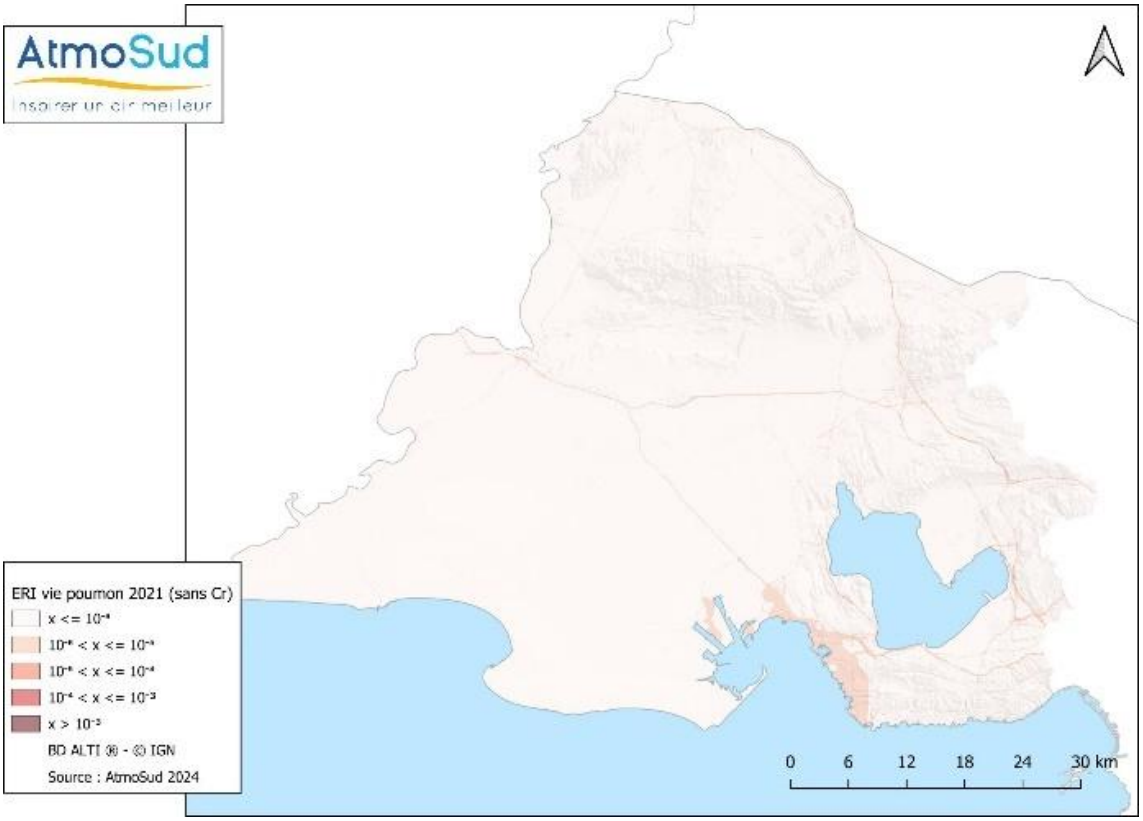
- **Effets cumulés sans seuil – tous systèmes confondus**



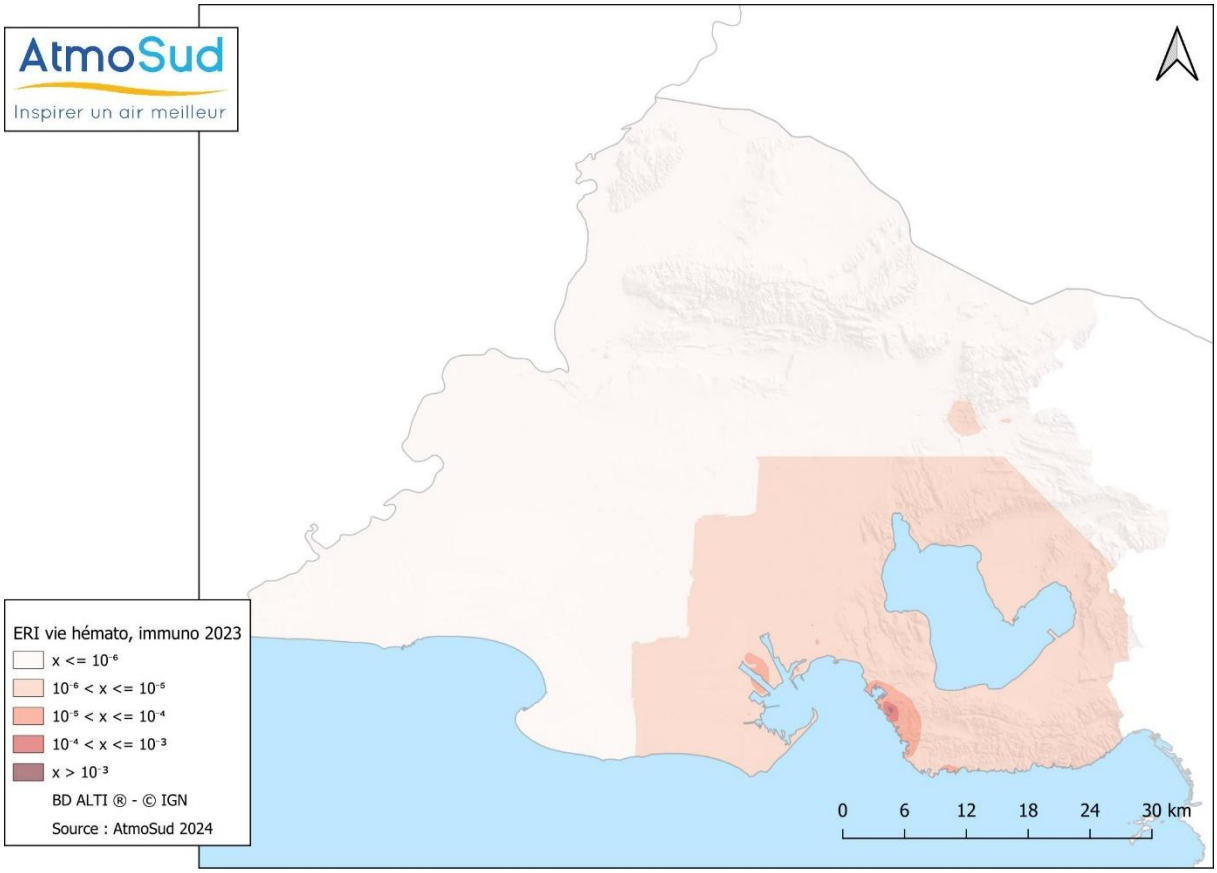
- **Impact cumulé sans seuil sur le nez**



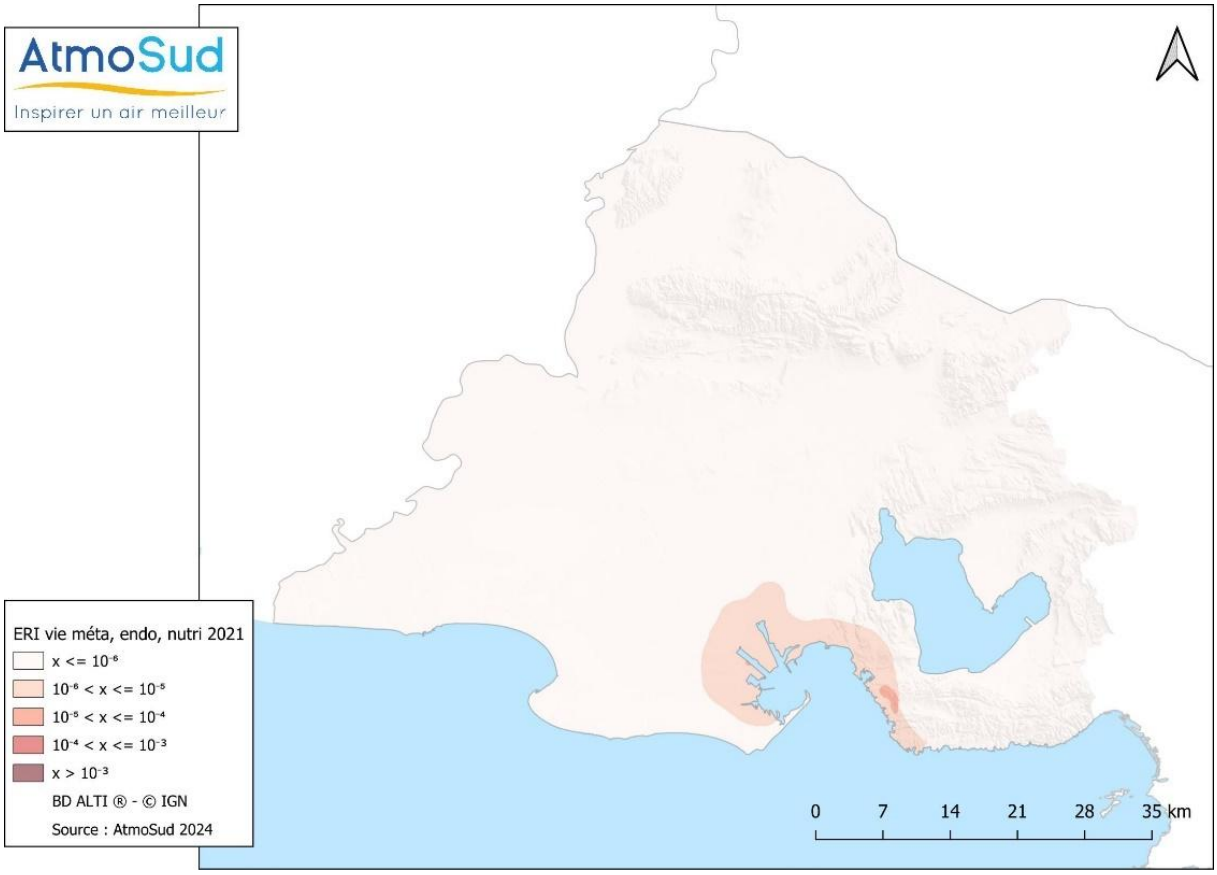
- **Impact cumulé sans seuil sur les poumons**



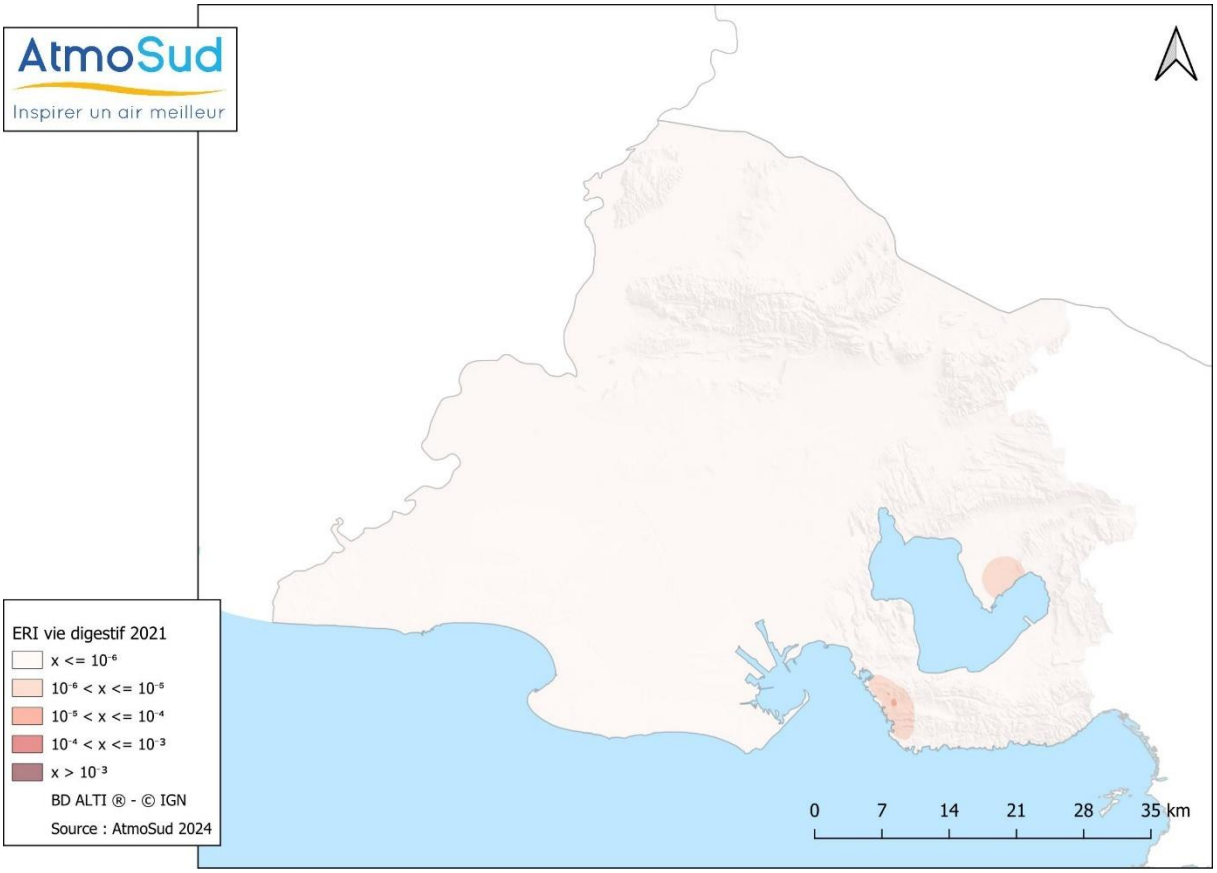
Effets cumulés sans seuil – Organe Cible : Lymphocytes



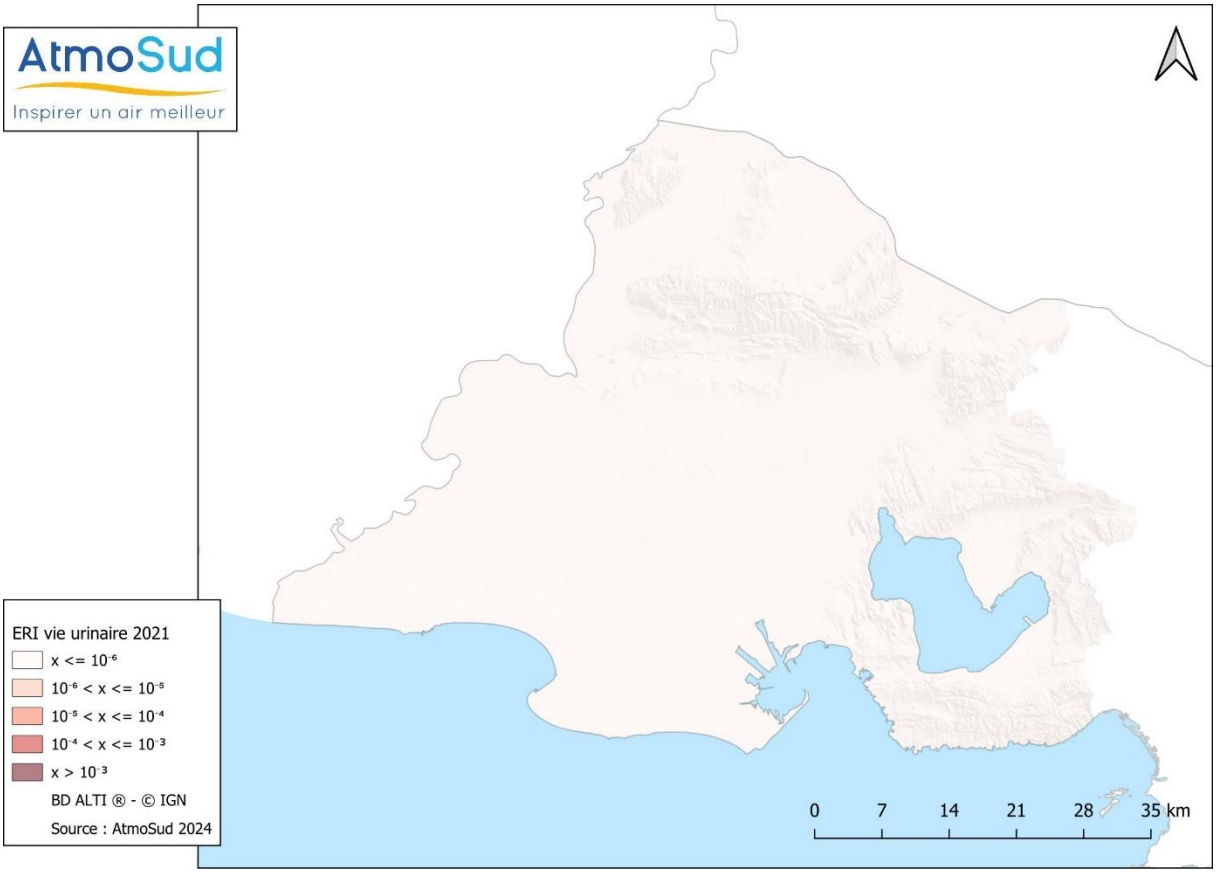
Effets cumulés sans seuil – organe cible : glandes mammaires



Effets cumulés sans seuil – Organe Cible : foie

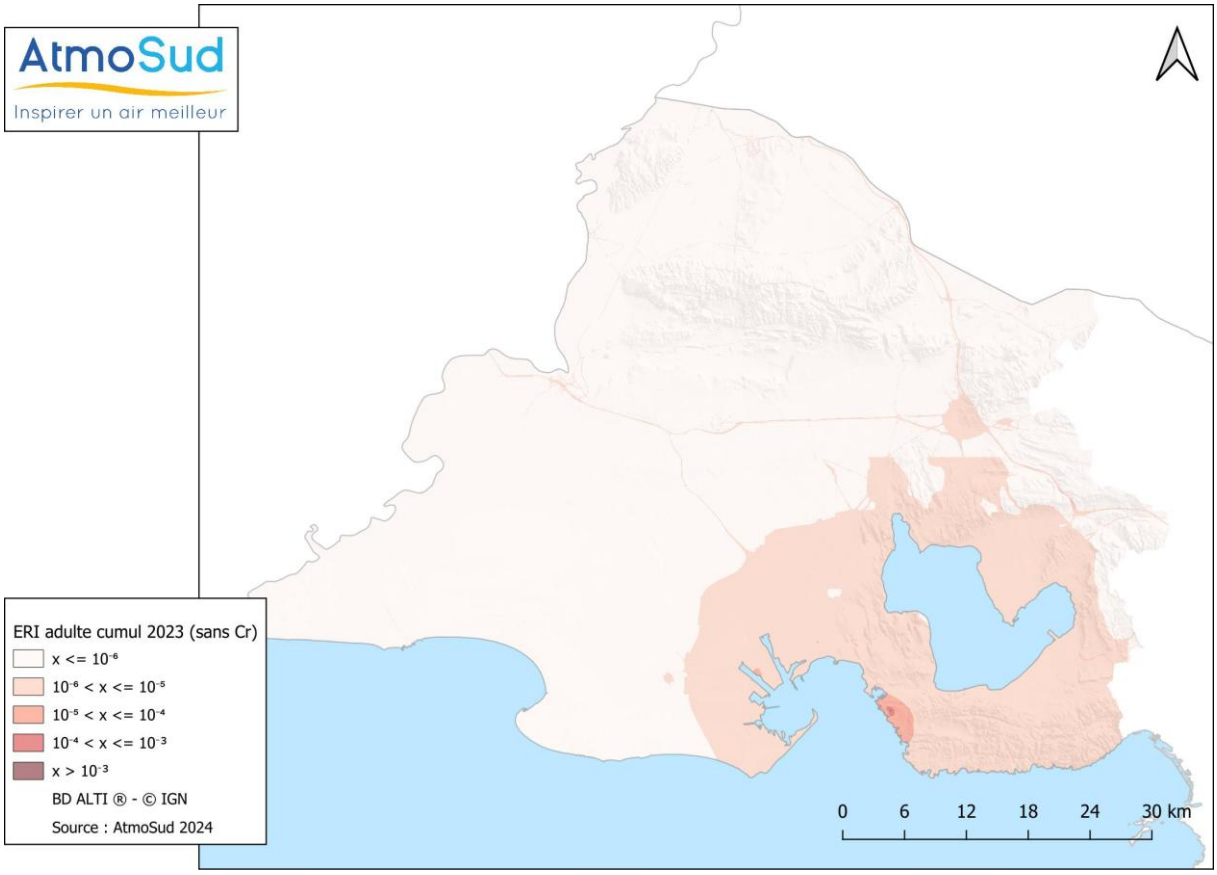


Effets cumulés sans seuil – Organe cible : reins

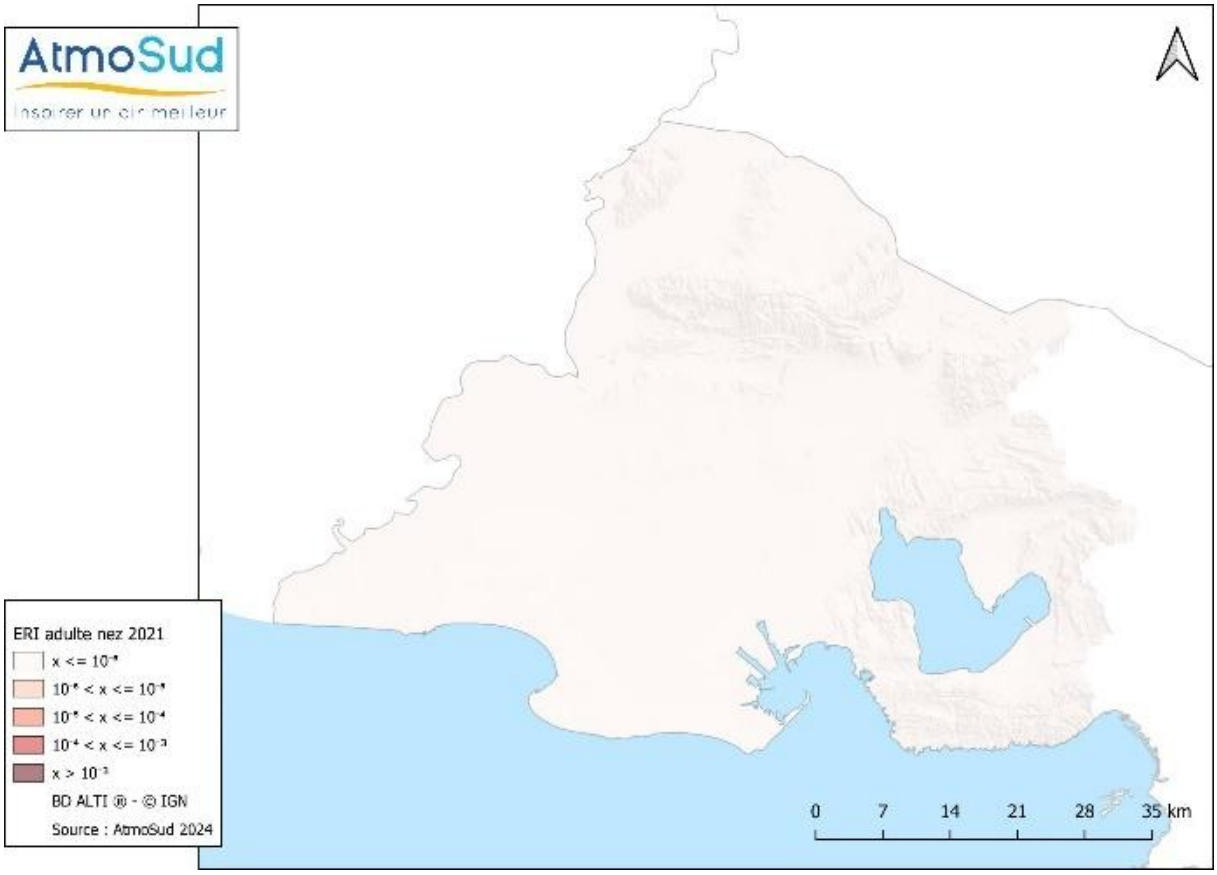


ANNEXE 5 – CARTOGRAPHIE DES ERI POUR LES EFFETS CUMULES PAR ORGANE CIBLE – SCENARIO ADULTE RIVERAIN

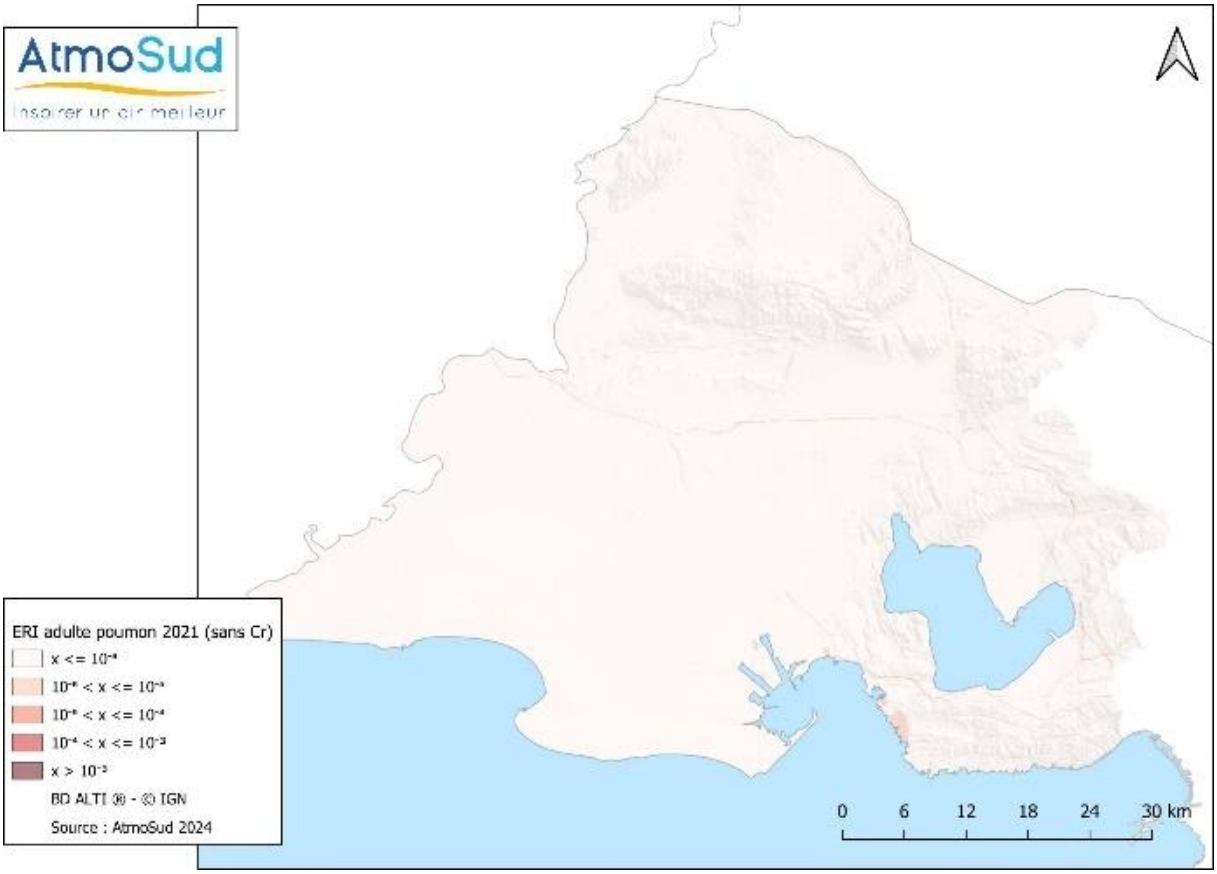
- **Effets cumulés sans seuil – tous systèmes confondus**



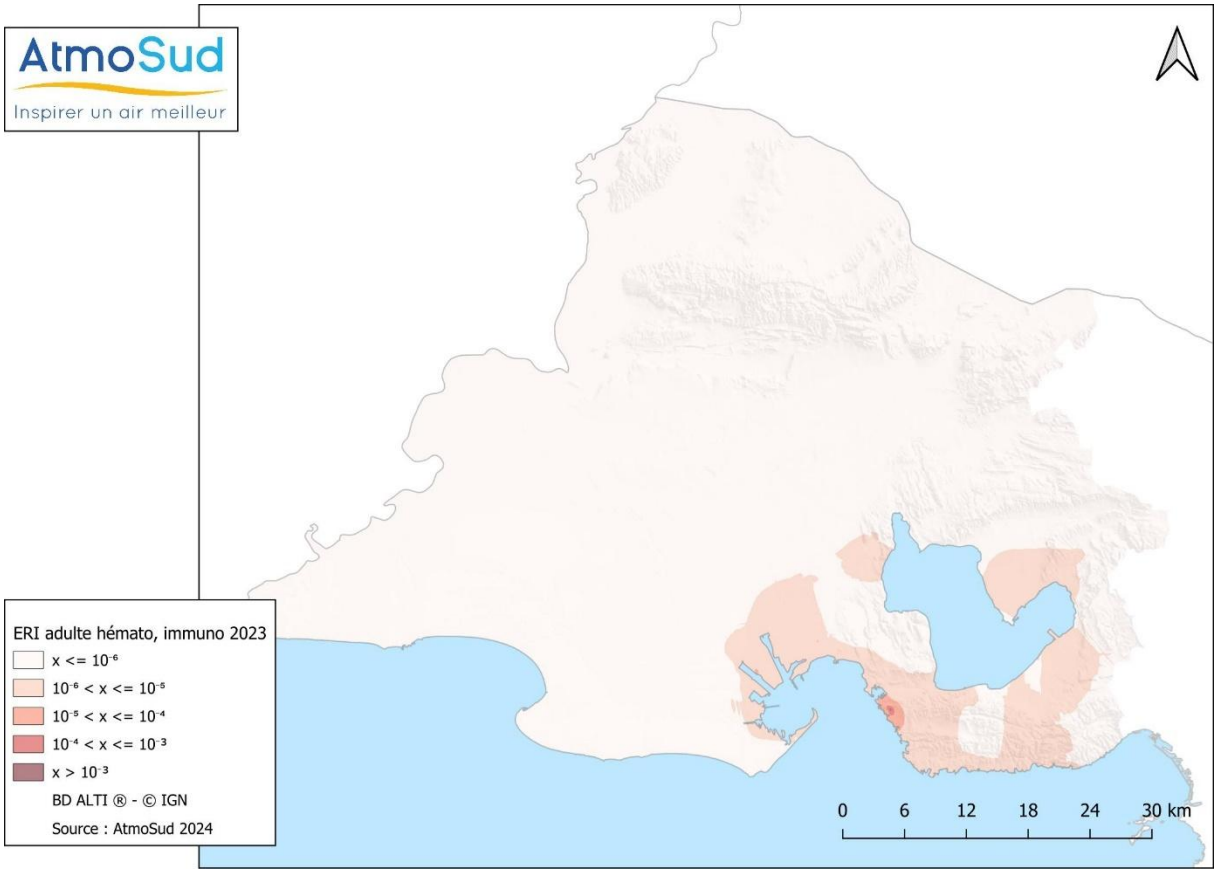
- **Effets cumulés sans seuil – Organe cible : le nez**



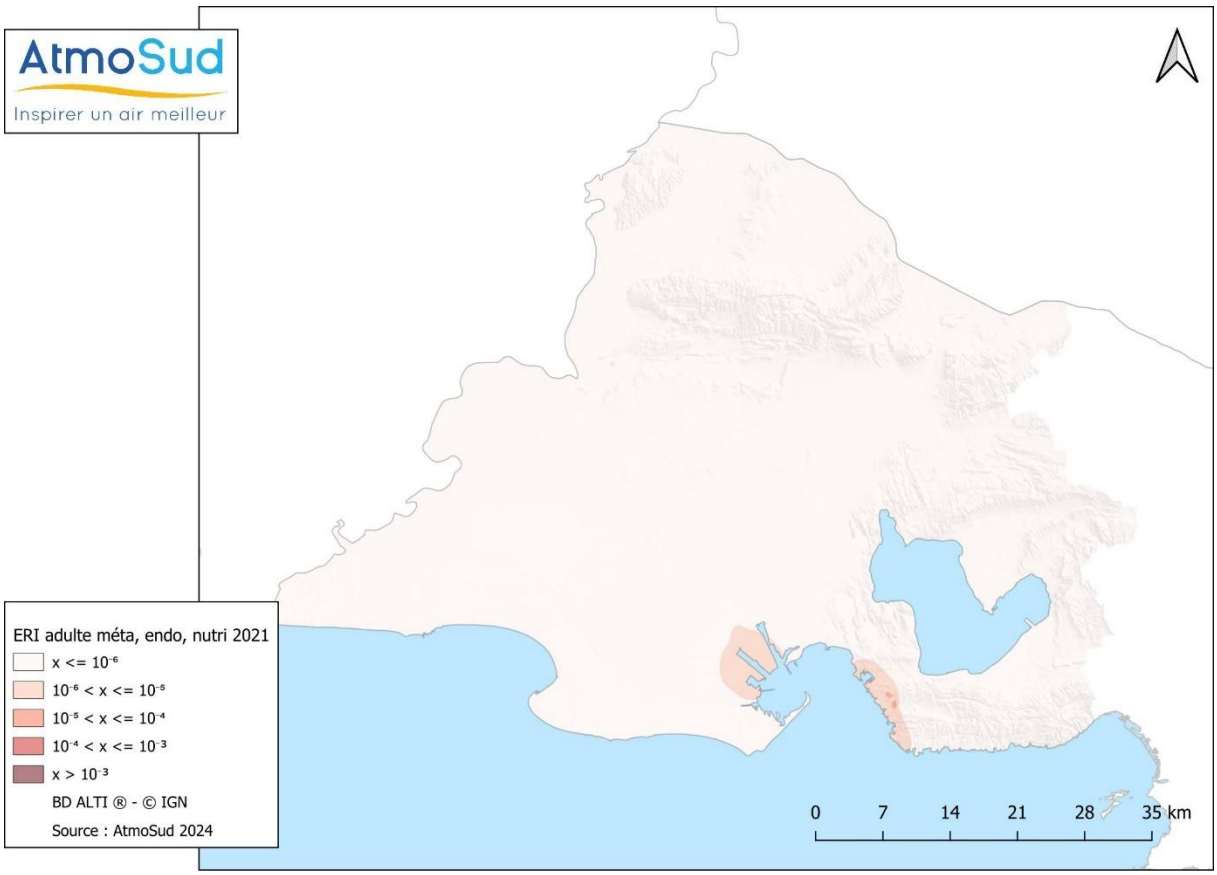
- **Effets cumulés sans seuil – Organe Cible : les poumons**



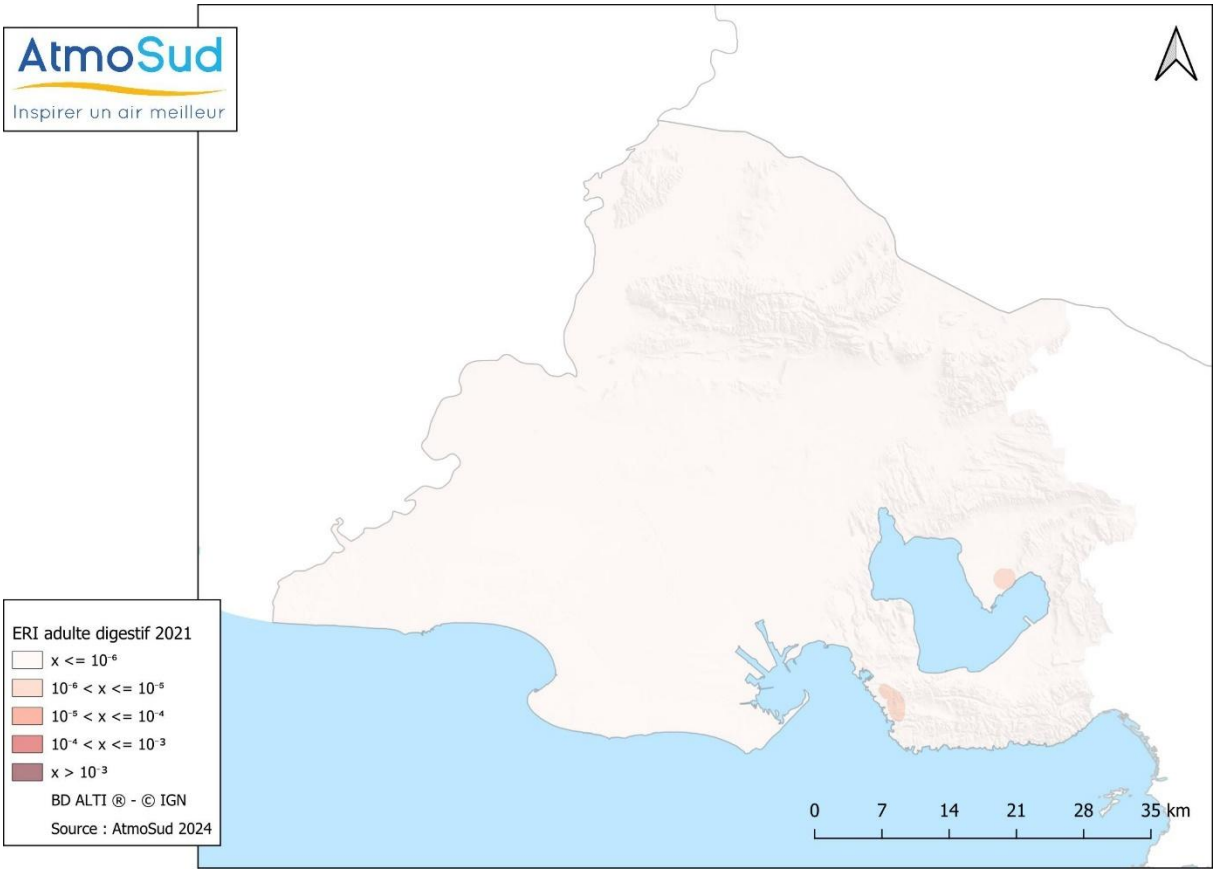
Effets cumulés sans seuil – Organe cible : les lymphocytes



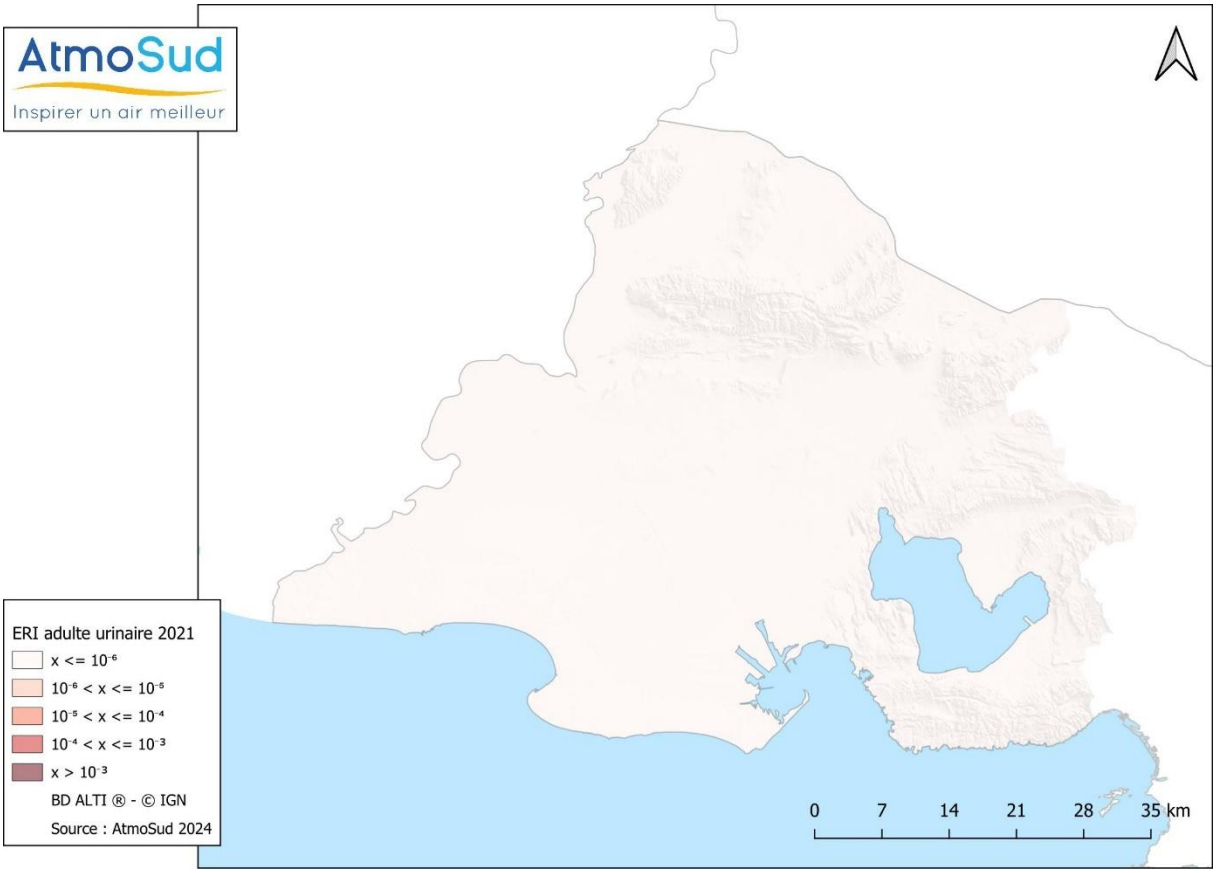
Effets cumulés sans seuil – Organe cible : les glandes mammaires



Effets cumulés sans seuil – organe cible : le foie

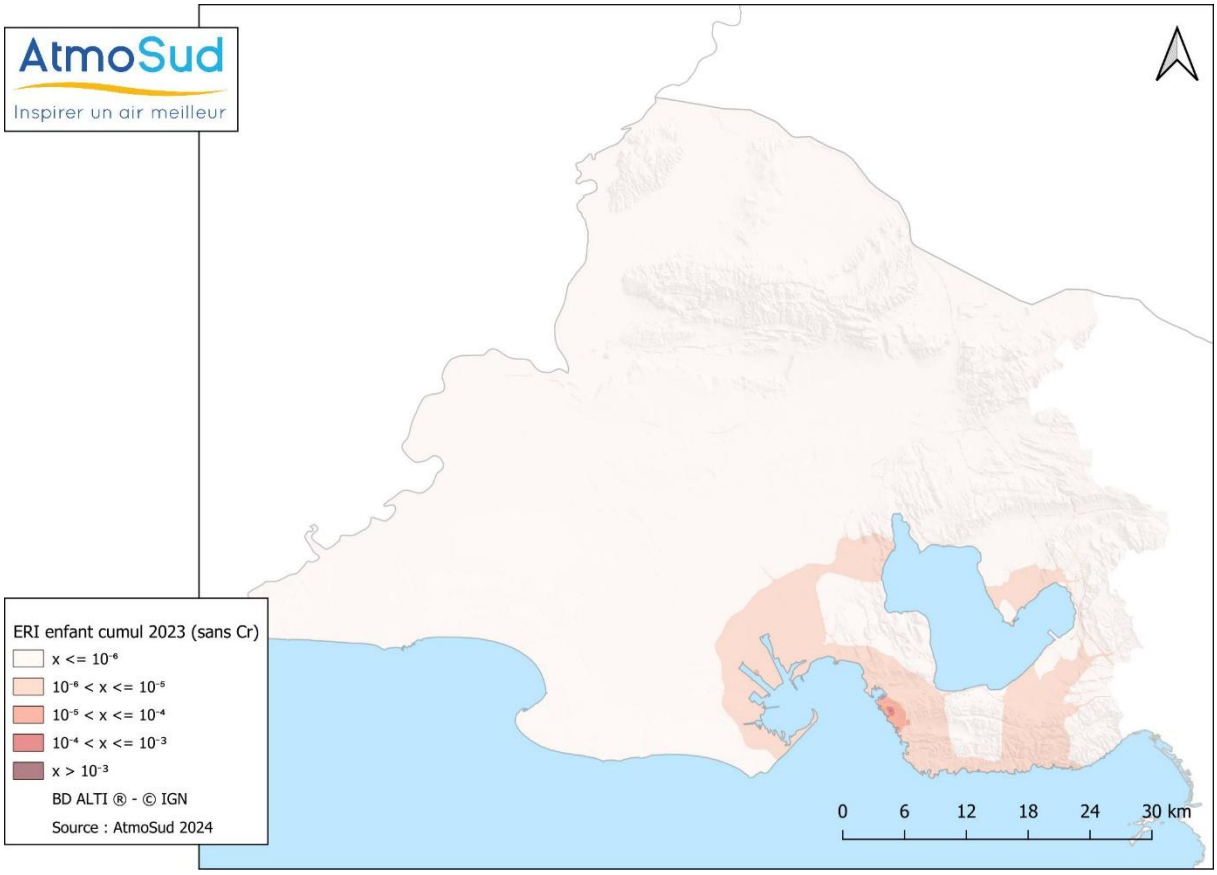


Effets cumulés sans seuil – Organe cible : les reins

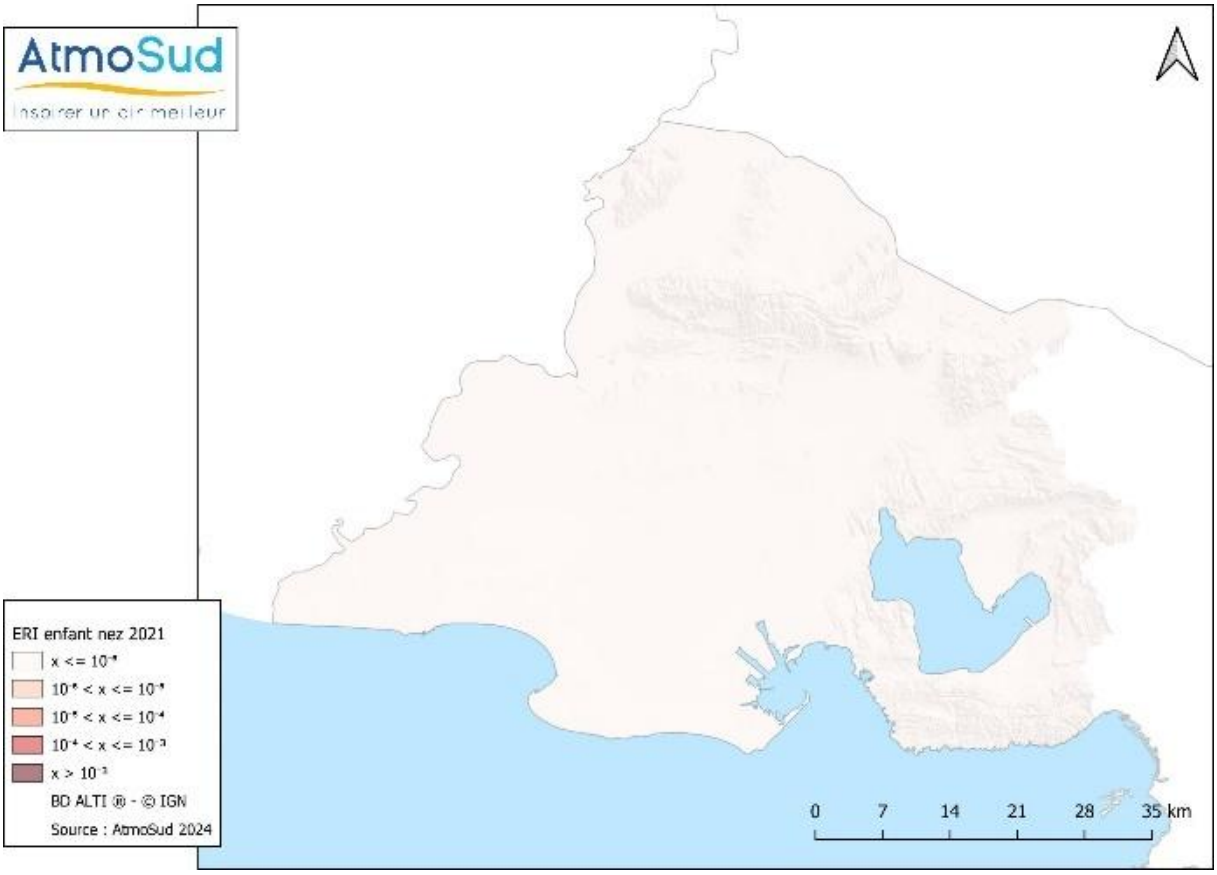


ANNEXE 6 – CARTOGRAPHIE DES ERI POUR LES EFFETS CUMULES PAR ORGANE CIBLE – SCENARIO ENFANT RIVERAIN

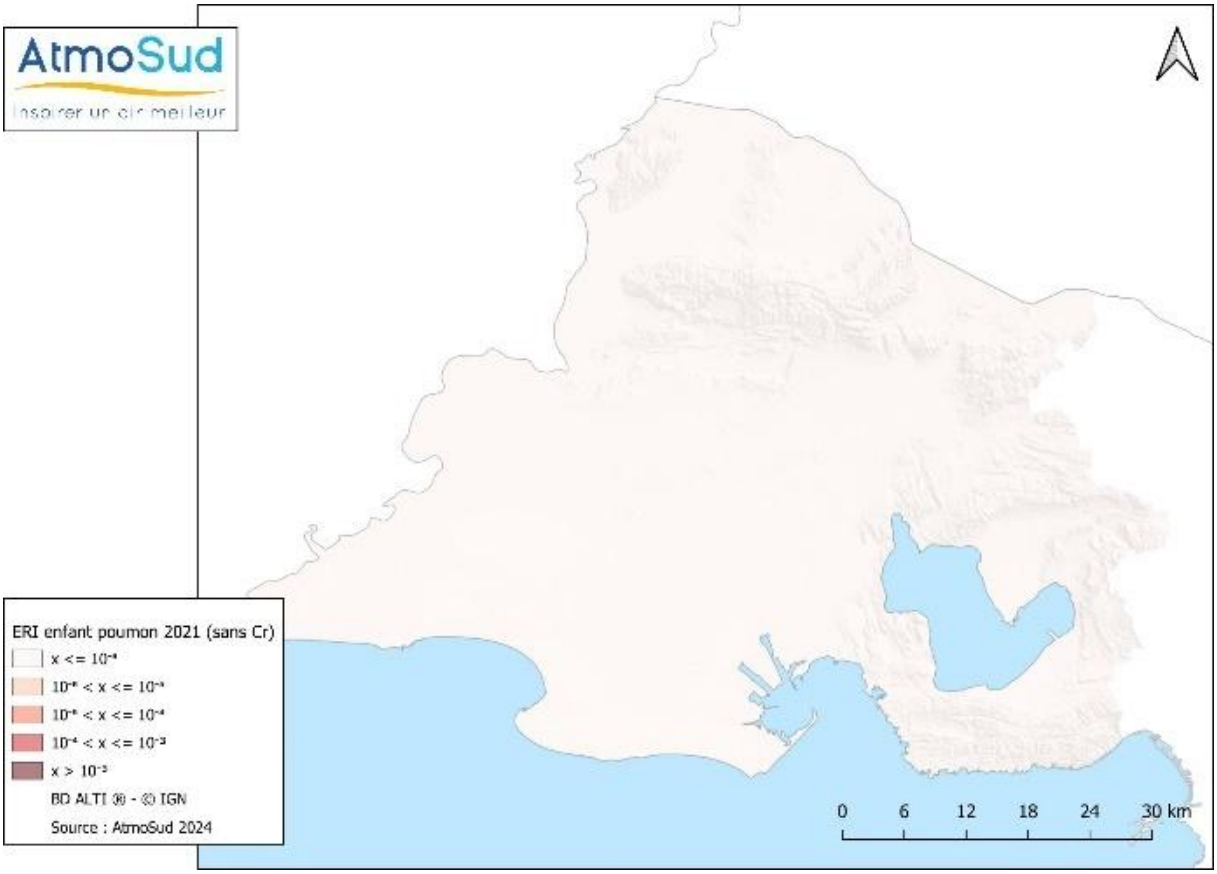
- **Effets cumulés sans seuil – tous systèmes confondus**



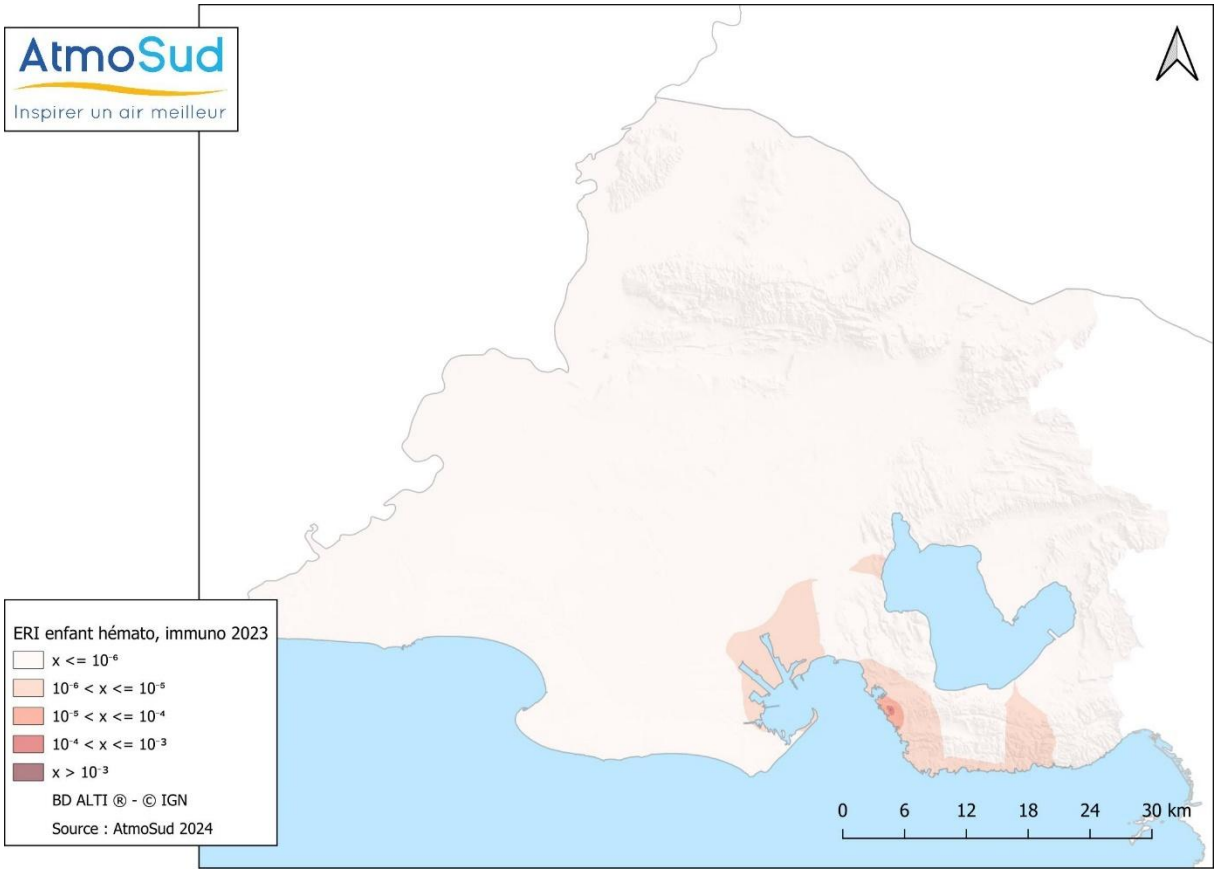
- **Effets cumulés sans seuil – organe cible : le nez**



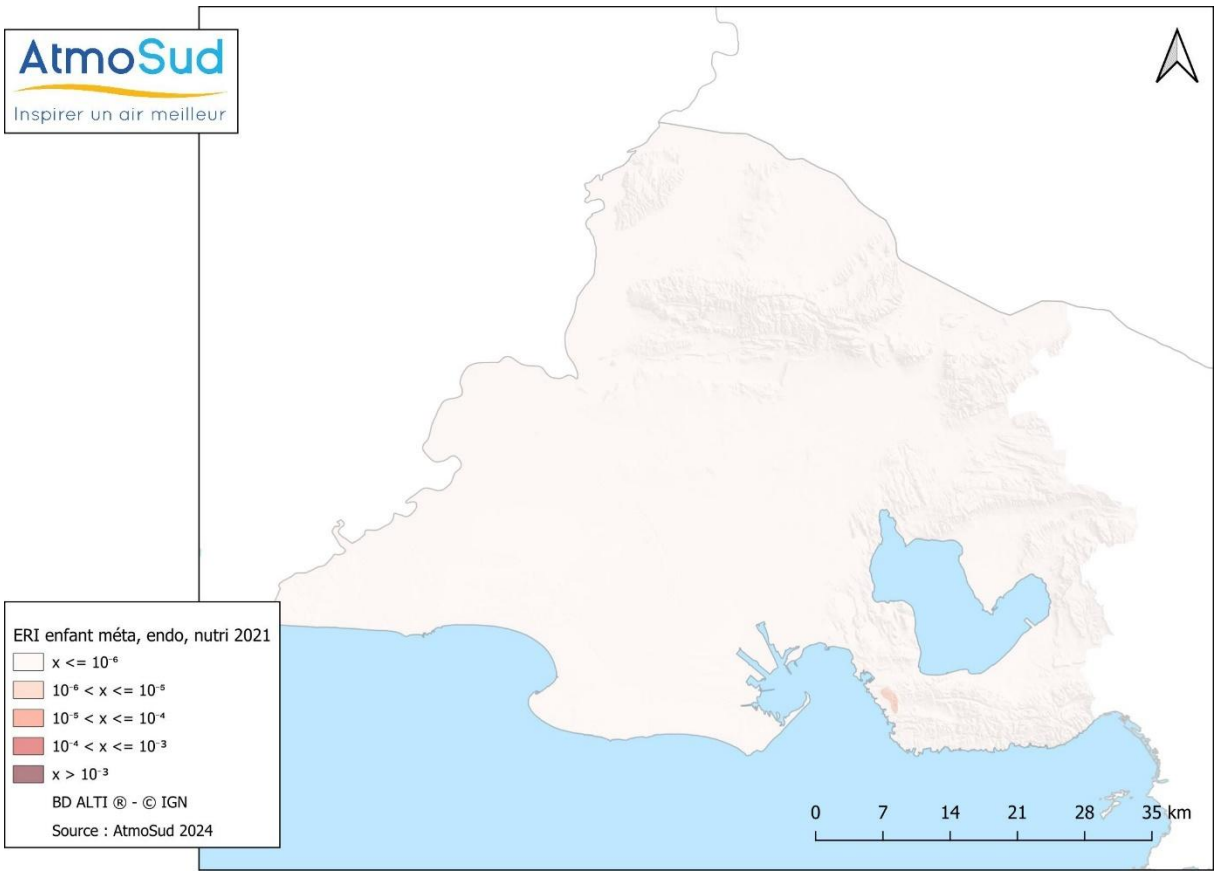
- **Effets cumulés sans seuil – organe cible : les poumons**



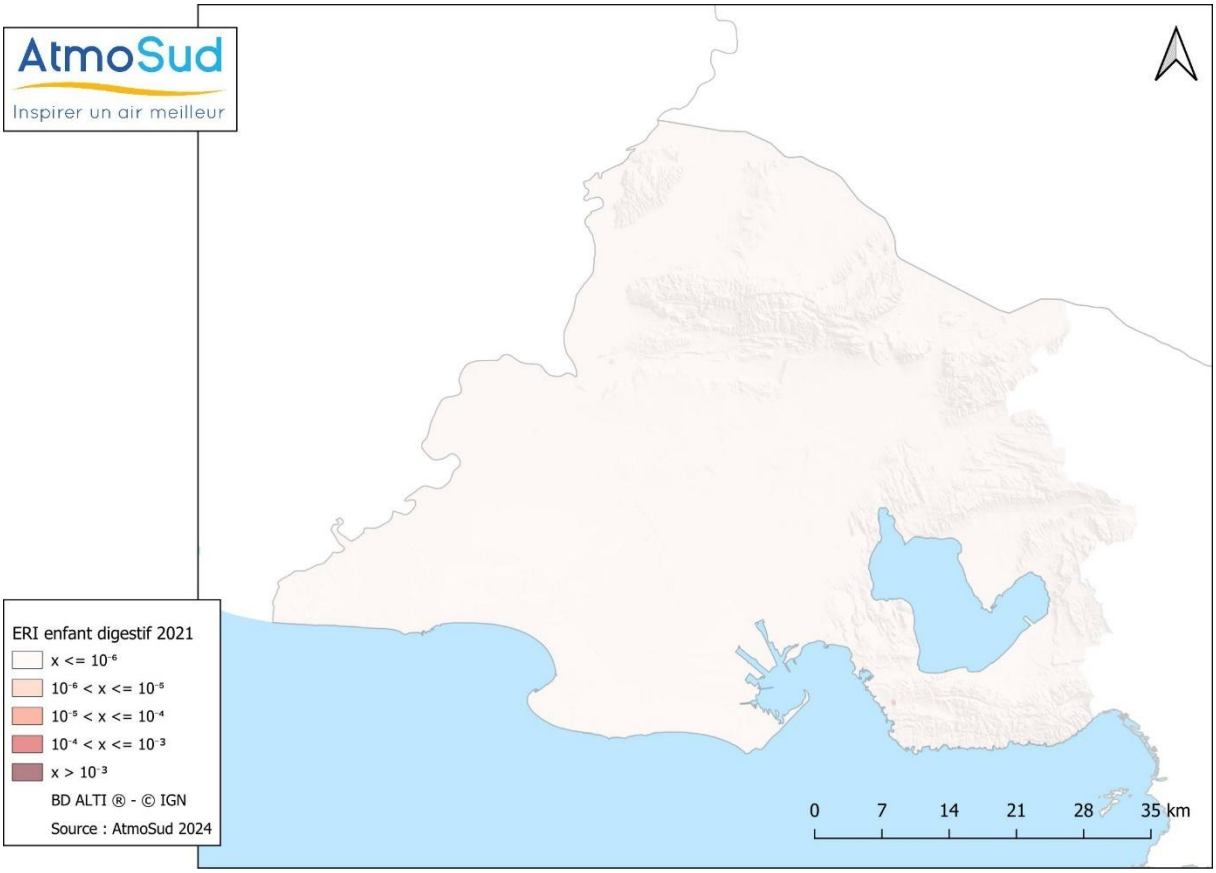
Effets cumulés sans seuil – Organe cible : les lymphocytes



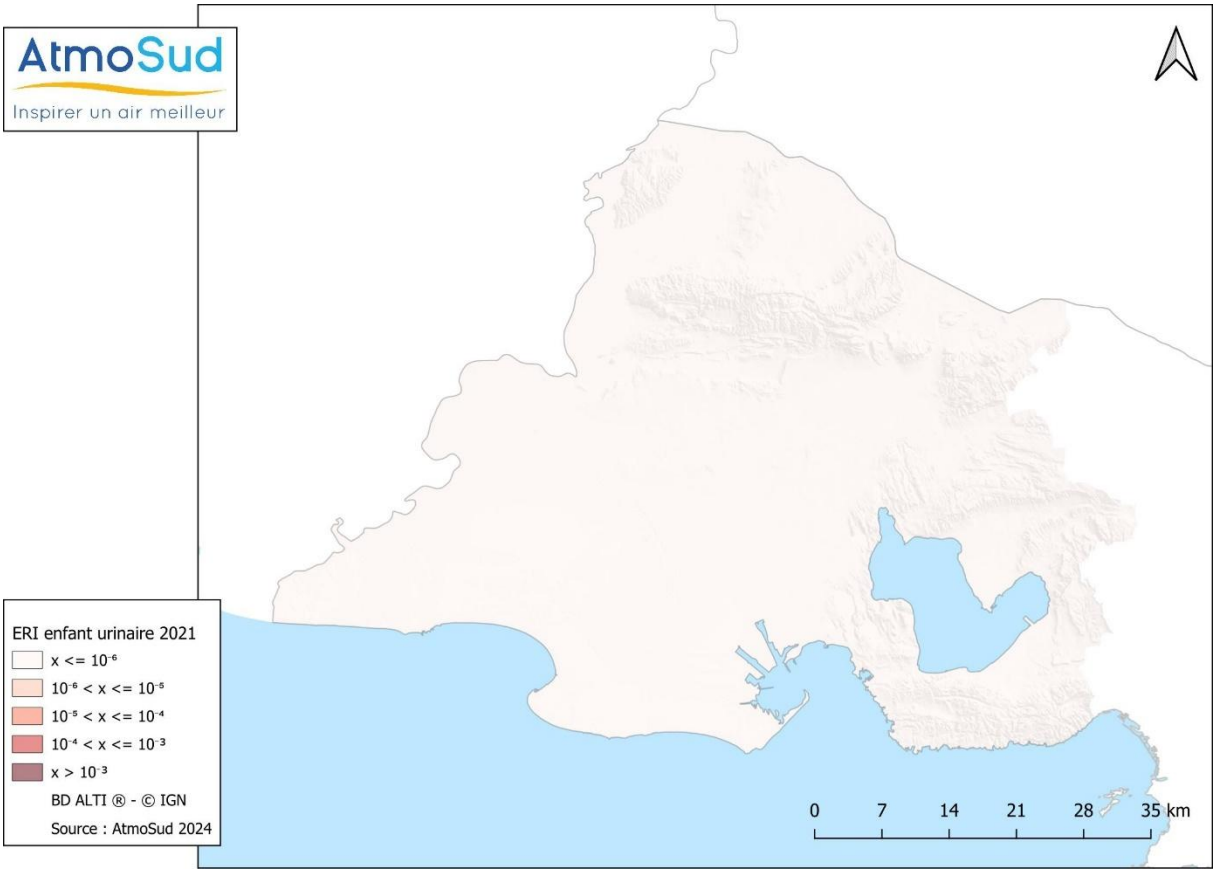
Effets cumulés sans seuil – organe cible : les glandes mammaires



Effets cumulés sans seuil – organe cible : le foie



Effets cumulés sans seuil – organe cible : les reins



AtmoSud, votre expert de l'air en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur

Un large champ d'intervention : air/climat/énergie/santé

La loi sur l'air reconnaît le droit à chaque citoyen de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Dans ce cadre, AtmoSud évalue l'exposition des populations à la pollution atmosphérique et identifie les zones où il faut agir. Pour s'adapter aux nouveaux enjeux et à la demande des acteurs, son champ d'intervention s'étend à l'ensemble des thématiques de l'atmosphère : polluants, gaz à effet de serre, nuisances, pesticides, pollens... Par ses moyens techniques et d'expertise, AtmoSud est au service des décideurs et des citoyens.

Des missions d'intérêt général

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 confie la surveillance de la qualité de l'air à des associations agréées :

- Connaître l'exposition de la population aux polluants atmosphériques et contribuer aux connaissances sur le changement climatique
- Sensibiliser la population à la qualité de l'air et aux comportements qui permettent de la préserver
- Accompagner les acteurs des territoires pour améliorer la qualité de l'air dans une approche intégrée air/climat/énergie/santé
- Prévoir la qualité de l'air au quotidien et sur le long terme
- Prévenir la population des épisodes de pollution
- Contribuer à l'amélioration des connaissances*

Recevez nos bulletins

Abonnez-vous à l'actualité de la qualité de l'air : https://www.atmosud.org/abonnements

Conditions de diffusion

AtmoSud met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ces travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur notre site Internet.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'AtmoSud. Toute utilisation de données ou de documents (texte, tableau, graphe, carte…) doit obligatoirement faire référence à AtmoSud. Ce dernier n'est en aucun cas responsable des interprétations et publications diverses issues de ces travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

www.atmosud.org

AtmoSud
Inspirer un air meilleur

A propos d'AtmoSud

Siège social
146 rue Paradis « Le Noilly Paradis »
13294 Marseille Cedex
Tel. 04 91 32 38 00
Fax 04 91 32 38 29
Contact.air@atmosud.org

Etablissement de Martigues
06 route de la Vierge
13500 Martigues
Tel. 04 42 13 01 20
Fax 04 42 13 01 29

Etablissement de Nice
37 bis avenue Henri Matisse
06200 Nice
Tel. 04 93 18 88 00

SIRET : 324 465 632 00044 – APE – **NAF :** 7120B – **TVA intracommunautaire :** FR 65 324 465 632