

# COMMUNE D'AIX EN PROVENCE

## LIAISON ROUTIERE ENTRE LA RD65 ET LA RD9 PONT-SUR-L'ARC



### VOLET AIR & SANTÉ

### ÉTAT INITIAL ET ANALYSE DES IMPACTS

Réf N : 161 002 016

V1

1<sup>er</sup> septembre 2016

**TechniSim**  
Consultants

**TPF INFRASTRUCTURES**

PARC DU GOLF, BÂTIMENT 4  
350 RUE GUILLIBERT DE LA LAUZIÈRE  
13856 AIX-EN-PROVENCE CEDEX 3  
Tel : +33 (0) 4 42 97 20 39

**LIAISON ROUTIERE ENTRE LA RD65 ET LA RD9 – PONT-SUR-L'ARC**

**AIX EN PROVENCE**

**Volet Air & Santé**  
**État initial et Analyse des impacts**

**TECHNISIM CONSULTANTS**

2 rue Saint Théodore  
69003 LYON  
Tél. : 04 72 33 91 67  
TechniSim@wanadoo.fr

## SOMMAIRE

Présentation de l'étude .....	8	9. Analyse des données sanitaires .....	30
1. Contexte général .....	9	9.1. Rappel des effets de la pollution sur la santé.....	30
2. Présentation du projet.....	9	9.2. Données sanitaires .....	31
3. Contexte législatif.....	9	10. Analyse du domaine d'étude .....	33
4. Présentation du contenu de l'étude .....	10	10.1. Composition du domaine géographique d'étude – identification des sites sensibles.....	33
4.1. Définition du domaine d'étude et de la bande d'étude.....	10	10.2. Analyse de la population – Données INSEE .....	34
4.2. Définition du niveau de l'étude .....	10	10.3. Occupation des sols – Densité de population.....	36
État initial .....	12	11. Mesures <i>in situ</i> .....	38
5. Contenu de l'état initial .....	13	11.1. Déroulement de la campagne de mesure .....	38
6. Outils stratégiques et réglementaires.....	13	11.2. Mesures des particules PM10 et PM2.5 .....	38
6.1. Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie [SRCAE] .....	13	11.3. Résultats des mesures par tubes passifs .....	43
6.2. Plan de Protection de l'Atmosphère [PPA] .....	14	11.4. Synthèse .....	45
6.3. Plan National Santé Environnement [PNSE] .....	16	Analyses des impacts.....	46
6.4. Plan Régional Santé Environnement [PRSE] .....	16	12. Contenu de l'analyse des impacts.....	47
6.5. Lois Grenelle .....	16	13. Impacts du projet sur la qualité de l'air en phase chantier.....	47
6.6. Plan Climat Énergie Territorial .....	17	13.1. Quantification des émissions liées aux activités du chantier .....	47
6.7. Plan Particules .....	17	13.2. Mesures de réduction des émissions liées aux activités du chantier .....	47
6.8. Plan d'Urgence pour la qualité de l'air .....	18	13.3. Synthèse .....	49
6.9. Contentieux européen .....	19	14. Impact du projet sur la qualité de l'air en phase exploitation .....	49
6.10. Certificat qualité de l'air .....	20	14.1. Flux de trafic – Indice VK.....	49
6.11. Projets « Villes respirables en 5 ans » .....	20	14.2. Évaluation des consommations énergétiques .....	53
6.12. Synthèse .....	21	14.3. Émissions atmosphériques.....	54
7. Identification des principales sources d'émissions atmosphériques.....	22	14.4. Synthèse .....	59
7.1. Registre des émissions polluantes .....	22	14.1. Simulation numérique de la dispersion atmosphérique .....	59
7.2. Réseaux de transport .....	22	14.2. Conclusion de l'impact du projet sur la qualité de l'air .....	70
7.3. Inventaire des émissions .....	23	15. Effets de la pollution atmosphérique sur la santé.....	70
7.4. Synthèse.....	27	15.1. Effets généraux .....	70
8. Surveillance de la qualité de l'air.....	27	15.2. Indice Pollution Population [IPP].....	73
8.1. Procédure d'information et d'alerte .....	27	15.3. Évaluation quantitative des risques sanitaires [EQRS].....	74
8.2. Mesures réalisées par Air PACA .....	28	15.4. Synthèse – Impacts sur projet sur la santé.....	90
8.3. Bilan annuel de la qualité de l'air.....	29	16. Coûts collectifs de l'impact sanitaire .....	90
8.4. Synthèse.....	30	16.1. Coûts liés aux émissions de polluants atmosphériques .....	90
		16.2. Coûts liés aux émissions de gaz à effet de serre .....	92

17. Analyse qualitative des mesures de réduction de la pollution atmosphérique de proximité.....	92
18. Effets sur les sols et la végétation.....	93
18.1. Effets sur les sols.....	93
18.2. Effets sur la végétation.....	93
Conclusion et synthèse.....	95
Annexes.....	98
Annexe n°1 : Fiches descriptives des mesures.....	99
Annexe n°2 : Métrologie des poussières PM10 et PM2.5.....	101
Annexe n°3 : Métrologie du dioxyde d'azote et des BTEX.....	102
Annexe n°4: Conditions météorologiques observées durant la campagne de mesures par tubes passifs.....	105
Annexe n°5 : Présentation des substances mesurées .....	108
Annexe n°6 : Effets sanitaires des polluants générés par le trafic routier .....	113

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Emplacement du projet.....	9
Figure 2 : Zones concernées par le contentieux européen.....	19
Figure 3 : Les différents certificats qualité de l'air (Source : MEDDE).....	20
Figure 4 : Collectivités retenues pour le programme « Ville respirables en 5 ans ».....	21
Figure 5 : Localisation de l'établissement rejetant des polluants dans l'air.....	22
Figure 6: Carte TMJA dans la région PACA.....	23
Figure 7: Répartition des émissions de polluants par type d'activité sur le territoire des Alpes-Maritimes, source : inventaire PACA 2012, version 2014.....	24
Figure 8 : Contribution par secteur aux émissions de NOx au niveau départemental et communale pour l'année 2013.....	24
Figure 9 : Contribution par secteur aux émissions de PM10 au niveau départemental et communale pour l'année 2013.....	25
Figure 10 : Contribution par secteur aux émissions de PM2.5 au niveau départemental et communale pour l'année 2013.....	25
Figure 11 : Contribution par secteur aux émissions de COVNM au niveau départemental et communale pour l'année 2013.....	26
Figure 12 : Contribution par secteur aux émissions de SO <sub>2</sub> au niveau départemental et communale pour l'année 2013.....	26
Figure 13 : Contribution par secteur aux émissions de GES au niveau départemental et communale pour l'année 2013.....	27
Figure 14 : Localisation de la station de mesure d'Air PACA par rapport au projet.....	28
Figure 15 : Carte des indices d'exposition annuel pour les années 2013 et 2014 – Moyenne annuelle.....	29
Figure 16 : Nombre de mois de perte d'espérance de vie - moyenne dans l'UE due aux particules fines (PM2,5) [Source : International Institute for Applied Systems Analysis].....	30
Figure 17: Localisation des sites sensibles.....	33
Figure 18: Ancienneté d'emménagement des ménages en 2013.....	35
Figure 19 : Occupation des sols aux alentours du projet.....	36
Figure 20 : Densité de population aux abords du site d'étude.....	37
Figure 21 : Emplacements des points de mesure <i>in situ</i> .....	38
Figure 22 : Néphélomètre.....	39
Figure 23 : Résultats des mesures des particules PM10 et PM2,5.....	41
Figure 24 : Résultats des mesures in situ – particules PM10 et PM2,5.....	42
Figure 25 : Dispositifs d'échantillonnage passifs.....	43
Figure 26: Cartographie des résultats – Dioxyde d'azote.....	44
Figure 27: Cartographie des résultats – BTEX.....	45
Figure 28: Réseau routier considéré dans l'étude.....	50
Figure 29 : Flux de trafic (TMJA) : Indice VK.....	53
Figure 30: Consommation moyenne de carburant par jour.....	53
Figure 31 : Émissions journalières – Oxydes d'azote.....	56
Figure 32 : Émissions journalières – Monoxyde de carbone.....	56
Figure 33 : Émissions journalières – Particules PM10.....	57
Figure 34 : Émissions journalières – Particules PM2,5.....	57
Figure 35 : Émissions journalières – HAP.....	57
Figure 36: Modélisation gaussienne d'un panache.....	60
Figure 37: Rose des vents utilisée pour les simulations.....	60
Figure 38: Terrain numérique utilisé dans les modélisations.....	61
Figure 39: Localisation des récepteurs.....	63
Figure 40: Horizon 2015 Situation actuelle – concentration (en µg/m <sup>3</sup> ) moyenne annuelle en NO <sub>2</sub> .....	64
Figure 41 : Horizon 2018 Mise en service du projet – concentration (en µg/m <sup>3</sup> ) moyenne annuelle en NO <sub>2</sub> .....	64
Figure 42 : Horizon 2020 Mise en service de la liaison RD9-RD8N– concentration (en µg/m <sup>3</sup> ) moyenne annuelle en NO <sub>2</sub> .....	65
Figure 43 : Horizon 2035 Mise en service de tous les projets– concentration (en µg/m <sup>3</sup> ) moyenne annuelle en NO <sub>2</sub> .....	65
Figure 44: Horizon 2015 Situation actuelle – concentration moyenne annuelle en PM10.....	67
Figure 45 : Horizon 2018 Mise en service du projet – concentration moyenne annuelle en PM10.....	67
Figure 46 : Horizon 2020 Mise en service de la liaison RD9-RD8N – concentration moyenne annuelle en PM10.....	67
Figure 47 : Horizon 2035 Mise en service de tous les projets– concentration moyenne annuelle en PM10.....	67
Figure 48: Horizon 2015 Situation actuelle – concentration moyenne annuelle en PM2.5.....	68
Figure 49 : Horizon 2018 Mise en service du projet – concentration moyenne annuelle en PM2.5.....	68
Figure 50 : Horizon 2020 Mise en service de la liaison RD9-RD8N – concentration moyenne annuelle en PM2.5.....	68
Figure 51 : Horizon 2035 Mise en service de tous les projets – concentration moyenne annuelle en PM2.5.....	68
Figure 52 : Schéma conceptuel de la construction de l'IPP.....	73
Figure 53: IPP – Dioxyde d'azote.....	73
Figure 54: IPP – Benzène.....	73
Figure 55 : Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS.....	74
Figure 56: Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence.....	76
Figure 57: Quotients de dangers par organe cible – Scénario «Retraité».....	84
Figure 58: Quotients de dangers par organe cible – Scénario «Sportif».....	84
Figure 59: Quotients de dangers par organe cible – Scénario «Écolier - École primaire du Pont de l'Arc».....	84
Figure 60: Quotients de dangers par organe cible – Scénario « Quotients de dangers par organe cible – Scénario «Écolier - École primaire des Floralties».....	84
Figure 61: Excès de risques individuel – Scénario «Sportif».....	87
Figure 62: Excès de risques individuel – Scénario « Écolier de l'école primaire du Pont de l'Arc ».....	87
Figure 63: Excès de risques individuel – Scénario « Écolier de l'école primaire des Floralties».....	88
Figure 64 : Coût journalier de la pollution atmosphérique.....	91
Figure 65 : Photographie du Thermo pDR-1 500.....	101
Figure 66 : Echantillonneur passif pour le dioxyde d'azote (Passam).....	102
Figure 67 : Echantillonneur passif pour le BTEX (Passam).....	104
Figure 68 : Températures enregistrées lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016.....	105
Figure 69: Origine des vents enregistrée lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016.....	105
Figure 70: Pluviométrie enregistrée lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016 (unité : mm).....	107

Figure 71: Ensoleillement enregistré lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016.....107

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Largeur minimale de la bande d'étude selon la charge de trafic .....	10
Tableau 2 : Type d'étude en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et de la densité du bâti.....	11
Tableau 3: Mesures proposées par le PPA.....	15
Tableau 4: Tableau de synthèse des actions du PPA.....	15
Tableau 5: Émissions atmosphériques de CENTIPHARM .....	22
Tableau 6 : Seuils de déclenchement des niveaux d'information et d'alerte .....	28
Tableau 7 : Caractéristiques de la station de mesure Air PACA.....	28
Tableau 8: Concentrations en NOx et NO <sub>2</sub> relevées par Air PACA (unité : µg/m <sup>3</sup> ) .....	29
Tableau 9: Concentrations en PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub> relevées par Air PACA (unité : µg/m <sup>3</sup> ).....	29
Tableau 10: Concentrations en O <sub>3</sub> relevées par Air PACA (unité : µg/m <sup>3</sup> ).....	29
Tableau 11: Taux de mortalité pour le département des Alpes-Maritimes.....	31
Tableau 12: Chiffres clés en PACA pour l'asthme .....	32
Tableau 13 : Évolution de la population.....	34
Tableau 14: Population par grandes tranches d'âges .....	34
Tableau 15: Population par sexe et âge en 2013 .....	34
Tableau 16 : Population de 15 à 64 ans par type d'activité – Année 2013.....	34
Tableau 17 : Lieu de travail des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi – Année 2013 .....	35
Tableau 18 : Catégorie de logements – Année 2013 .....	35
Tableau 19: Ancienneté d'emménagement dans la résidence principale en 2012 .....	35
Tableau 20 : Description des emplacements des points de mesure.....	38
Tableau 21: Paramètres mesurés lors des mesures le 14 juin 2016.....	39
Tableau 22: Paramètres mesurés lors des mesures le 27 juin 2016.....	40
Tableau 23 : Résultats des mesures des particules PM <sub>2,5</sub> .....	40
Tableau 24 : Résultats des mesures des particules PM <sub>10</sub> .....	40
Tableau 25: Rapport entre les concentrations de PM <sub>2,5</sub> et PM <sub>10</sub> .....	41
Tableau 26: Mesures obtenues aux stations d'AIR PACA pour la même période – PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub> .....	41
Tableau 27 : Résultats des mesures du NO <sub>2</sub> [unité : µg/m <sup>3</sup> ].....	43
Tableau 28: Mesures obtenues aux stations d'AIR PACA pour la même période – NO <sub>2</sub> .....	44
Tableau 29 : Résultats des mesures des BTEX [unité : µg/m <sup>3</sup> ].....	44
Tableau 30: Concentrations ubiquitaires moyennes de BTEX dans différents environnements .....	44
Tableau 31: Recommandations de l'OMS [unité : µg/m <sup>3</sup> ] .....	45
Tableau 32 : Données du trafic (TMJ) sur l'ensemble du réseau routier étudié - Horizon 2015 – Situation actuelle.....	50
Tableau 33 : Données du trafic (TMJ) sur l'ensemble du réseau routier étudié - Horizon 2018 – Mise en service du projet .....	51
Tableau 34 : Données du trafic (TMJ) sur l'ensemble du réseau routier étudié - Horizon 2020 – Mise en service de la liaison RD9-RD8N .....	51
Tableau 35 : Données du trafic (TMJ) sur l'ensemble du réseau routier étudié - Horizon 2035 – Mise en service de tous les projets .....	52
Tableau 36: Consommation de carburant.....	53
Tableau 37 : Émissions globales pour les scénarios traités.....	55
Tableau 38 : Quantité de GES produits .....	58

Tableau 39 : Concentrations maximales relevées dans la bande d'étude pour les composés faisant l'objet d'une réglementation .....	61
Tableau 40: Concentrations maximales relevées dans la bande d'étude pour les composés cités dans la circulaire du 25 février 2005 mais ne faisant pas l'objet d'une réglementation .....	62
Tableau 41 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle en µg/m <sup>3</sup> .....	63
Tableau 42 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne horaire en µg/m <sup>3</sup> .....	64
Tableau 43 : Résultats des modélisations pour les particules PM <sub>10</sub> – moyenne annuelle (en µg/m <sup>3</sup> ) .....	65
Tableau 44 : Résultats des modélisations pour les particules PM <sub>10</sub> – moyenne journalière .....	66
Tableau 45 : Résultats des modélisations pour les particules PM <sub>2,5</sub> – moyenne annuelle .....	66
Tableau 46 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française.....	69
Tableau 47 : Indice Pollution Population.....	73
Tableau 48 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour l'étude pour les effets à seuil.....	77
Tableau 49 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour l'étude pour les effets sans seuil.....	79
Tableau 50: Scénario d'exposition « Retraité » et paramètres considérés .....	80
Tableau 51 : Scénario d'exposition « Sportif » et paramètres considérés .....	81
Tableau 52: Scénario d'exposition « Écolier » et paramètres considérés .....	81
Tableau 53: Concentrations moyennes inhalées – effets à seuil – scénario « Retraité » .....	82
Tableau 54: Concentrations moyennes inhalées – effets à seuil – scénario « Sportif ».....	82
Tableau 55: Concentrations moyennes inhalées – effets à seuil – scénario « Écolier » .....	83
Tableau 56: Quotients de danger –scénario « Retraité » .....	85
Tableau 57: Quotients de danger – scénario « Sportif » .....	85
Tableau 58: Quotients de danger – scénario « Écolier » .....	86
Tableau 59: Excès de risque individuel cumulé – Scénario « sportif » .....	86
Tableau 60: Excès de risque individuel cumulé – Scénario « écolier - École primaire du Pont de l'Arc» .....	87
Tableau 61: Excès de risque individuel cumulé – Scénario « écolier - École primaire des Floraliés».....	87
Tableau 62 : Coûts unitaires de la pollution atmosphérique générée par le transport routier en 2010 .....	91
Tableau 63 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier .....	91
Tableau 64: Estimation des coûts des GES générés par le transport routier .....	92
Tableau 65: Vitesses des vents enregistrées lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016.....	106
Tableau 66 : Échelle de Beaufort .....	106
Tableau 67 : Effets sanitaires redoutés avec seuil – Voie inhalation.....	113
Tableau 68 : Effets sanitaires redoutés sans seuil – Voie inhalation.....	114

## GLOSSAIRE

<b>AASQA</b>	Association Agrée pour la Surveillance de la Qualité de l’Air	<b>INRETS</b>	Institut de recherche sur les transports
<b>ADEME</b>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie	<b>INSEE</b>	Institut national de la statistique et des études économiques
<b>AEE</b>	Agence Européenne de l’Environnement	<b>InVS</b>	Institut de Veille Sanitaire
<b>As</b>	Arsenic	<b>IPP</b>	Indice Pollution Population
<b>Ba</b>	Baryum	<b>MEDDE</b>	Ministère de l’Écologie, du développement Durable et de l’Energie
<b>B(a)P</b>	Benzo(a)Pyrène	<b>Ni</b>	Nickel
<b>BPCO</b>	Broncho-pneumopathie chronique obstructive	<b>NO<sub>2</sub></b>	Dioxyde d’azote
<b>BTEX</b>	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes	<b>NO<sub>x</sub></b>	Oxydes d’azote
<b>Cd</b>	Cadmium	<b>N<sub>2</sub>O</b>	Protoxyde d’azote
<b>CERTU</b>	Centre d’études sur les réseaux, les transports, l’urbanisme et les constructions publiques	<b>O<sub>3</sub></b>	Ozone
<b>CH<sub>2</sub>O</b>	Formaldéhyde	<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>CH<sub>4</sub></b>	Méthane	<b>Pb</b>	Plomb
<b>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O</b>	Acétaldéhyde	<b>PDU</b>	Plan de Déplacement Urbain
<b>C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O</b>	Acroléine	<b>PL</b>	Poids Lourd
<b>C<sub>4</sub>H<sub>6</sub></b>	1,3-Butadiène	<b>PM</b>	Particulate Matter (particules fines en suspension)
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b>	Benzène	<b>PM10</b>	Particules de taille inférieure à 10 µm
<b>CITEPA</b>	Centre Interprofessionnel technique d’Etude de la Pollution Atmosphérique	<b>PM2,5</b>	Particules de taille inférieure à 2,5 µm
<b>CO</b>	Monoxyde de carbone	<b>PNSE</b>	Plan National Santé Environnement
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de carbone	<b>PPA</b>	Plan de Protection de l’Atmosphère
<b>COPERT</b>	COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport	<b>PRQA</b>	Plan Régional pour la Qualité de l’Air
<b>CORINAIR</b>	CORe INventories AIR	<b>PRSE</b>	Plan Régional Santé Environnement
<b>COV</b>	Composé Organique Volatil	<b>PSQA</b>	Programme de Surveillance de la Qualité de l’Air
<b>COVNM</b>	Composé Organique Volatil Non Méthanique	<b>QD</b>	Quotient de danger
<b>Cr</b>	Chrome	<b>SETRA</b>	Service d’études sur les transports, les routes et leurs aménagements
<b>DRIEE</b>	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l’Energie	<b>SO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de soufre
<b>EIS</b>	Evaluation de l’Impact Sanitaire	<b>SRCAE</b>	Schéma Régional Climat, Air, Energie
<b>ERI</b>	Excès de Risque Individuel	<b>TMJA</b>	Trafic Moyen Journalier Annuel
<b>ERU</b>	Excès de risque Unitaire	<b>US EPA</b>	United States Environmental Protection Agency
<b>EQRS</b>	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires	<b>UVP</b>	Unité de Véhicule Particulier
<b>GES</b>	Gaz à Effet de Serre	<b>VK</b>	Véhicules-Kilomètres
<b>HAP</b>	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	<b>VL</b>	Véhicule Léger
<b>Hg</b>	Mercure	<b>VTR</b>	Valeur Toxicologique de Référence
<b>HPM / HPS</b>	Heure de pointe du matin / soir		

# Présentation de l'étude



## 1. CONTEXTE GÉNÉRAL

Cette étude Air et Santé s'inscrit dans le cadre du projet de création d'une liaison routière entre la RD65 et la RD9 à Aix en Provence.

La première partie de l'étude concerne l'état initial de la qualité de l'air du domaine d'étude considéré.

La deuxième partie de l'étude analysera les impacts du projet sur la qualité de l'air et sur la santé.

L'étude est menée conformément aux préconisations de la circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

## 2. PRESENTATION DU PROJET

La Communauté du Pays d'Aix a déclaré d'intérêt communautaire le contournement Sud d'Aix en Provence, comprenant les tronçons : Chemin des Aunépinés-RD65, RD65-RD9 et RD9-RD8N.

Le tronçon RD65-RD9 viendra compléter le tronçon « chemin des Aubépinés - RD65 » en cours de réalisation sur le secteur de l'Ensoleillée. Ce barreau routier, qui comprend un ouvrage de franchissement de l'Arc, complétera la liaison inter-quartiers, quartier Ouest, quartiers Sud, de la Commune et facilitera, ainsi, les déplacements entre les secteurs d'habitation situés à l'ouest de la Commune et le secteur d'emplois et de commerces des Milles. Sa réalisation permettra également de limiter et d'améliorer la circulation dans les secteurs Beauvalle et Pont de l'Arc.

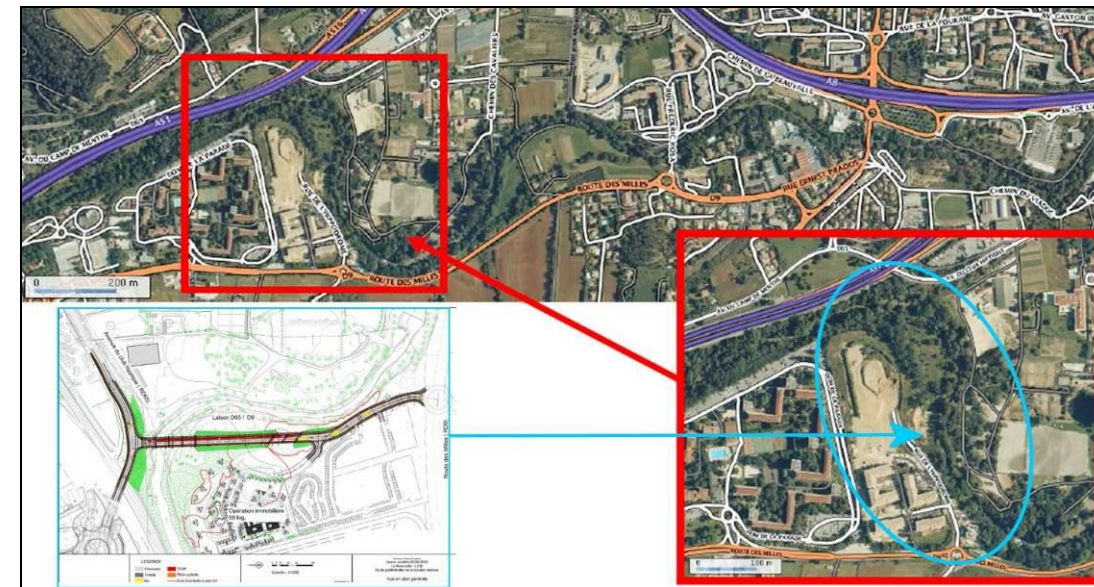


Figure 1 : Emplacement du projet

## 3. CONTEXTE LEGISLATIF

En France, la législation qui encadre la réalisation de l'étude Air et Santé pour les projets d'aménagements repose sur les textes suivants :

- La loi n°76/629 du 10/07/1976 relative à la protection de la nature et au contenu des études d'impact ;
- La Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie, dite loi "LAURE", n°96/1236 du 30/02/1996 ;
- Le décret modifié 77-1141 du 12 octobre 1977, pris pour l'application de l'article 2 de la loi n°768-629 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques ;
- Le décret 93-245 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et champ d'application des enquêtes publiques ;
- La circulaire n°87-88 du 25 octobre 1987 relative à la construction et à l'aménagement des autoroutes concédées ;
- La circulaire Mate n°98/36 du 17/02/98 relative à l'application de l'article 19 de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie complétant les études d'impact des projets d'aménagements ;
- La circulaire DGS n°185/2001 du 11/04/2001 relative à l'analyse des effets sur la santé des études d'impact sanitaire ;
- La circulaire du ministère de l'environnement n°93-73 du 27 septembre 1993 prise pour l'application du décret n°93-245 du 25 février 1993 relatifs aux études

d'impact et au champ d'application des enquêtes publiques et modifiant le décret n°77-1141 du 12 octobre 1977 et l'annexe au décret n°85-453 du 23 avril 1985 ;

- La *circulaire interministérielle Équipement/Santé/Écologie du 25 février 2005* relative à la prise en compte des effets sur la santé de pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières.

La présente étude est réalisée conformément à ces textes, et également avec l'appui des documents suivants :

- Méthodologie définie dans l'instruction de l'Équipement de mars 1996 relative à la prise en compte de l'environnement et du paysage dans la conception et la réalisation des projets routier ;
- Note méthodologique du CERTU-SETRA de janvier 2008 : Études d'impact d'infrastructures routières – Volet « air et santé » – État initial et recueil des données ;
- Guides méthodologiques sur les études d'environnement volet « air et santé » de février 2005 (annexe de la circulaire du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impacts des infrastructures routières) ;
- Normes ISO ou AFNOR correspondant aux protocoles analytiques des différents polluants à analyser.

## 4. PRESENTATION DU CONTENU DE L'ETUDE

### 4.1. DEFINITION DU DOMAINE D'ETUDE ET DE LA BANDE D'ETUDE

#### ❖ Domaine d'étude

Selon la *circulaire interministérielle DGS/SD 7 B n° 2005-273 du 25 février 2005*, le domaine d'étude est composé du projet et de l'ensemble du réseau routier subissant une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic de plus de 10 % du fait de la réalisation du projet.

Au regard de l'étendue restreinte du projet, l'ensemble des tronçons étudiés dans l'étude trafic a ainsi été considéré.

#### ❖ Définition de la bande d'étude

« La bande d'étude est définie autour de chaque voie subissant, du fait de la réalisation du projet, une hausse ou une baisse significative de trafic (variation de 10 %, identiquement au domaine d'étude). Elle est adaptée à l'étude de l'influence du projet sur la pollution atmosphérique à l'échelle locale résultant des polluants primaires. Dans le domaine d'étude, il peut donc y avoir plusieurs bandes d'études » (*Circulaire DGS/SD 7 B du 25 février 2005*).

Concernant la pollution particulaire, la largeur de la bande d'étude est de 100 mètres, quel que soit le trafic.

Regardant la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude de part et d'autre de l'axe médian du tracé le plus significatif du projet est définie dans le tableau qui va suivre par :

- le **Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)** prévu à terme ;
- ou
- le trafic à l'**Heure de Pointe** la plus chargée.

Selon les données trafic, la circulation maximale sur le réseau routier concerné par le projet sera comprise entre 10 000 et 25 000 véhicules par jour.

Il résulte de cela que la bande d'étude doit avoir au minimum une **largeur de 150 mètres** (cf. tableau ci-dessous).

**Tableau 1 : Largeur minimale de la bande d'étude selon la charge de trafic**

Trafic à l'Heure de Pointe (uvp/h)	TMJA à l'horizon d'étude (véh/j)	Largeur minimale de la bande d'étude (en mètres) de part et d'autre de l'axe
> 10 000	> 100 000	<b>300</b>
5 000 < trafic ≤ 10 000	50 000 < TMJA ≤ 100 000	<b>300</b>
2 500 < trafic ≤ 5 000	25 000 < TMJA ≤ 50 000	<b>200</b>
1 000 < trafic ≤ 2 500	10 000 < TMJA ≤ 25 000	<b>150</b>
≤ 1 000	≤ 10 000	<b>100</b>

### 4.2. DEFINITION DU NIVEAU DE L'ETUDE

L'importance de l'étude à mener est fonction de la charge prévisionnelle de trafic qui sera supportée par le projet.

Quatre niveaux d'études sont distingués, en fonction de deux paramètres principaux :

- La charge prévisionnelle de trafic ;
- Le nombre de personnes concernées par le projet.

**Tableau 2 : Type d'étude en fonction de la charge prévisionnelle de trafic et de la densité du bâti**

Densité dans la bande d'étude [hab/km <sup>2</sup> ]	Trafic à l'horizon d'étude (selon tronçons homogènes de plus de 1 km)			
	> 50 000 véh/j ou 5 000 uvp/h	25 000 à 50 000 véh/j ou 2 500 à 5 000 uvp/h	≤ 25 000 véh/j ou 2 500 uvp/h	≤ 10 000 véh/j ou 1 000 uvp/h
> 10 000 hab/km <sup>2</sup>	I	I	II	II si L <sub>projet</sub> > 5 km ou III si L <sub>projet</sub> ≤ 5 km
2 000 hab/km <sup>2</sup> < densité < 10 000 hab/km <sup>2</sup>	I	II	II	II si L <sub>projet</sub> > 25 km ou III si L <sub>projet</sub> ≤ 25 km
< 2 000 hab/km <sup>2</sup>	I	II	II	II si L <sub>projet</sub> > 50 km ou III si L <sub>projet</sub> ≤ 50 km
Pas de bâti	III	III	IV	IV

- Les particules émises à l'échappement ;
- Le dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> ;
- Les hydrocarbures ;
- Le benzène C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> ;
- La pollution particulaire : nickel (Ni) et cadmium (Cd).

Compte tenu de la densité de population dans la bande d'étude et du trafic prévisible à l'horizon de mise en service, il sera réalisé une **étude de niveau II**, qui sera rehaussée au niveau supérieur au droit des sites sensibles à la pollution atmosphérique (crèches, écoles, collèges, maisons de retraite, hôpitaux, centres sportifs en extérieur, ...).

Selon le niveau de l'étude, les exigences réglementaires diffèrent.

Ainsi, d'après la circulaire interministérielle du 25 février 2005, les études de type II requièrent :

- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine géographique d'étude ;
- Qualification de l'état initial par des mesures *in situ* ;
- Estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet ;
- Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé *via* un indicateur sanitaire simplifié ;
- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité ;
- Évaluation des risques sanitaires au niveau des sites sensibles.

Pour une étude de niveau II, les polluants à prendre en compte, définis selon une base réglementaire, sont les suivants :

- Les oxydes d'azote NO<sub>x</sub> (= NO + NO<sub>2</sub>)
- Le monoxyde de carbone CO ;

# État initial

## 5. CONTENU DE L'ETAT INITIAL

Au sein de l'étude « Air », l'état initial permet de qualifier les paramètres environnementaux relatifs à l'air – avant la mise en œuvre du projet d'aménagement. Cet état initial servira de référence pour le suivi de la qualité de l'air en ce qui concerne les années à venir. Cet état est également appelé état 'zéro' et porte sur les polluants atmosphériques réglementés.

L'état initial retrace également la politique ainsi que la stratégie mises en œuvre en matière de qualité de l'air et dans lesquelles s'inscrit le projet.

Il qualifie les enjeux et évalue les sensibilités existantes sur le domaine d'étude.

L'état initial doit traiter les thèmes suivants :

- Recensement des sources de contamination déjà présentes dans le domaine d'étude ;
- Description socio-démographique de la population concernée ;
- Identification des sites dits « sensibles » à la pollution atmosphérique ;
- Présentation des données sanitaires.

## 6. OUTILS STRATEGIQUES ET REGLEMENTAIRES

### 6.1. SCHEMA REGIONAL DU CLIMAT, DE L'AIR ET DE L'ENERGIE [SRCAE]

La loi dite « Grenelle 2 », promulguée le 12 juillet 2010 prévoit dans son article 68 la mise en place de Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE).

Le SRCAE remplace le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA) instauré par la loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie [dite loi 'Laure'], et vaut schéma régional des énergies renouvelables prévu par l'article 19 de la loi n°2009-967 du 3 août 2009 [dite Grenelle 1].

Le SRCAE, révisable tous les 5 ans, est régi par les articles L. 222-1, 2 et 3 du Code de l'Environnement.

D'une part, le SRCAE doit contenir :

- des orientations permettant de réduire les émissions des gaz à effet de serre ;
- des objectifs régionaux de maîtrise de demande en énergie ;
- des objectifs de valorisation du potentiel d'énergies renouvelables ;
- des orientations d'adaptation au changement climatique ;
- des orientations concernant la pollution atmosphérique.

Et, plus spécifiquement, des orientations permettant, pour atteindre les normes de qualité de l'air mentionnées à l'article L.221-1 du code de l'environnement, de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets.

À ce titre, le SRCAE définit des normes de qualité de l'air propres à certaines zones lorsque leur protection le justifie.

D'autre part, ce schéma est concerné par :

- un bilan régional de consommation et production énergétiques ;
- un bilan des émissions de gaz à effet de serre [GES] ;
- un bilan des émissions de polluants atmosphériques et de la qualité de l'air ;
- l'évaluation du potentiel d'économies d'énergie par secteur ;
- l'évaluation du potentiel de développement des énergies renouvelables ;
- l'analyse de la vulnérabilité de la région aux effets du changement climatique.

Le SRCAE de Provence-Alpes-Côte d'Azur a été approuvé par l'assemblée régionale le 28 juin 2013 et arrêté par le préfet de région le 17 juillet 2013.

En fin de compte, il ressort du SRCAE Provence-Alpes-Côte d'Azur, 46 orientations classées en trois catégories :

- Les orientations transversales ;
- Les orientations sectorielles : agriculture et forêt, industrie, bâtiment, transport et urbanisme ;
- Les orientations spécifiques : énergies renouvelables, qualité de l'air, adaptation au changement climatique.

Les objectifs stratégiques du SRCAE définis aux horizons 2020, 2030 et 2050 traduisent la volonté de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur de s'inscrire dans une perspective de transition énergétique permettant l'atteinte du facteur 4 en 2050, c'est-à-dire la division par 4 des émissions de GES par rapport à leur niveau de 1990.

Parmi les objectifs majeurs présentés dans le SRCAE, il est notamment prévu de :

- Diminuer les consommations d'énergie des transports de 10% à l'horizon 2020 et 20% à l'horizon 2030 par rapport à 2007, soit 25% et 2,5 millions de tonnes de CO2 économisées en 2030 ;
- Diminuer la consommation d'énergie finale des bâtiments de 30% et les émissions de GES de 40% à l'horizon 2030 par rapport à 2007, soit 2,9 millions de tonnes de CO2 économisées ;
- Baisser au niveau régional de 30% des émissions de PM2,5 d'ici 2015 et de 40% des émissions de NOx d'ici 2020, par rapport à l'année de référence 2007.

Les 7 orientations spécifiques AIR définies en tant qu'orientations spécifiques du Schéma Régional Climat Air Énergie du Conseil Régional

Provence Alpes Côte d'Azur sont présentées ci-dessous :

- **AIR1** – Réduire les émissions de composés organiques volatils précurseurs de l'ozone afin de limiter le nombre et l'intensité des épisodes de pollution à l'ozone

- **AIR2** – Améliorer les connaissances sur l'origine des phénomènes de pollution atmosphérique et l'efficacité des actions envisageables
- **AIR3** – Faire respecter la réglementation vis-à-vis du brûlage à l'air libre
- **AIR4** – Informer sur les moyens et les actions dont chacun dispose à son échelle pour réduire les émissions de polluants atmosphériques ou éviter une surexposition à des niveaux de concentrations trop importants
- **AIR5** – Mettre en œuvre, aux échelles adaptées, des programmes d'actions dans les zones soumises à de forts risques de dépassements ou à des dépassements avérés des niveaux réglementaires de concentrations de polluants (particules fines, oxydes d'azote)
- **AIR6** – Conduire, dans les agglomérations touchées par une qualité de l'air dégradée, une réflexion globale et systématique sur les possibilités de mise en œuvre des mesures du plan d'urgence de la qualité de l'air notamment dans le domaine des transports
- **AIR7** - Dans le cadre de l'implantation de nouveaux projets, mettre l'accent sur l'utilisation des Meilleures Techniques Disponibles et le suivi de Bonnes Pratiques environnementales, en particulier dans les zones sensibles d'un point de vue qualité de l'air

## 6.2. PLAN DE PROTECTION DE L'ATMOSPHERE [PPA]

La Directive européenne 2008/50/CE concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant prévoit que, dans les zones et agglomérations où les normes de concentration de polluants atmosphériques sont dépassées, les États membres doivent élaborer des plans ou des programmes permettant d'atteindre ces normes.

En droit français, outre les zones où les valeurs limites et les valeurs cibles sont dépassées (ou risquent de l'être), des Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) doivent être élaborés dans toutes les agglomérations de plus de 250 000 habitants. L'application de ces dispositions relève des articles L.222-4 à L.222-7 et R. 222-13 à R.222-36 du code de l'environnement.

Le PPA est un plan d'actions, qui est arrêté par le préfet, et qui a **pour unique objectif de réduire les émissions de polluants atmosphériques et de maintenir ou ramener dans la zone du PPA concerné les concentrations en polluants à des niveaux inférieurs aux normes fixées à l'article R. 221-1 du Code de l'environnement.**

Il doit fixer des objectifs de réduction, réaliser un inventaire des émissions des sources de polluants, prévoir en conséquence des mesures qui peuvent être contraignantes et pérennes pour les sources fixes (installations de combustion, usines d'incinération, stations-services, chaudières domestiques, etc.) et mobiles, et définir des procédures d'information et de recommandation ainsi que des mesures d'urgence à mettre en œuvre lors des pics de pollution.

Chaque mesure doit être encadrée fonctionnellement et temporellement en vue de sa mise en œuvre, et est accompagnée d'estimations de l'amélioration de la qualité de l'air escomptée. La mise en application de l'ensemble de ces dispositions doit être assurée par les autorités de police et les autorités administratives en fonction de leurs compétences respectives. Dès lors qu'elles auront été reprises dans des arrêtés, les mesures du PPA seront opposables.

Le bilan de la mise en œuvre du PPA doit être présenté annuellement devant le conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques (CODERST), et, au moins tous les cinq ans, la mise en œuvre du plan fait l'objet d'une évaluation par le ou les préfets concernés pour décider de son éventuelle mise en révision.

Le PPA doit être compatible avec les grandes orientations données par le Schéma Régional Climat-Air-Énergie (Voir section 3 de cette partie) en remplacement du Plan Régional pour la Qualité de l'Air. En revanche, le lien de compatibilité est inversé avec le plan de déplacements urbains (PDU) qui touche également la qualité de l'air au niveau local par ses objectifs inscrits dans la loi LOTI, à savoir : la diminution du trafic automobile, le développement des transports collectifs et des moyens de déplacement moins polluants, l'aménagement et l'exploitation du réseau principal de voirie d'agglomération, l'organisation du stationnement dans le domaine public, le transport et la livraison des marchandises et l'encouragement pour les entreprises et les collectivités publiques de favoriser le transport de leur personnel.

Le Plan de Protection de l'Atmosphère des Bouches-du-Rhône, a été révisé le 17 mai 2013. Il donne comme objectifs :

- **En termes de concentrations** : ramener les concentrations en polluants à des niveaux inférieurs aux valeurs réglementaires, avec une priorité sur les particules et les oxydes d'azote ;
- **En termes d'émissions** : décliner localement la directive plafond et les objectifs des lois Grenelle ;
- **En termes d'exposition de la population** : tendre à une exposition minimale de la population à la pollution et traiter les points noirs résiduels par des actions spécifiques.

Le plan propose un ensemble d'actions dont une synthèse est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 3: Mesures proposées par le PPA

	Description
<b>Industrie</b>	Réduction des émissions diffuses et canalisées de poussières, Réduction des émissions de PM et de NOx Réduction des émissions de COV, HAP... Amélioration des connaissances
<b>Transport</b>	Optimiser la gestion du trafic routier Mieux prendre en compte la qualité de l'air dans l'aménagement du territoire Inciter au report modal, au développement des Transports Public et des modes actifs Améliorer les performances des flottes de Véhicules Légers et Véhicules Utilitaires Légers Réduire les émissions des Ports et Aéroports Réduire les émissions des infrastructures routières de type « Tunnels urbains » Diminuer l'impact environnemental des chantiers Objectifs qualité de l'air dans le cœur dense de l'agglomération Aix-Marseille Améliorer le transport de marchandises
<b>Résidentiel/ Agriculture/ Brûlage</b>	Réduire les émissions des Installations de Combustion Veiller à l'articulation PPA et PCET

Afin de répondre aux objectifs du PPA, 36 actions sectorielles et 1 action transversale ont été retenues :

- Transport/Aménagement/Déplacement: 23 actions
- Industrie: 8 actions
- Chauffage Résidentiel/Agriculture/Brûlage: 5 actions
- Tous secteurs : 1 action

Outre la classification par secteur, les actions propres à ce PPA ont été ventilées par type de mesures, à savoir :

- **Les actions réglementaires (20)** : Ces mesures constituent le cœur du PPA, elles ont vocation à être déclinées et précisées par des arrêtés préfectoraux ou municipaux une fois le PPA approuvé. Elles relèvent de la compétence des préfets ou des maires.
- **Les actions volontaires et incitatives (15)** : Ces actions ont pour but, sur la base du volontariat, d'inciter les acteurs – qu'il s'agisse d'industriels, de collectivités ou de citoyens – à mettre en place des actions de réduction de leurs émissions de polluants atmosphériques.
- **Les actions d'accompagnement (2)** : Ces mesures visent à sensibiliser et à informer la population, ou à améliorer les connaissances liées à la qualité de l'air sur la zone du PPA.

Le tableau ci-contre présente la synthèse de l'ensemble des actions du PPA.

Tableau 4: Tableau de synthèse des actions du PPA

Type	N°	Secteur	Intitulé		
Réglementaire	1.1	Industrie	Améliorer les connaissances sur les émissions et préconiser des actions ciblées aux émetteurs de plus de 5 tonnes par an		
	1.2		Améliorer les connaissances sur les émissions et préconiser des actions ciblées aux carrières		
	1.3		Mettre en place un plan logistique de transport / fret aller-retour		
	2		Réaliser des études technico-économiques et mettre en place des actions de réduction appropriées		
	3.1		Réduire les émissions des installations de combustion d'une puissance de plus de 20MW		
	3.2		Réduire les émissions des installations de combustion d'une puissance comprise entre 2 et 20MW		
	4		Renforcer l'action de l'inspection des installations classées sur les points noirs multipolluants (benzène, 1-3 butadiène, HAP...)		
	5.1		Réduire les vitesses de 20 km/h sur le département après étude de faisabilité technique préalable		
	5.2		Intégrer la problématique qualité de l'air dans la régulation dynamique des vitesses sur section autoroutière périurbaine		
	6.1		Définir les attendus relatifs à la qualité de l'air dans les documents d'urbanisme, notamment pour limiter l'exposition des populations dans les zones présentant des dépassements des Valeurs Limites PM / NOx		
6.2	Définir les attendus relatifs à la qualité de l'air à retrouver dans les études d'impact				
7.1	Mettre en place des plans de déplacements entreprises/administrations et des plans de déplacement établissements scolaires				
7.2	Imposer des objectifs qualité de l'air aux nouveaux plans de déplacements urbains et à échéance de la révision pour les existants				
8	Imposer un nouvel objectif de renouvellement des flottes de 30% et de recours aux filières alternatives				
9.1	Réduire les émissions du Grand Port Maritime de Marseille par l'électrification des navires à quai				
9.2	Réduire les émissions de l'aéroport de Marseille Provence				
10	Canaliser et traiter les émissions liées à la circulation dans les tunnels urbains (existants et à venir)				
Résidentiel / Tertiaire	11	Résidentiel / Tertiaire	Imposer des valeurs limites à l'émission pour les installations de combustion (tous combustibles) de puissance comprise entre 400kW et 2MW		
	12		Limiter les émissions des installations de combustion bois de puissance inférieure à 400 kW utilisées pour le chauffage domestique		
	13		Limiter les émissions de particules et d'autres produits de combustion (HAP) associées aux brûlages.		
Volontaire	14.1	Transport / Aménagement / Déplacement	Mettre en place des voies de télépéage sans arrêt au niveau des barrières de péages		
	14.2		Créer ou agrandir des parkings de covoiturage sur l'A51 et l'A7		
	15		Mettre en place des contrats d'axe dans le cadre de la mise en œuvre de nouveaux projets Transport en Commun en Site Propre (TCSP)		
	16.1		Instaurer des objectifs qualité de l'air dans le cœur dense de l'agglomération Aix-Marseille		
	16.2		Valoriser le schéma de développement des transports collectifs des autorités organisatrices des transports urbains		
	16.3		Prioriser les transports en commun sur voies rapides urbaines		
	16.4		Développer les services régionaux TER 2012/2015 et les projets ferroviaires dans le cadre du CPER		
	16.5		Favoriser les déplacements actifs		
	16.6		Développer l'information usager et l'intégration tarifaire		
	17.1		Accompagner les objectifs de report modal (ferroviaire, merroulage, fluvial) pour le transport des marchandises du Grand Port Maritime de Marseille		
	17.2		Mettre en place et animer des « comités de transfert modal »		
	17.3		Développer la mise en place de Chartes CO2		
	18		Mise en place d'une charte « chantier propre » intégrant un volet qualité de l'air		
	19		Résidentiel / Tertiaire	Veiller à la bonne articulation entre le PPA et les Plans Climat Energie Territoriaux	
	20		Conditionner les aides à la production du certificat de contrôle et du suivi Qualité de l'Air de l'installation		
	Accompagnement		21	Industrie	Améliorer les connaissances sur les polluants (Particules, polluants organiques persistants (POP)...)
			22	Transversale	Mettre en place des démarches de formation, de sensibilisation et de pédagogie auprès des acteurs contribuant à la mise en œuvre des PPA et du grand public

### 6.3. PLAN NATIONAL SANTE ENVIRONNEMENT [PNSE]

Le Plan National Santé Environnement (PNSE) vise à développer une approche pluridisciplinaire du thème « Santé – Environnement » sur le court et moyen terme.

En 2004, le gouvernement a lancé le premier PNSE. Puis, conformément aux engagements du Grenelle de l'environnement, et à la loi de santé publique du 09 août 2004, un second PNSE a été élaboré pour la période 2009-2013 et a fait l'objet d'une déclinaison en Plans Régionaux Santé Environnement (PRSE).

Le troisième Plan National Santé Environnement (PNSE 3) a été élaboré par les ministères de l'Environnement et de la Santé, en concertation avec les autres ministères, les collectivités, les associations, les partenaires sociaux et les entreprises.

Il a été présenté en Conseil des Ministres en novembre 2014.

Le PNSE 3 comporte une centaine d'actions à mettre en place, notamment concernant la qualité de l'air :

- **Action n°42** : cartographier la qualité de l'air des zones sensibles ;
- **Action n°50** : élaborer un nouveau Programme de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques nocifs pour la santé et ayant un impact sur le climat (PREPA) ;
- **Action n°51** : réduire les émissions liées aux secteurs résidentiel et agricole ;
- **Action n°52** : améliorer les connaissances liées à la qualité de l'air à différentes échelles et mieux caractériser les sources ;
- **Action n°99** : développer la diffusion de l'information visant à favoriser la prise en compte de la qualité de l'air et de ses impacts sanitaires, notamment sur les personnes vulnérables (jeunes enfants, ...), dans les projets d'aménagement et d'urbanisme (installation de crèches, écoles à proximité d'axes à fort trafic routier), notamment dans le cadre du porter à connaissance de l'État lors de l'élaboration des documents d'urbanisme ;
- **Action n°100** : donner aux communes et aux intercommunalités le pouvoir de mettre en œuvre des zones de restriction de circulation sur leur territoire afin de réduire notamment les émissions de particules et d'oxydes d'azote.

### 6.4. PLAN REGIONAL SANTE ENVIRONNEMENT [PRSE]

Inscrit dans la continuité du premier Plan National Santé Environnement - prévu par la loi de santé publique du 09 août 2004 - et du Grenelle de l'environnement, le deuxième Plan National Santé Environnement (PNSE 2) a fixé les axes forts d'action du Plan Régional Santé Environnement PACA pour la période allant de 2009 à 2014.

Ce dernier a pour fonction de définir les objectifs régionaux en matière de santé environnementale et les actions à mettre en œuvre afin de mieux détecter, évaluer et

gérer l'ensemble des risques sanitaires liés aux agents chimiques, biologiques et physiques présents dans les différents milieux de vie.

Sous l'égide du Préfet de région et du directeur général de l'Agence Régionale de Santé (ARS), le Groupe Régional Santé Environnement (GRSE) a été créé pour travailler à la mise en œuvre du deuxième PRSE. Il comprend plusieurs acteurs :

- l'État, les agences et les établissements publics ;
- les collectivités territoriales ;
- les associations ;
- les salariés ;
- les employeurs et le monde économique ;
- les personnes qualifiées.

Le PRSE 2 de la région PACA s'articule autour de trois objectifs prioritaires :

- **Enjeu Eau** : « Sécuriser et garantir l'accès de tous à une ressource de qualité afin de réduire les risques sanitaires liés aux différents usages de l'eau » ;
- **Enjeu Air** : « Réduire et contrôler les expositions à la pollution atmosphérique ayant un impact sur la santé » ;
- **Enjeu Connaissance** : « Favoriser la connaissance, la recherche, l'information et l'éducation sur les risques sanitaires actuels et émergents liés à l'environnement ».

Ces trois enjeux ont été déclinés en plan d'actions comprenant 222 projets concrets et opérationnels.

### 6.5. LOIS GRENELLE

La loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle Environnement, dite loi Grenelle 1, a été adoptée définitivement le 23 juillet 2009 et promulguée le 03 août 2009.

Elle définit 13 champs d'actions :

- Bâtiments : faire du bâtiment le chantier n°1 dans le cadre de la lutte contre le changement climatique ;
- Urbanisme : harmoniser les documents d'orientation et de planification, notamment établis à l'échelle de l'agglomération ;
- Transports : réduire les émissions de gaz à effet de serre de 20 % d'ici à 2020 et réduire la dépendance de ce secteur aux hydrocarbures ;
- Énergie : diminuer les émissions de gaz à effet de serre en économisant l'énergie et en la rendant plus 'dé-carbonée' ;
- Biodiversité : maintenir et développer la biodiversité ;
- Eau : atteindre ou conserver, d'ici 2015, le bon état écologique ou le bon potentiel pour l'ensemble des masses d'eau, tant continentales que marines ;
- Agriculture : initier et accélérer la transformation de l'agriculture ;
- Recherche : effort national de recherche ;



- Risques, santé et environnement : prendre en compte la politique environnementale comme une composante de la politique de santé ;
- Déchets : renforcer la politique de réduction des déchets ;
- État exemplaire : l'État doit, comme toute collectivité publique, tenir compte des conséquences sur l'environnement des décisions qu'il prend ;
- Gouvernance, information et formation : mettre en place de nouvelles formes de gouvernance, mieux informer le public et généraliser la formation au développement durable ;
- Dispositions propres à l'Outre-Mer : faire des territoires français d'Outre-Mer des territoires d'excellence environnementale.

La politique en matière d'air, qualité et émissions, se décline dans différents champs d'action. En termes de planification, la loi Grenelle 1 prévoit l'élaboration :

- du second Plan National Santé Environnement : PNSE 2 ;
- d'un plan de réduction des particules PM2,5 dans l'air extérieur.

Le projet de loi portant engagement national pour l'environnement est dit loi 'Grenelle 2'. Le projet a été adopté par le Sénat le 08 octobre 2009. Prônée par le Grenelle 1, la mise en cohérence des politiques de qualité de l'air et d'adaptation climatique se décline au sein des Schémas Régionaux Climat, Air, Énergie.

## 6.6. PLAN CLIMAT ÉNERGIE TERRITORIAL

La loi « Grenelle II », du 12 juillet 2010, instaure l'obligation pour toutes les collectivités de plus de 50 000 habitants de se doter d'un plan climat-énergie territorial.

Afin de contribuer à la lutte contre le changement climatique, la France s'est engagée, au niveau européen et mondial, sur des objectifs très ambitieux.

Le Plan Climat Énergie Territorial, ou PCET, est un outil de planification d'actions concrètes - à court, moyen et long terme (horizon 2050) - relatives à la lutte contre le changement climatique qui s'opère.

Ce plan d'action vise 2 objectifs

- « **L'atténuation** » : réduire les émissions de gaz à effet de serre du territoire par des mesures de sobriété et d'efficacité énergétique et par le développement d'énergies renouvelables.
- « **L'adaptation** » : identifier les vulnérabilités locales dues au changement climatiques et développer un scénario d'adaptation.

En 2014, le Plan Climat Énergie Territorial est devenu Plan Climat Air Énergie Territorial.

## 6.7. PLAN PARTICULES

Le Grenelle de l'environnement a fixé pour la France un objectif extrêmement ambitieux de réduction de 30 % des particules PM2,5 pour 2015. Celui-ci traduit la forte volonté de la France de réduire l'exposition de la population à la pollution par les particules.

Pour y parvenir, la France a mis en place en juillet 2010 le Plan Particules. Il comprend des mesures dans le secteur domestique, l'industrie et le tertiaire, les transports et le secteur agricole, et vise à améliorer l'état des connaissances sur le sujet.

Ce plan a pour objectif principal la réduction de la pollution de fond par les particules en proposant des mesures pérennes dans tous les secteurs concernés. En complément, il prévoit aussi des actions de prévention et de gestion des pics de pollution.

Il fait appel à la fois à des mesures :

- Régaliennes et obligatoires (renforcement de normes, augmentation des contrôles, éco-conditionnalité des aides...);
- Incitatives (crédit d'impôt, zones d'actions prioritaires pour l'air...);
- Portant sur une plus forte sensibilisation et mobilisation de la population et des acteurs de terrain.

### Principales mesures dans le secteur domestique

- Réorienter les aides et la communication publique sur le chauffage au bois, en faveur des installations les moins polluantes (c'est-à-dire les mieux équipées contre les émissions de poussières). Le label Flamme Verte propose de nouveaux critères de performances environnementales intégrant les émissions de poussières pour les appareils de chauffage domestique.
- Le crédit d'impôt au développement durable (CIDD) qui a évolué en 2014 pour devenir le CITE : Crédit d'Impôt Transition Énergétique. Deux grandes catégories de travaux sont éligibles au Crédit d'Impôt Développement Durable depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2014 : La production de chaleur/d'eau chaude sanitaire utilisant une énergie renouvelable, et l'isolation thermique
- Une circulaire relative aux conditions et interdiction de brûlage à l'air libre adressée aux préfets en vue d'une meilleure information auprès des maires.
- Orienter la recherche et l'innovation, notamment portées par l'ADEME, sur l'amélioration des performances poussières de ces appareils. Le CEN, organisme de normalisation européen, s'est engagé à établir une norme européenne de mesure correcte des émissions de poussières sur les appareils de chauffage domestiques, suite à l'action de l'État français appuyé par l'INERIS.

### Principales mesures dans l'industrie et le résidentiel-tertiaire

- Réaliser un contrôle périodique des émissions de particules des chaudières non classées au titre du code de l'environnement. L'arrêté interministériel

réglementant les chaudières d'une puissance comprise entre 400 kWth et 2 MWth a été modifié par arrêté du 02 octobre 2009.

- Réduire les valeurs limites d'émission des installations de combustion soumises à la réglementation des installations classées. Pour les installations soumises au régime d'Autorisation (>20 MWth), un arrêté ministériel a été signé en juillet 2010 pour renforcer les valeurs limite d'émissions des nouvelles installations. Un autre arrêté à la fin 2010 est venu compléter le dispositif pour les installations existantes. Pour les installations soumises à Déclaration (puissance comprise entre 2 et 20 MWth), l'arrêté du 25 juillet 1997 relatif aux prescriptions générales a été modifié dans le sens également d'une révision plus sévère des valeurs limites à l'émission.
- Améliorer les conditions des appels d'offre relatifs aux installations utilisant de la biomasse. Une attention particulière est demandée dans les systèmes d'aide (fonds chaleur, ...) sur les conditions requises en matière de rendement des installations et de limitation maximale d'impact sur la qualité de l'air, en fondant les critères de sélection des projets par rapport aux meilleures techniques disponibles pour limiter les émissions de particules. Les cahiers des charges de ces appels d'offre sont donc modifiés en conséquence

#### Principales mesures dans les transports

- Expérimentation de Zones d'Actions Prioritaires pour l'Air (ZAPA) autour et dans certaines agglomérations volontaires où sont constatés ou prévus des dépassements des valeurs limites de la qualité de l'air. La loi Grenelle 2 prévoit les modalités de mise en œuvre d'expérimentations de ces zones. L'objectif recherché est la réduction des émissions de particules par les véhicules les plus polluants. Finalement, le principe des ZAPA a été abandonné au profit de mesures de restriction de la circulation des véhicules lors des pics de pollution. Cependant, la ville de Paris a mis en place des mesures similaires aux ZAPA en juillet 2015 avec la création de « zones à circulation restreinte ».
- L'instauration de l'« éco-redevance » kilométrique pour les poids lourds, qui vise à faire payer aux poids lourds l'usage du réseau routier national non-concédé (actuellement gratuit), et des routes départementales ou communales susceptibles de subir un report significatif de trafic dû aux péages existants ou à venir. A l'heure actuelle, l'application nationale de cette mesure a été suspendue *sine die*. A noter que la ville de Paris projette la mise en œuvre d'un péage de transit pour les poids lourds circulant sur le périphérique.

#### Principales mesures dans le secteur agricole

- Développer la couverture des fosses. Cette pratique permettrait de réduire de 70 à 90 % les émissions d'ammoniac des fosses de stockage des lisiers de porcs selon les données CORPEN 2006 ; l'ammoniac est un précurseur de particules.

- Adapter l'alimentation animale aux besoins des animaux selon leur stade de croissance : alimentation biphase et multiphase.
- Adapter le matériel d'épandage, la quantité et la formulation des engrais pour limiter la volatilisation lors des épandages.
- Réduire les émissions de polluants atmosphériques par les moteurs de tracteurs (bancs de contrôle dans chaque région).

#### Le plan particules dispose d'une déclinaison territoriale

Les préfets décident des plans de protection de l'atmosphère (PPA) : ils définissent les actions précises pour se conformer aux normes de la qualité de l'air, pour les agglomérations de plus de 250 000 habitants et partout où les dépassements de normes sont constatés ou à craindre.

### 6.8. PLAN D'URGENCE POUR LA QUALITE DE L'AIR

On estime que près de 12 millions de Français ont vécu en 2011 dans des zones n'ayant pas respecté les valeurs limites annuelles relatives aux particules PM10. Face à ce problème majeur de santé publique, et en réponse aux injonctions européennes, la France a présenté en 2010 un plan d'amélioration de la qualité de l'air.

Dans le cadre des lois Grenelle, des plans ambitieux ont été mis en place au niveau national (Plan particules) et local (Plans de Protection de l'Atmosphère). L'élaboration des PPA a donné lieu à une concertation large avec l'ensemble des parties prenantes (notamment les professionnels des transports, les industriels et les associations de protection de l'environnement). Leur traduction en mesures contribuant concrètement à améliorer la qualité de l'air sur le terrain est en revanche restée limitée, lente et insuffisante.

Afin d'avancer sur ce dossier important, le Ministère de l'Intérieur, le Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et le Ministère délégué chargé des Transports, de la Mer et de la Pêche ont mis en place un Comité Interministériel de la Qualité de l'Air (CIQA).

Le CIQA travaille pour élaborer, conjointement avec les collectivités locales concernées, des solutions concrètes et durables afin d'améliorer la qualité de l'air en particulier dans le domaine des transports, en lien avec l'élaboration des Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA).

Réorienter la politique de l'air dans les agglomérations les plus concernées vers plus d'efficacité, de durabilité et de justice sociale nécessite notamment de repenser les

moyens de transport existants, les politiques de mobilité et les moyens de chauffage domestique. Il s'agit d'engager une approche plus globale et structurelle.

Le CIQA s'est réuni en 2013 pour débattre du plan d'urgence pour la qualité de l'air qui propose un total de 38 mesures à partir des cinq priorités suivantes :

- **Priorité 1 : favoriser le développement de toutes les formes de transport et de mobilité propres par des mesures incitatives** (mesures 1 à 26). Ces mesures sont destinées à :
  - Favoriser le covoiturage (mesures 1 à 4) ;
  - Favoriser une logistique propre des derniers kilomètres en ville (mesures 5 à 10) ;
  - Accélérer le développement des véhicules électriques en ville (mesures 11 à 13) ;
  - Créer des leviers pour renouveler le parc des véhicules polluants (mesures 14 à 18) ;
  - Développer les transports en commun (mesures 19 à 22) ;
  - Développer le déplacement à bicyclette et la marche à pied (mesures 23 à 26).
- **Priorité 2 : réguler le flux de véhicules dans les zones particulièrement affectées par la pollution atmosphérique** (mesures 27 à 32). Parmi les moyens pour y arriver, on distingue :
  - Les mesures d'ordre public environnemental (mesure 27 à 30) : réduire ponctuellement la vitesse sur certains axes routiers, développer sur les voies rapides urbaines des mesures de gestion dynamique du trafic, renforcer les mesures en cas d'épisode de pollution, soutenir la mise en place d'une politique plus incitative en matière de stationnement payant, etc.
  - L'identification des véhicules (mesures 31 à 32).
- **Priorité 3 : réduire les émissions des installations de combustion industrielles et individuelles** (mesures 33 et 34). La nouvelle politique de l'air s'attaque à réduire les émissions des installations de combustion, qu'elles soient industrielles ou individuelles. On peut notamment citer la mise en place d'une aide au renouvellement des appareils de chauffage au bois les plus anciens et l'étude de la pose d'inserts dans les cheminées à foyer ouvert.
- **Priorité 4 : promouvoir fiscalement les véhicules et les solutions de mobilité plus vertueux en termes de qualité de l'air.**
- **Priorité 5 : informer et sensibiliser les citoyens aux enjeux de la qualité de l'air** (mesures 35 à 38). Les moyens prévus sont les suivants :
  - La communication et l'information nationale (mesure 35) ;
  - La communication locale (mesures 36 à 38).

## 6.9. CONTENTIEUX EUROPEEN

La France fait l'objet d'un contentieux de l'Union Européenne pour non-respect des valeurs limites de concentration dans l'air de particules PM10. Dans diverses zones, la France ne respecte pas les valeurs limites de particules PM10 dans l'air (concentration annuelle de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et concentration journalière de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à ne pas dépasser plus de 35 jours par an), en vigueur depuis 2005.

Globalement, en 2011, 12 millions de Français étaient exposés aux dépassements des valeurs limites de concentrations en PM10 (source : bilan de la qualité de l'air en France en 2011 et des principales tendances observées au cours de l'année 2011 - MEDDE).

La carte ci-après présente les zones pour lesquelles au moins un dépassement a été enregistré entre 2009 et 2011.

Parmi celles-ci, 15 font l'objet du contentieux engagé par la Commission européenne.

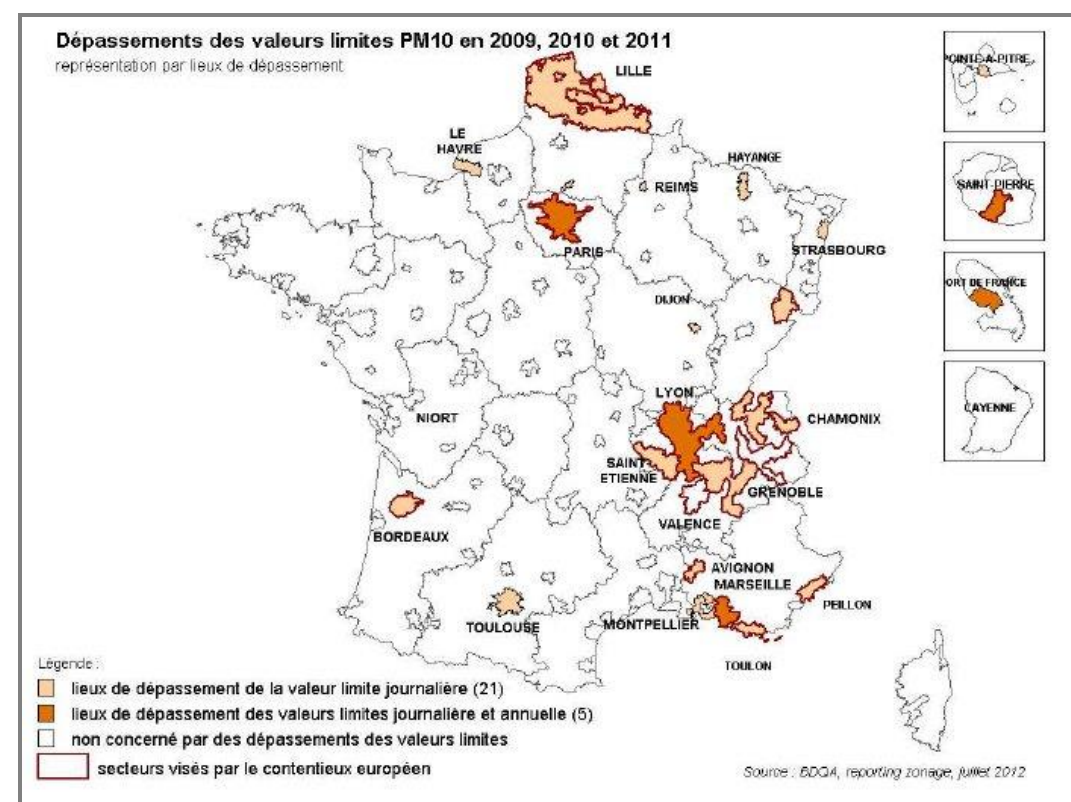


Figure 2 : Zones concernées par le contentieux européen

La Commission européenne a donné un délai d'un an à la France pour convaincre zone par zone de la nécessité de la mise en œuvre d'actions efficaces pour répondre à ce manquement, sans quoi la France s'expose à une amende (au moins 11 M€) et à des astreintes journalières jusqu'à ce que la qualité de l'air soit respectée (au moins 240 000 €

par jour), soit en tout près d'au moins 100 M€ la première année et 85 M€ les années suivantes. Cette sanction, devant initialement aboutir en 2014, pourrait être appliquée prochainement.

Les zones de dépassement PM10 visées par le contentieux sont : Paris, Marseille, Toulon, Avignon, la zone côtière urbanisée des Alpes-Maritimes, Valenciennes, Dunkerque, Lille, le territoire du Nord-Pas-de-Calais, Montbéliard/Belfort, Grenoble, Lyon, le reste de la région Rhône-Alpes, Bordeaux et l'île de La Réunion.

La France fait également l'objet de demandes d'information de la part de la Commission européenne pour non-respect des valeurs limites de concentration de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) dans l'air et pour dépassement du plafond national d'émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>).

### 6.10. CERTIFICAT QUALITE DE L'AIR

Pour protéger la santé des populations et favoriser le développement des véhicules à faibles émissions, la feuille de route issue de la conférence environnementale 2014 a prévu la création d'un dispositif d'identification des véhicules : le certificat qualité de l'air.

Ce dispositif a pour objectif de favoriser les véhicules les moins polluants en facilitant leur identification par le biais du « certificat qualité de l'air ».

Une nomenclature sous forme de pastilles de couleur va classer les voitures en 4 catégories, en fonction de leurs émissions en polluants atmosphériques (oxydes d'azote, particules, hydrocarbures imbrûlés et monoxyde de carbone), avec notamment une catégorie particulière pour les véhicules électriques.

Ce certificat entrera en vigueur en 2016. Il sera gratuit les 6 premiers mois de sa mise en place. Une fois acquis, il sera valable plusieurs années.

Non obligatoire, le certificat permettra néanmoins - en fonction de la couleur de la pastille obtenue et des règles prises par les maires - aux automobilistes ayant effectué ces démarches de :

- circuler dans les zones de circulation restreinte ;
- bénéficier des modalités de stationnement favorables ;
- obtenir des conditions de circulation privilégiée.





DATE DE PREMIERE IMMATRICULATION DU VEHICULE			
VOITURES PARTICULIERES			
			
Toutes les voitures particulières « zéro émission moteur » : 100 % électrique et hydrogène	<b>Essence et autres</b> <b>EURO 5 et 6</b> A partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2011	<b>Essence et autres</b> <b>EURO 4</b> Entre le 1 <sup>er</sup> janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus <b>Diesel</b> <b>EURO 5 et 6</b> A partir du 1 <sup>er</sup> janvier 2011	<b>Essence et autres</b> <b>EURO 2 et 3</b> Entre le 1 <sup>er</sup> janvier 1997 et le 31 décembre 2005 inclus <b>Diesel</b> <b>EURO 4</b> Entre le 1 <sup>er</sup> janvier 2006 et le 31 décembre 2010 inclus
6 % du parc automobile		23 % du parc automobile	40 % du parc automobile

Figure 3 : Les différents certificats qualité de l'air (Source : MEDDE)

### 6.11. PROJETS « VILLES RESPIRABLES EN 5 ANS »

Le 02 juin 2015, le Ministère en charge de l'Écologie, a lancé un appel à projets en vue de faire émerger des « villes-laboratoires » volontaires pour mettre en œuvre des mesures exemplaires pour la reconquête de la qualité de l'air afin de garantir, dans un délai de 5 ans, un air sain aux populations.

La figure suivante présente les collectivités sélectionnées.



**Figure 4 : Collectivités retenues pour le programme « Ville respirables en 5 ans »**

Les critères de sélection sont les suivants :

- 1) Présenter un **projet à une échelle intercommunale** ;
- 2) Créer ou préfigurer une **zone à circulation restreinte**, où les véhicules les plus polluants ne pourront pas circuler ;
- 3) Proposer au moins **deux actions complémentaires** portant sur des secteurs différents, adaptés aux spécificités du territoire :  
**Pour le secteur des transports et mobilité**, proposer un programme global de mobilité qui :

- Favorise les mobilités durables : transports collectifs, plans de mobilité active, pistes cyclables, aires et services de covoiturage... ;
- Facilite le développement de la mobilité électrique : services d'autopartage électrique, primes aux deux-roues électriques... ;
- Vise à éliminer en 5 ans le diesel : aides au renouvellement accéléré des flottes de taxis, d'autobus, de véhicules utilitaires et de service, de véhicules particuliers...

## 6.12. SYNTHÈSE

Des moyens politiques et stratégiques ont été mis en place à différentes échelles afin d'encadrer les actions face au problème de la pollution de l'air et de ses effets sur la santé des populations :

- **Échelle européenne** : contentieux européen sur les particules PM10, demande d'information pour le dioxyde d'azote ;
- **Échelle nationale** : lois Grenelle, plan particules, Plan National Santé-Environnement, plan d'urgence pour la qualité de l'air, certificats Crit'Air pour les véhicules, projets expérimentaux « Villes respirables en 5 ans » ;
- **Échelle régionale** : Plan de Protection de l'Atmosphère, Schéma Régional Climat Air Énergie, Plan Régional Santé-Environnement, Plan Climat.

## 7. IDENTIFICATION DES PRINCIPALES SOURCES D'ÉMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES

### 7.1. REGISTRE DES EMISSIONS POLLUANTES

Selon les données du registre français des émissions polluantes (IREP), la commune d'Aix-en-Provence compte un seul établissement « émissaire dans l'air ».

L'illustration qui va suivre représente son emplacement par rapport au projet.



Figure 5 : Localisation de l'établissement rejetant des polluants dans l'air

Les tableaux qui suivent présentent les données issues du Registre Français des Émissions Polluantes.

Tableau 5: Émissions atmosphériques de CENTIPHARM

ISDND de l'Arbois						
Plateau de l'Arbois CD9 13090 Aix-en-Provence		Décharges, à l'exception des décharges de déchets inertes et des décharges qui ont été définitivement fermées avant le 16 juillet 2001				
Polluants	Unité	2010	2011	2012	2013	2014
CO <sub>2</sub> Total (CO <sub>2</sub> d'origine biomasse et non biomasse)	T/an	38 300	23 700	22 600	19 600	19 000
CO <sub>2</sub> Total d'origine biomasse uniquement	T/an	38 300	23 700	22 600	19 600	19 000
Méthane (CH <sub>4</sub> )	T/an	2 830	1 110	1 110	1 040	868

### 7.2. RESEAUX DE TRANSPORT

Le réseau routier retrouvé à proximité du site est relativement dense.

De par sa taille, la commune d'Aix-en-Provence dispose d'un réseau routier conséquent, à l'origine d'une pollution atmosphérique diffuse.

La figure ci-après présente le recensement du trafic journalier moyen réalisé par la DREAL pour l'année 2010.

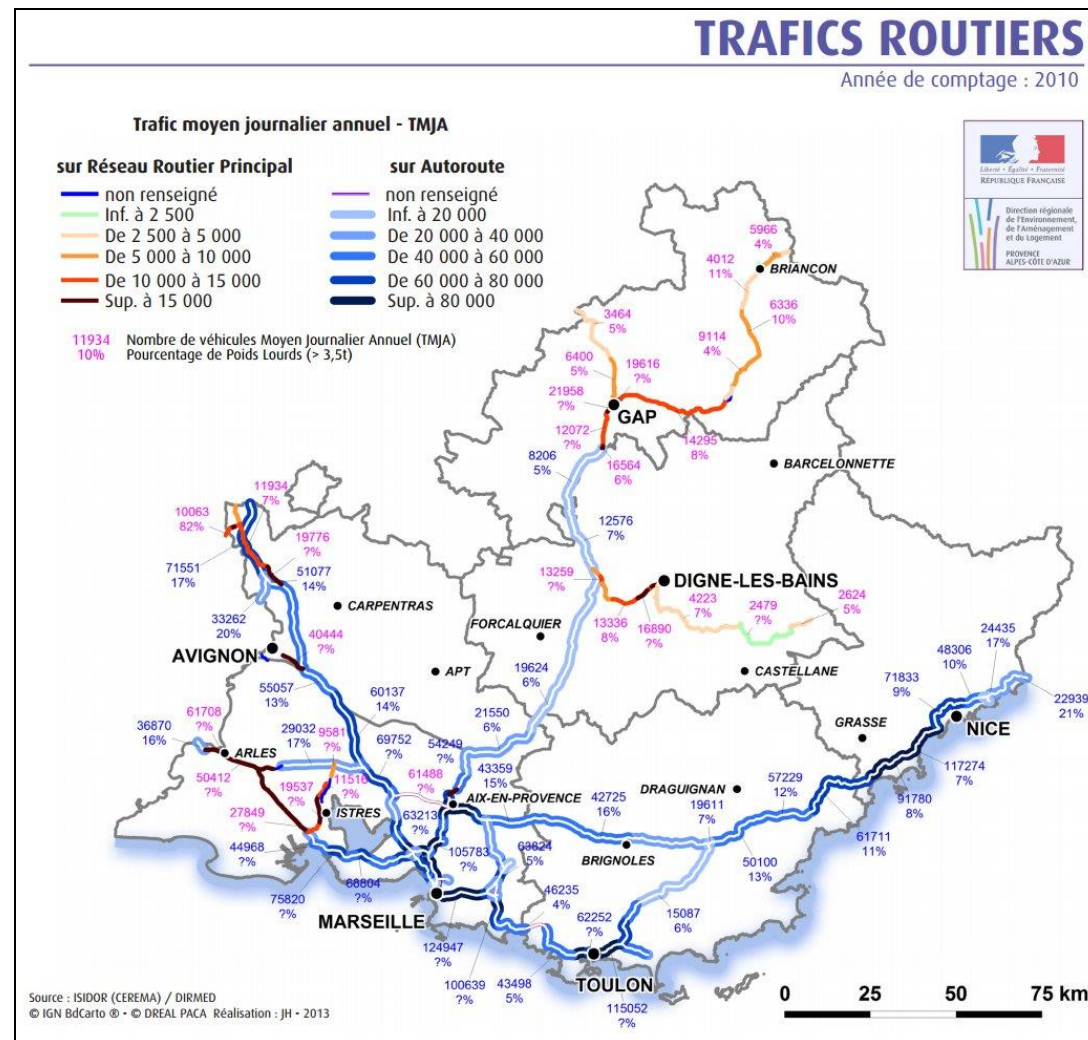


Figure 6: Carte TMJA dans la région PACA

### 7.3. INVENTAIRE DES EMISSIONS

L'association en charge de la surveillance de la qualité de l'air, en l'occurrence Air PACA, a réalisé en 2015 un inventaire des émissions de polluants atmosphériques sur la région pour l'année 2013. Cette base de données rassemble les émissions d'une trentaine de polluants incluant les principaux gaz à effet de serre d'origine humaine et naturelle. Cet inventaire est construit à l'échelle du kilomètre.

#### ❖ Les émissions sur le territoire de l'Est des Bouches-du-Rhône

Dans l'Est des Bouches-du-Rhône, les émissions sont issues de cinq secteurs principaux d'activité, savoir :

- Le **transport routier**. C'est le principal émetteur de NOx (61 %), cadmium (58 %), monoxyde de carbone (46 %). Il est également émetteur de particules à hauteur de 33 %.
- Le **secteur résidentiel/tertiaire**, qui est majoritairement à l'origine des émissions en B(a)P (44 %), essentiellement issues du chauffage au bois, de PM2.5 (34 %) et de PM10 (26 %).
- Le **secteur industriel**, moins présent à l'Est qu'à l'Ouest du département, contribue surtout aux émissions de métaux lourds (Ni – 65 %, As - 84 %, Cd – 32 % et Pb 71 %), et de particules (32 %).
- Le **secteur agriculture/sylviculture/nature** est le principal émetteur (48 %) en Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM). Ces composés (isoprène, monoterpènes...) proviennent de la végétation et sont des précurseurs dans le processus de formation de l'ozone sur le département.
- Le **transport non routier** est majoritairement émetteur de dioxyde de soufre à 50 % et de monoxyde de carbone à 18 %. Toujours spécifiquement à l'Est des Bouches-du-Rhône, trois secteurs contribuent de manière assez homogène aux émissions de particules (PM 10, PM 2,5) : transport, résidentiel/tertiaire et industrie.

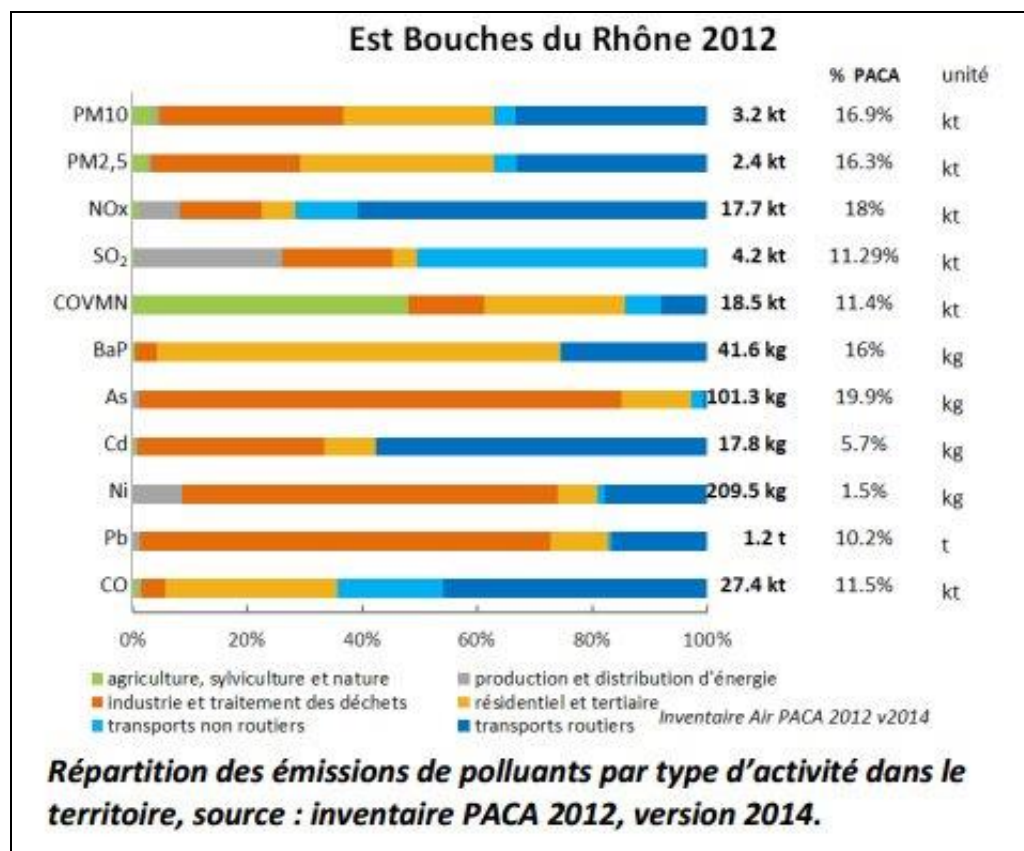
Les émissions varient d'une année à l'autre. Ainsi pour le trafic routier, une diminution progressive de 2007 à 2012 est identifiée pour les oxydes d'azote et les particules fines PM10. Cette diminution peut être associée à la mise en application des normes EURO et au renouvellement progressif du parc automobile.

Pour le secteur résidentiel/tertiaire, les émissions en particules dépendent principalement de la rigueur des températures et des consommations associées au chauffage des bâtiments. Le secteur résidentiel, au second rang, pourrait devenir le premier secteur émetteur de particules avec la combustion du bois. Toutefois, les consommations évoluent largement d'une année sur l'autre en fonction des températures.

Les émissions de PM10 dans le secteur agricole sont également susceptibles de varier en raison des feux de forêts et de la pratique de l'écobuage.

Les COVNM proviennent essentiellement des émissions naturelles des forêts, prairies et cultures. Ce secteur présente des émissions stables depuis 2007. Par ailleurs, le secteur résidentiel/tertiaire émet autant, voire plus, de COVNM que l'industrie avec la combustion du bois et l'utilisation de solvants.

En termes d'émission de GES, la répartition des émissions est relativement stable sur les trois années d'inventaire, à l'exception du secteur production et distribution d'énergie dont les émissions diminuent.



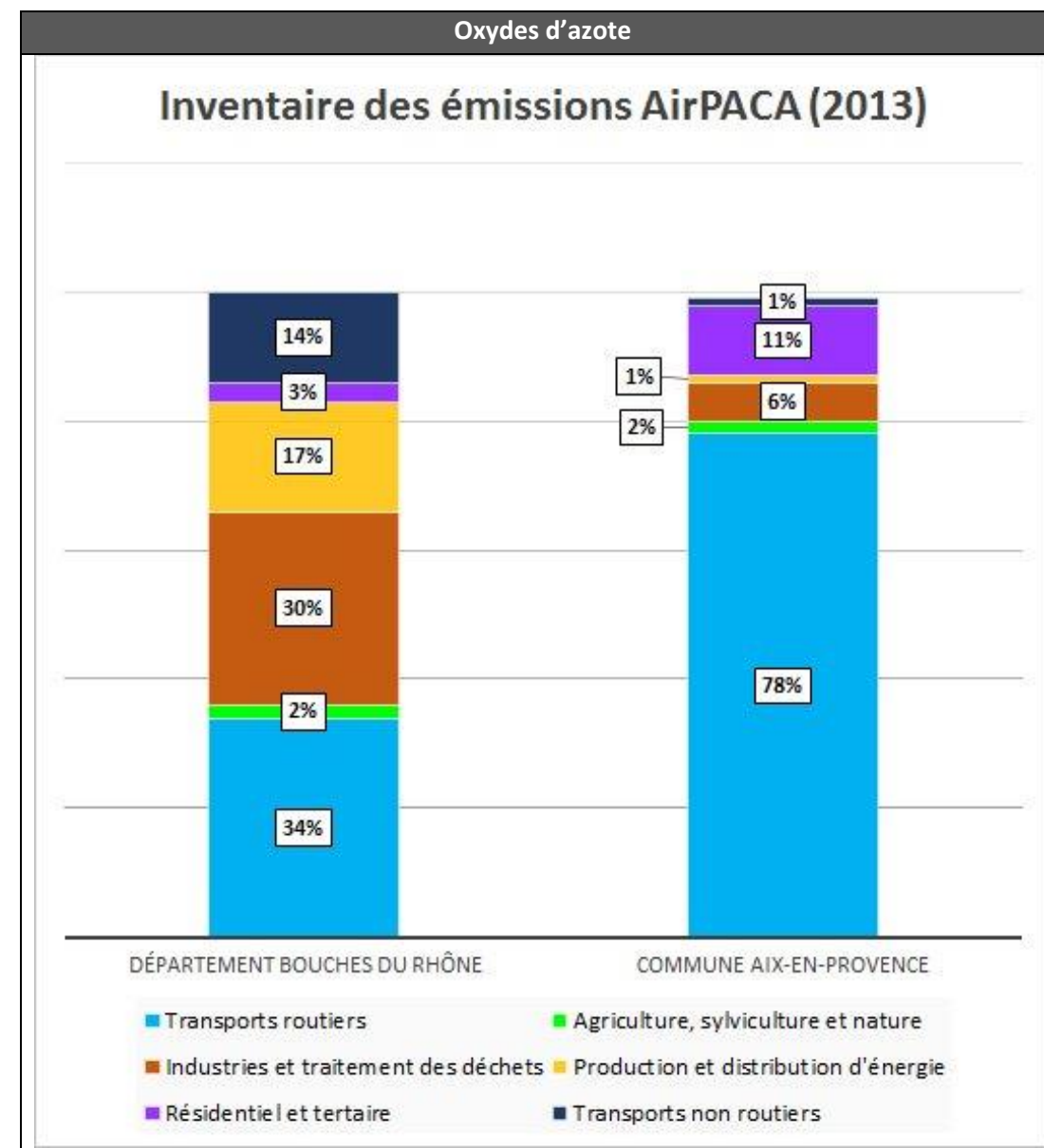
**Figure 7: Répartition des émissions de polluants par type d'activité sur le territoire des Alpes-Maritimes, source : inventaire PACA 2012, version 2014**

#### ❖ Émissions au niveau de la commune d'Aix-en-Provence

AIRPACA fournit des inventaires à différentes échelles. Les figures ci-contre présentent la répartition des émissions de polluants par type d'activité sur le territoire des Bouches du Rhône et de la commune.

Le transport routier est le principal contributeur au niveau communal des substances :

- Oxydes d'azote
- Particules PM10
- Particules PM2.5
- Gaz à effet de serre



**Figure 8: Contribution par secteur aux émissions de NOx au niveau départemental et communale pour l'année 2013**



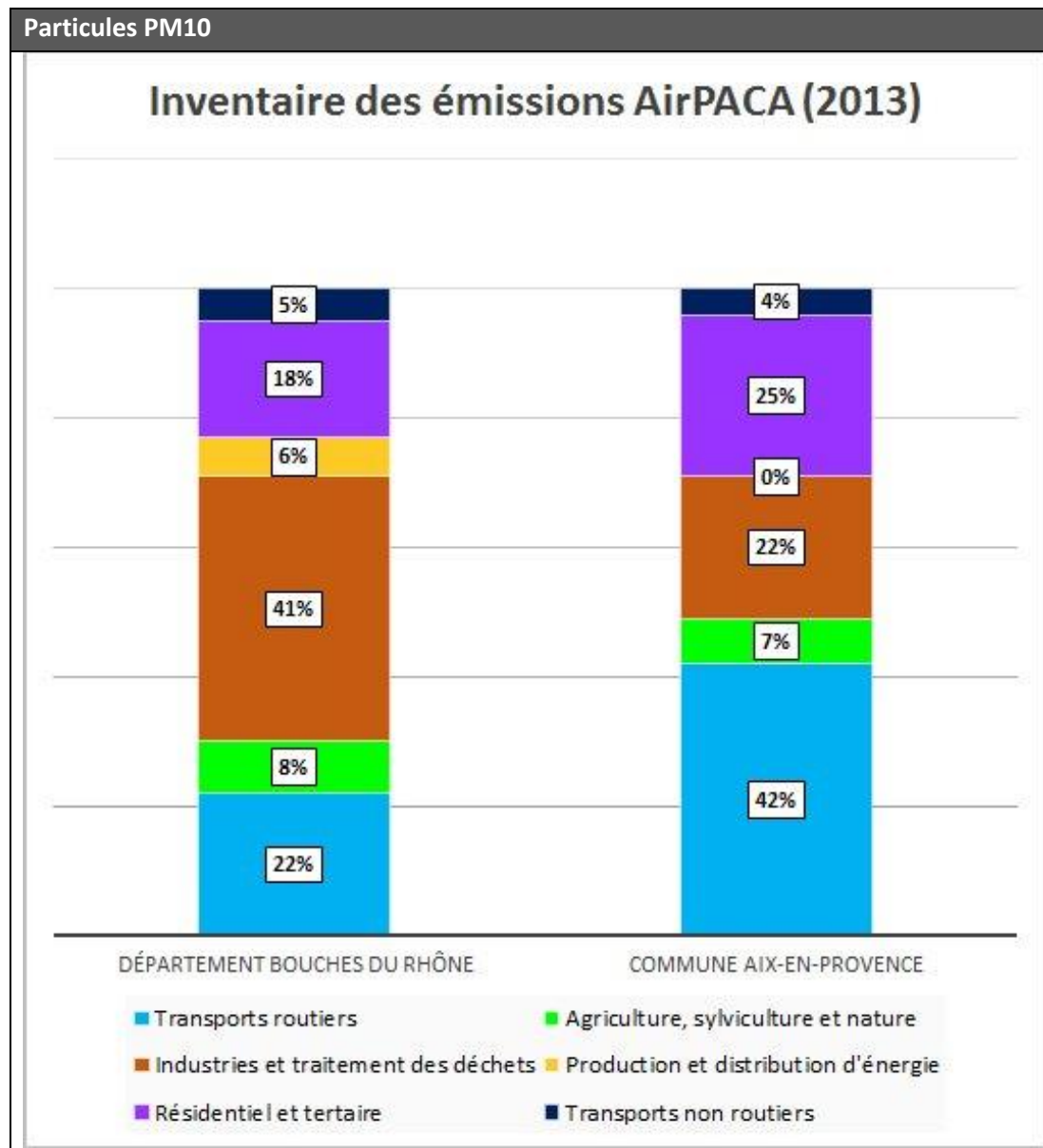


Figure 9 : Contribution par secteur aux émissions de PM10 au niveau départemental et communale pour l'année 2013

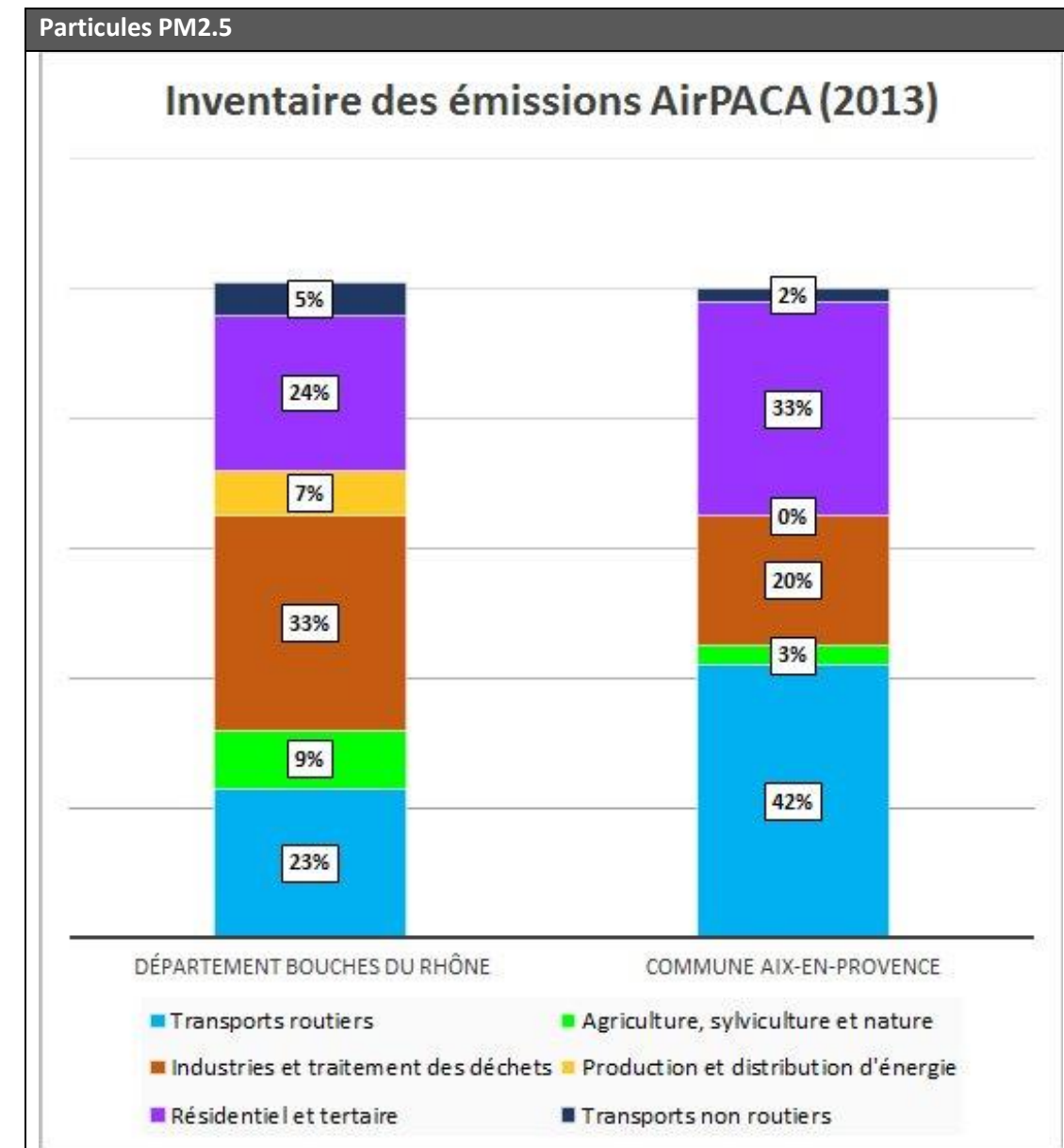


Figure 10 : Contribution par secteur aux émissions de PM2.5 au niveau départemental et communale pour l'année 2013

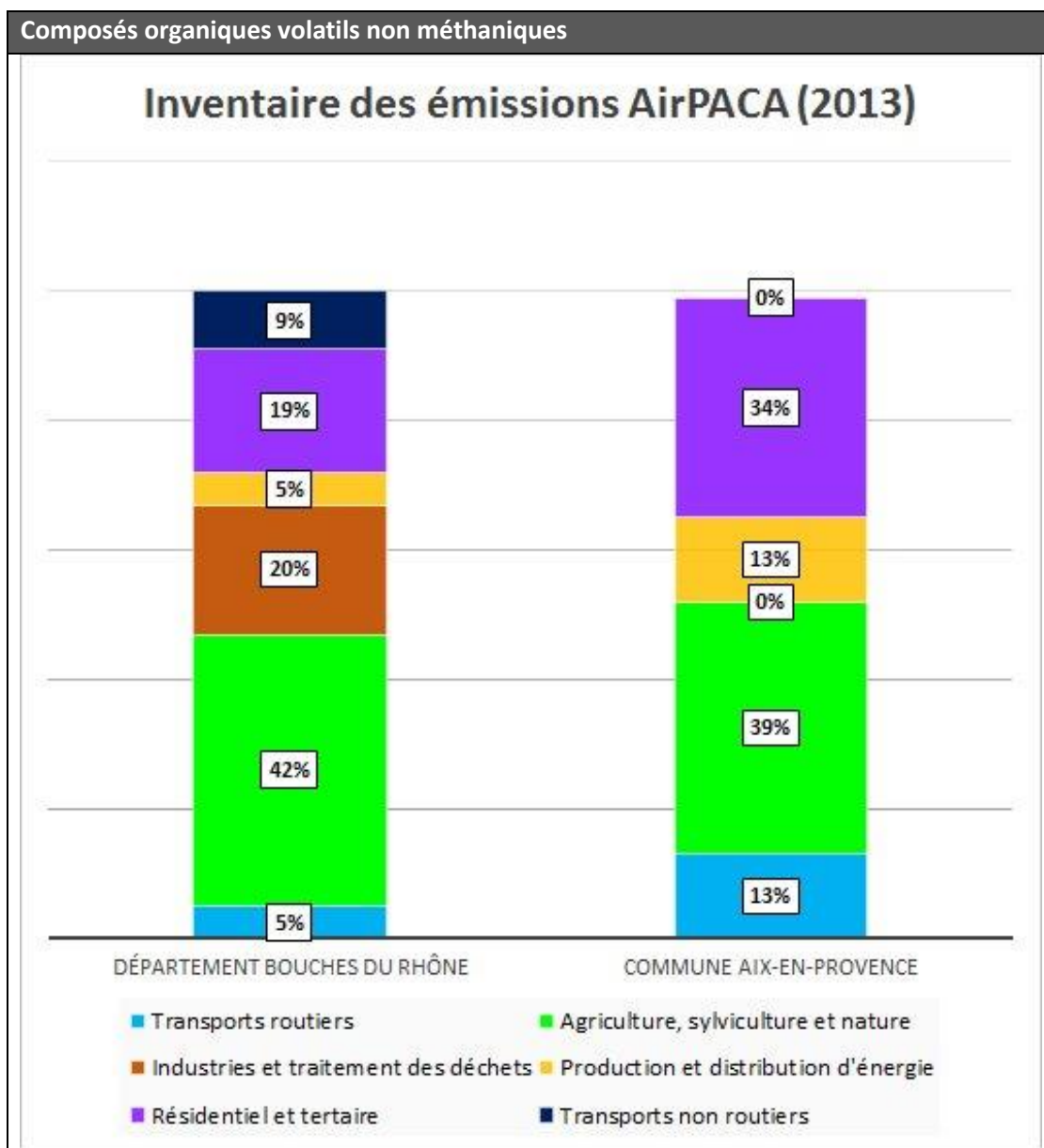


Figure 11 : Contribution par secteur aux émissions de COVNM au niveau départemental et communale pour l'année 2013

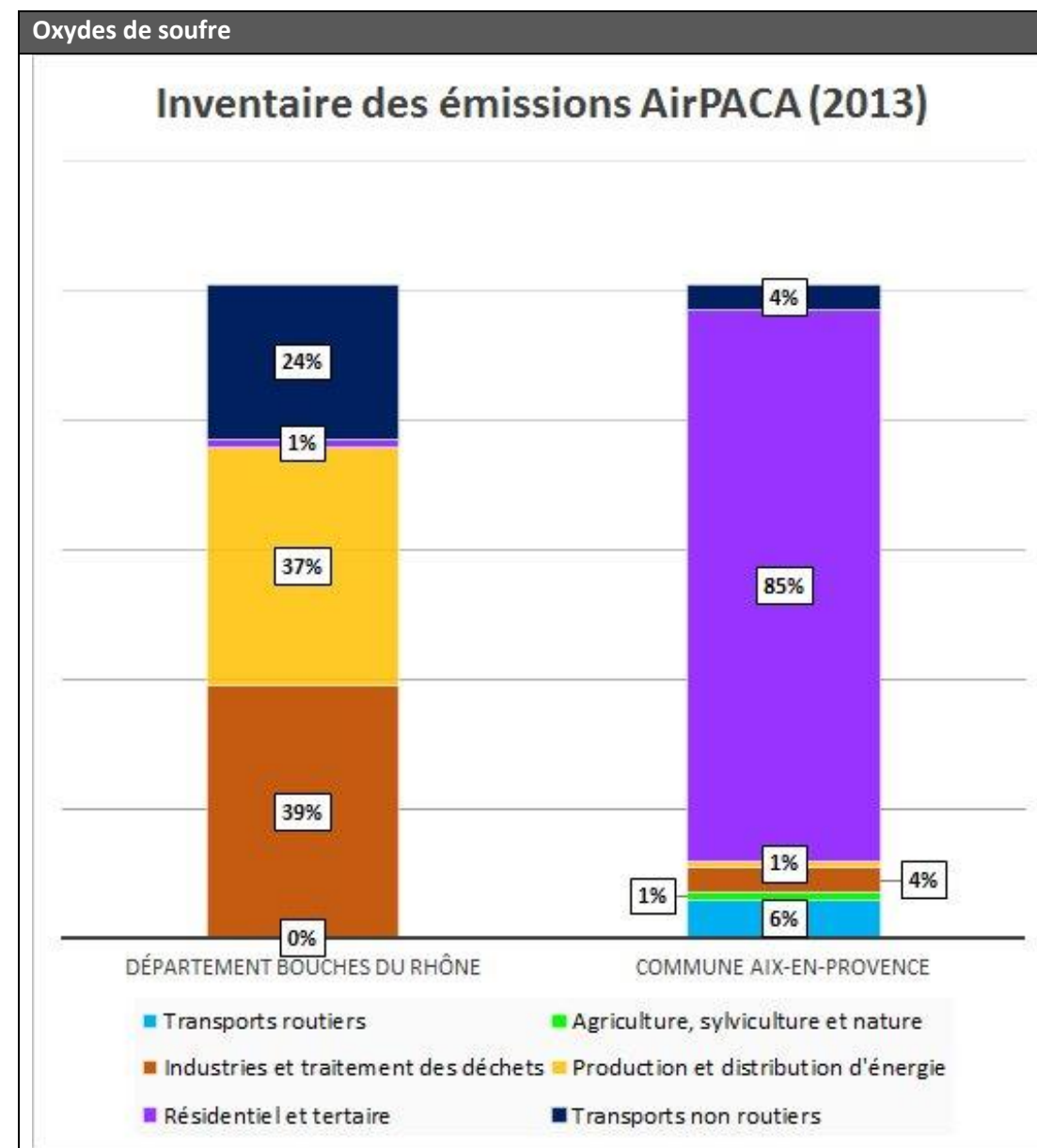


Figure 12 : Contribution par secteur aux émissions de SO<sub>2</sub> au niveau départemental et communale pour l'année 2013

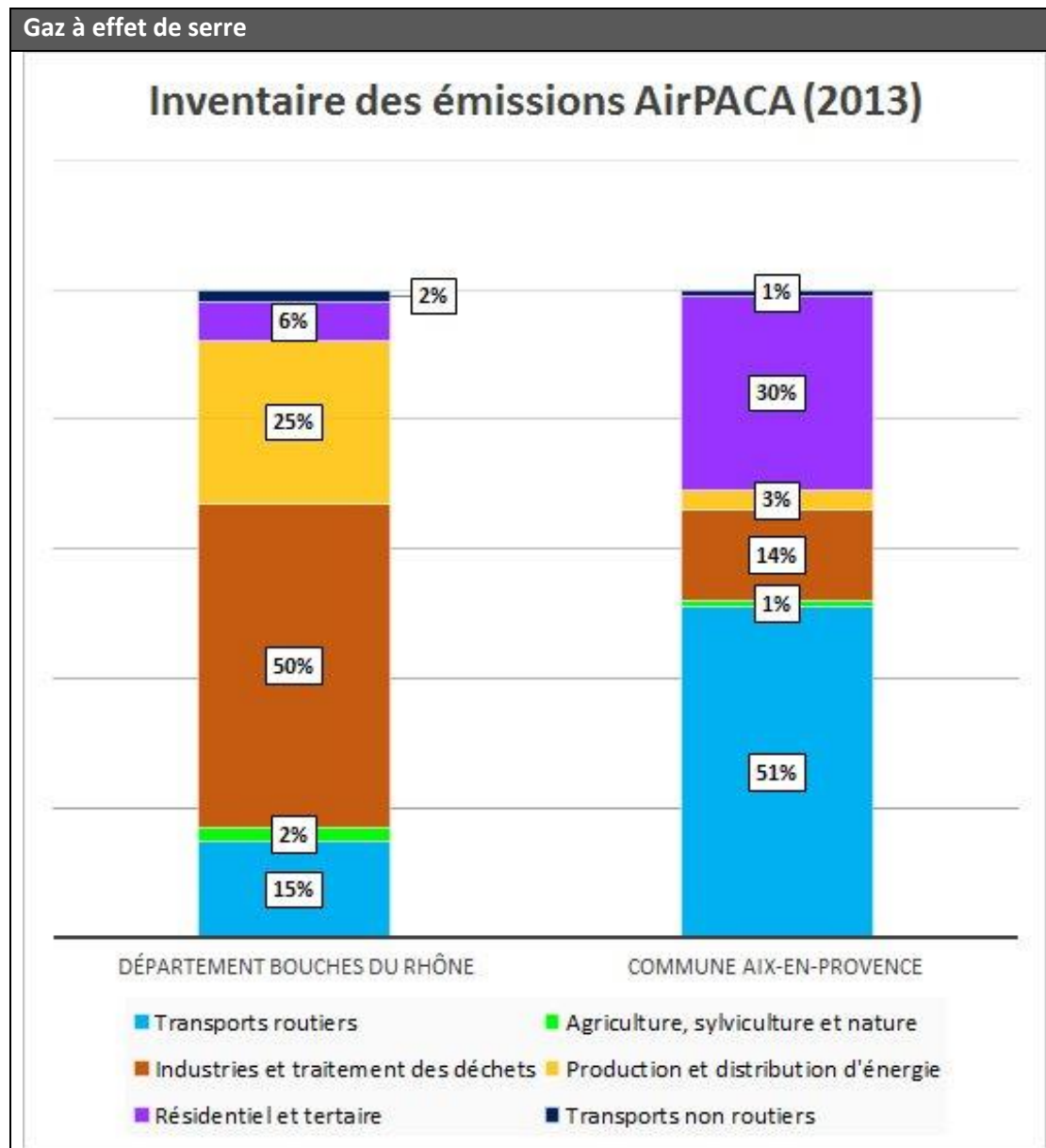


Figure 13 : Contribution par secteur aux émissions de GES au niveau départemental et communale pour l'année 2013

#### 7.4. SYNTHÈSE

Le bilan des émissions concernant les principaux polluants met en évidence l'importante contribution du secteur des transports routiers.

Les oxydes d'azote, ainsi que les particules PM10 et PM2.5, sont issus très majoritairement des transports au niveau de la commune d'Aix-en-Provence.

## 8. SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

### 8.1. PROCÉDURE D'INFORMATION ET D'ALERTE

Depuis le 30 novembre 2015, un nouveau dispositif d'information et d'alerte à l'échelle des régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon permet d'agir avec plus d'efficacité à l'encontre des pics de pollution de l'air aux particules (PM<sub>10</sub>), au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et à l'ozone (O<sub>3</sub>). Celui-ci prévoit de déclencher sur prévisions de pollution, et non plus uniquement sur constats, permettant une meilleure réactivité et une mise en place anticipée des mesures d'urgence [Arrêté inter préfectoral du 30 novembre 2015].

En fonction du niveau de pollution, deux types de procédures sont déclenchés :

- **Procédure « d'information et de recommandation »**, dès lors que le niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de catégories de personnes particulièrement sensibles (enfants, asthmatiques ...) Il s'agit d'informer les populations sur l'épisode en cours et de donner des recommandations à la fois sanitaires et comportementales.
- **Procédure « d'alerte »** dès lors que le niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population. En complément des recommandations sanitaires et comportementales, cette procédure prévoit la mise en œuvre de mesures d'urgence visant à diminuer les émissions de polluants. De façon systématique, des renforcements de contrôle seront menés. Des mesures plus contraignantes peuvent également être mises en œuvre au cas par cas suivant l'ampleur de l'épisode de pollution.

Le tableau qui va suivre précise les seuils de déclenchement des niveaux d'information et d'alerte du public en cas d'épisodes de pollution dans la région, pour les trois polluants concernés.

Tableau 6 : Seuils de déclenchement des niveaux d'information et d'alerte

Seuils réglementaires (art.R.221-1 du code de l'environnement)		Ozone Moyenne horaire	PM <sub>10</sub> Moyenne journalière	NO <sub>2</sub> Moyenne horaire
Seuils d'information et de recommandation		180 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>	200 µg/m <sup>3</sup>
Seuils d'alerte	Pour une protection sanitaire de toute la population	240 µg/m <sup>3</sup>	80 µg/m <sup>3</sup>	400 µg/m <sup>3</sup> pendant 3 heures consécutives  OU 200 µg/m <sup>3</sup> à J-1 et J et prévision de 200 µg/m <sup>3</sup> à J+1
	Pour la mise en œuvre progressive des mesures d'urgence	Niveau 1 240 µg/m <sup>3</sup> pendant 3 heures consécutives		
		Niveau 2 300 µg/m <sup>3</sup> pendant 3 heures consécutives		
Niveau 3 360 µg/m <sup>3</sup>				

## 8.2. MESURES REALISEES PAR AIR PACA

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE) reconnaît à chacun le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Aussi, l'État assure-t-il, avec le concours des collectivités territoriales, la surveillance de la qualité de l'air au moyen d'un dispositif technique dont la mise en œuvre est confiée à des organismes agréés : les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA).

Ces associations sont régies par la loi "1901".

La surveillance de la qualité de l'air (objectifs de qualité, seuils d'alerte et valeurs limites) est entrée en vigueur avec la mise en place du décret n°98360 du 16 mai 1998. Un autre décret datant aussi du 16 mai 1998 (n°98-361) porte sur l'agrément des organismes de la qualité de l'air.

Le rôle essentiel de ces organismes est l'information du public sur la qualité de l'air ambiant. Ces associations de surveillance de la qualité de l'air ont le plus souvent une compétence régionale, mais il existe plusieurs associations à compétence territoriale plus limitée.

Dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'organisme en charge de cette mission est l'association Air PACA.

Elle dispose de plusieurs stations de mesure à proximité du projet.

Le tableau suivant décrit les caractéristiques de cette station de mesures.

Tableau 7 : Caractéristiques de la station de mesure Air PACA

Station	Type	Localisation	Polluant mesuré
Aix Platanes	Station périurbaine	École des platanes   Route de Sisteron 13100 Aix-en-Provence	O <sub>3</sub>   NO <sub>2</sub>
Aix École d'Art	Station urbaine	École d'art Rue Emile Tavan 13100 Aix-en-Provence	PM <sub>10</sub>   PM <sub>2.5</sub> NO <sub>2</sub>
Aix Roy René	Station urbaine	Collège Mignet Avenue du Roy René 13100 Aix-en-Provence	PM <sub>10</sub>   NO <sub>2</sub>

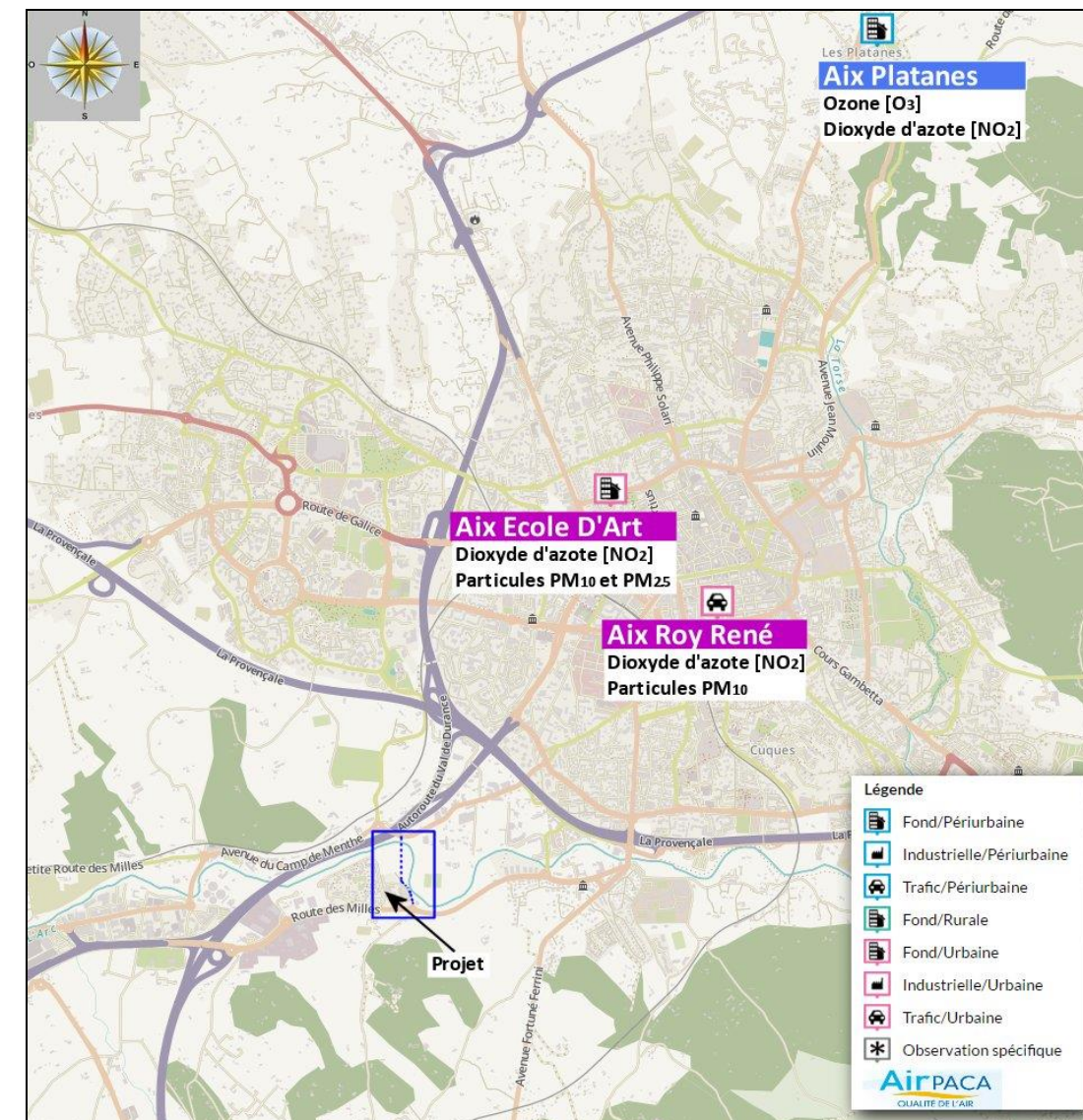


Figure 14 : Localisation de la station de mesure d'Air PACA par rapport au projet

Les résultats des mesures sont fournis dans le tableau ci-après.

La zone connaît des niveaux d'ozone élevés.

La station Aix Roy René connaît des niveaux de dioxyde d'azote élevés.

Les dépassements du seuil de recommandation et d'information pour les PM10 sont courants.

Selon les années et les conditions météorologiques, les dépassements sont plus ou moins variables.

**Tableau 8: Concentrations en NOx et NO<sub>2</sub> relevées par Air PACA (unité : µg/m<sup>3</sup>)**

Station	Année	Oxydes d'azote NOx	Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub>	
		Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Nb Dép 200 H
		Niveau critique : <b>30</b>	Valeur limite : <b>40</b>	Valeur limite : <b>18 par an</b>
Aix Roy René	2015	87,8	43,8	0,0
	2014	79,2	39,9	0,0
	2013	88,2	42,3	0,0
	2012	95,7	45,6	0,0
Aix École d'Art	2015	48,3	28,6	0,0
	2014	40,1	25,7	0,0
	2013	49,8	28,0	0,0
	2012	49,1	28,0	1,0

**Tableau 9: Concentrations en PM10 et PM<sub>2,5</sub> relevées par Air PACA (unité : µg/m<sup>3</sup>)**

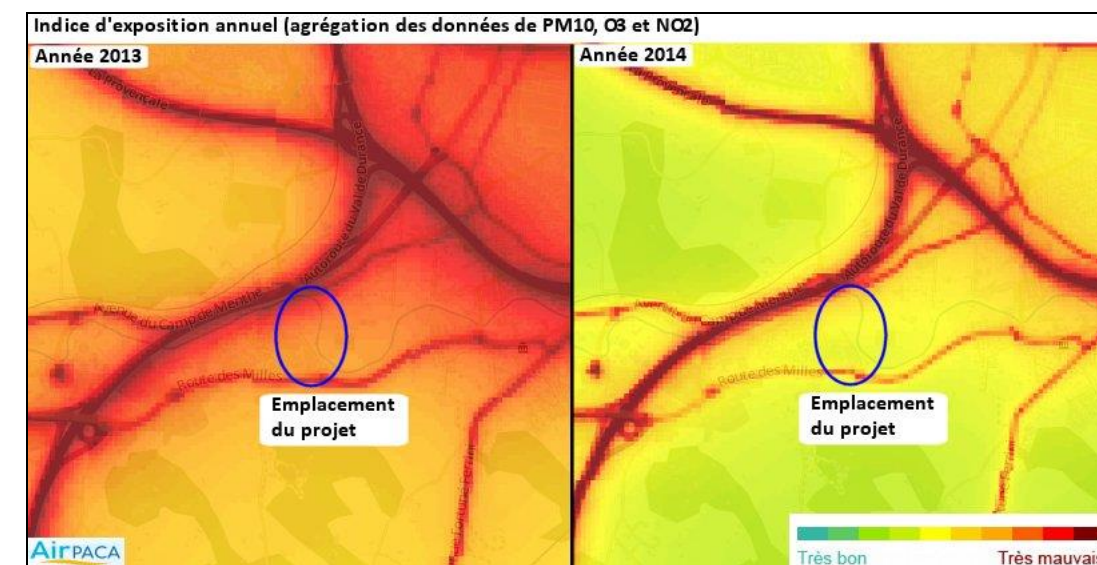
Station	Année	Particule PM <sub>2,5</sub>	Particule PM <sub>10</sub>		
		Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Nb Dép 50 J
		Valeur limite : <b>25</b>	Valeur limite : <b>40</b>	Seuil de recommandation et d'information: <b>50</b>	Valeur limite : <b>35 par an</b>
Aix Roy René	2015	-	23,8	49,3	0,0
	2014	-	22,2	59,8	5,0
	2013	-	29,5	74,1	19,0
	2012	-	32,9	94,2	41,0
Aix École d'Art	2015	13,1	23,5	55,7	3,0
	2014	10,9	21,6	66,0	5,0
	2013	13,9	28,4	72,6	35,0
	2012	18,7	26,8	74,3	15,0

**Tableau 10: Concentrations en O<sub>3</sub> relevées par Air PACA (unité : µg/m<sup>3</sup>)**

Station	Année	Maximum horaire	Nb Dép 180 H	Nb Dép 240 H	Nb Dép 300 H	Nb Dép 360 H
		Seuil de recommandation et d'information: <b>180</b>	Seuil d'information	Seuil d'alerte 1 Seuil d'alerte protection sanitaire	Seuil d'alerte 2 (3 heures consécutives)	Seuil d'alerte 3 (1 heure)
Aix Roy René	2015	256,0	17,0	4,0	0,0	0,0
	2014	201,0	2,0	0,0	0,0	0,0
	2013	211,0	8,0	0,0	0,0	0,0
	2012	200,0	3,0	0,0	0,0	0,0
Aix École d'Art	2015	257,0	21,0	3,0	0,0	0,0
	2014	187,0	4,0	0,0	0,0	0,0
	2013	204,0	9,0	0,0	0,0	0,0
	2012	180,0	1,0	0,0	0,0	0,0

### 8.3. BILAN ANNUEL DE LA QUALITE DE L'AIR

L'indice d'exposition est un indice composite intégrant les données annuelles de NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et O<sub>3</sub>. Les cartes suivantes présentent les indices d'exposition pour les années 2013 et 2014 dans la commune l'Aix-en-Provence. Il est constaté que les niveaux sont 'mauvais' pour l'année 2013 et 'moyens' pour l'année 2014.



**Figure 15 : Carte des indices d'exposition annuel pour les années 2013 et 2014 – Moyenne annuelle**

## 8.4. SYNTHÈSE

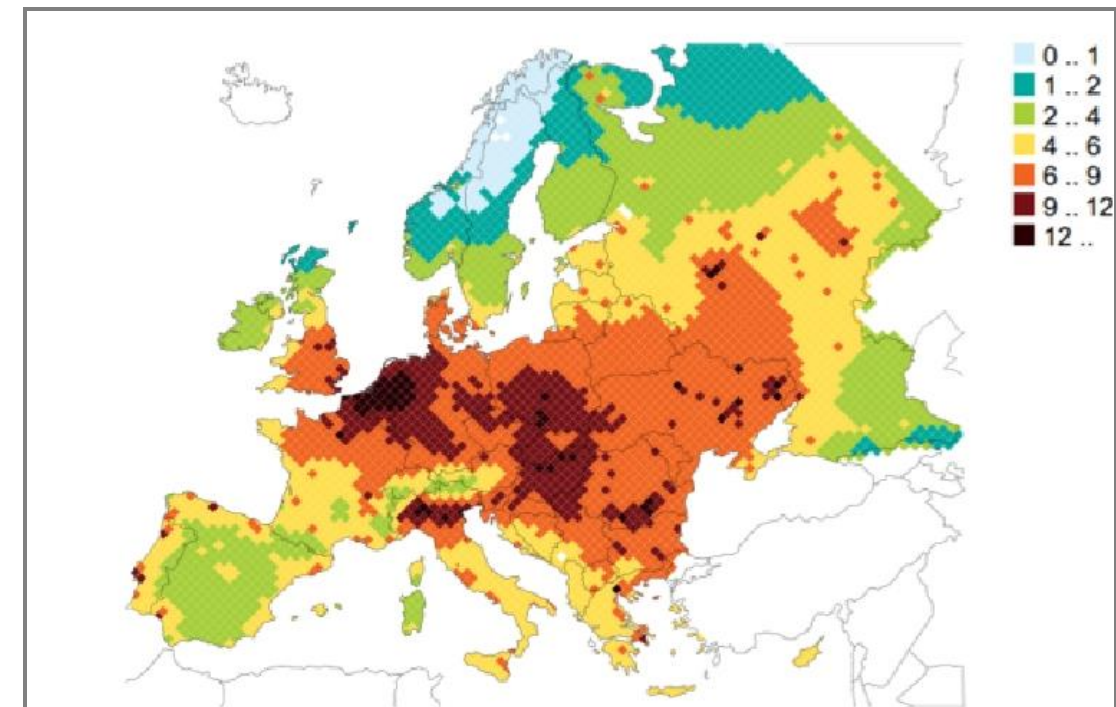
Selon les mesures et les études réalisées par AIRPACA, les points suivants ressortent :

- Dans l'ensemble, la qualité de l'air de la zone est médiocre.
- Pour l'Est des Bouches-du-Rhône, le transport routier est le principal émetteur de NOx (61 %), cadmium (58 %), monoxyde de carbone (46 %). Il est également émetteur de particules à hauteur de 33 %.
- Regardant les particules (PM10, PM2,5), trois secteurs contribuent à parts égales aux émissions : Transports, Résidentiel/tertiaire et Industrie.
- Une pollution chronique à l'ozone est également observée.

## 9. ANALYSE DES DONNÉES SANITAIRES

### 9.1. RAPPEL DES EFFETS DE LA POLLUTION SUR LA SANTÉ

Les effets de la pollution sur la santé sont variés. Par exemple, dans le programme CAFE (Clean Air for Europe, un Air propre pour l'Europe), la Commission européenne estimait à près de 300 000 le nombre de décès anticipés liés à l'exposition aux niveaux de particules observés en 2000 à travers les Etats membres (soit une perte d'espérance de vie de 9 mois en moyenne en Europe) et à 21 000 pour l'ozone. Le coût sanitaire pour ces deux polluants était évalué à un montant compris entre 189 et 609 milliards d'euros par an en 2020.



**Figure 16 : Nombre de mois de perte d'espérance de vie - moyenne dans l'UE due aux particules fines (PM2,5) [Source : International Institute for Applied Systems Analysis]**

Globalement, la pollution atmosphérique peut induire des effets respiratoires ou cardiovasculaires tels que :

- une Augmentation des affections respiratoires : bronchiolites, rhino-pharyngites, etc. ;
- une Dégradation de la fonction ventilatoire : baisse de la capacité respiratoire, excès de toux ou de crises d'asthme ;
- une Hypersécrétion bronchique ;
- une Augmentation des irritations oculaires ;
- une Augmentation de la morbidité cardio-vasculaire (particules fines) ;

- une Dégradation des défenses de l'organisme aux infections microbiennes ;
- une Incidence sur la mortalité à court terme pour affections respiratoires ou cardio-vasculaires (dioxyde de soufre et particules fines) ;
- une Incidence sur la mortalité à long terme par effets mutagènes et cancérigènes (particules fines, benzène).

## 9.2. DONNEES SANITAIRES

Les données présentées dans cette section proviennent :

- De l'Agence Régionale de Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur ;
- De l'Observatoire Régional de la Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur.

### ❖ Contexte régional

Le département des Bouches-du-Rhône (1 937 403 habitants en 2006) représente près de la moitié de la population régionale et deux de ses communes, à savoir : Marseille et Aix-en-Provence, regroupent la moitié de la population du département.

Depuis 20 ans, la mortalité prématurée (avant 65 ans) diminue dans les Bouches-du-Rhône, chez les hommes comme chez les femmes, au même rythme que dans le reste de la métropole française.

En 2000-2004, il existe une sous-mortalité significative par rapport à la France chez les hommes (-2 %) mais pas chez les femmes.

Les trois premières causes de mortalité prématurée sont les tumeurs, les traumatismes et les maladies de l'appareil circulatoire (respectivement 41 %, 16 % et 14 % dans ce département).

Parmi les tumeurs, le cancer du poumon représente la première cause de mortalité prématurée par cancer chez les hommes (36 %) et le second chez les femmes après le cancer du sein (respectivement 16 % et 25 %). Depuis 20 ans, la mortalité par cancer du poumon est significativement plus élevée dans ce département qu'en France, chez les hommes comme chez les femmes et cet écart se maintient sur la période 2000-2004 (+8-9 % en 2000-2004). La mortalité par cancer du poumon continue d'augmenter les chez femmes alors que chez les hommes, elle décroît depuis le milieu des années 90 (cf. infra).

Parmi les traumatismes, les suicides et les accidents de la circulation contribuent majoritairement à la mortalité prématurée (respectivement 39 % et 23 %). Mais, pour l'ensemble des décès par traumatismes, ce sont les accidents de la vie courante (chutes, intoxications, noyades accidentelles, accidents par suffocations...) qui sont majoritaires : ils représentent la moitié des décès par traumatisme, tous âges confondus. Dans les Bouches-du-Rhône, les accidents de la circulation sont à l'origine d'environ 200 décès par an.

Depuis 20 ans, la mortalité par accident de la circulation a diminué de plus de 50 % dans le département comme dans le reste du pays, mais reste plus élevée que la moyenne nationale chez les hommes (+7 % sur 2000-2004). En 2008, 1 841 blessés ont par ailleurs

été hospitalisés à la suite d'un accident de la circulation. Rapporté au nombre d'habitants, cela correspond au 2e taux le plus élevé de la région après celui des Alpes-de-Haute-Provence (94 pour 100 000).

En termes de morbidité, selon les données de la CNAMTS (Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés), quatre pathologies ont été à l'origine de 59 % des admissions en affection de longue durée dans ce département en 2008 : les tumeurs (8 449, soit 19 % des admissions), l'hypertension artérielle sévère (7 004, 16 %), le diabète (6 441, 14 %) et les maladies psychiatriques de longue durée (4 571, 10 %). Par ailleurs, 68 400 assurés étaient traités pour un diabète en 2008 (par antidiabétiques oraux ou insuline), soit une proportion standardisée sur l'âge de 4,4 % (4 % en Paca).

**Tableau 11: Taux de mortalité pour le département des Alpes-Maritimes**

Paramètres	Alpes-Maritimes	PACA	France métropolitaine
<b>Espérance de vie (2011)</b>			
Espérance de vie à la naissance - Hommes	79,4	79,2	78,5
Espérance de vie à la naissance - Femmes	85,7	85,0	84,9
<b>Mortalité - Taux pour 100 000 habitants (2000-2004)</b>			
Toutes causes - Hommes	1056	1132,2	1188,4
Toutes causes - Femmes	655,1	696,8	711,4
Prématurée - Hommes	272,4	283,3	293,3
Prématurée - Femmes	126,7	126,6	128,9
Évitable - Hommes	122,9	145,0	154,0
Évitable - Femmes	59,6	63,2	67,1
<b>Mortalité par causes - Taux pour 100 000 habitants (2000-2004)</b>			
Cancers - Hommes	300,4	331,5	352,3
Cancers - Femmes	152,9	161,2	166,3
Maladies de l'appareil respiratoire - Hommes	74,0	78,7	86,9
Maladies de l'appareil respiratoire - Femmes	39,2	41,9	42,8
Cardiopathies ischémiques - Hommes	86,1	93,7	107,7
Cardiopathies ischémiques - Femmes	39,3	42,5	51,6
Maladies vasculaires cérébrales - Hommes	61,0	69,0	72,4
Maladies vasculaires cérébrales - Femmes	52,5	55,5	57,5

❖ Asthme en région PACA

L'asthme est une maladie caractérisée par une inflammation plus ou moins importante des voies respiratoires, au niveau des bronches et des petites bronches, les bronchioles (voir schéma).

Cette maladie se traduit par une difficulté à respirer, un essoufflement, une respiration sifflante ou une sensation d'oppression dans la poitrine.

Une littérature abondante a permis d'établir que les pics ordinaires de pollution atmosphérique aggravent nettement les symptômes des patients asthmatiques et le contrôle de leur maladie. Pour ce qui est de l'exposition chronique, le niveau moyen de pollution locale, liée à la proximité d'une route à haut trafic, favorise une incidence plus élevée de l'asthme chez l'enfant et probablement aussi chez l'adulte.

Le tableau ci-après présente les chiffres clés pour l'asthme sur la région PACA.

La mortalité par asthme a été la 4<sup>e</sup> cause de décès par maladie respiratoire sur la période de 2005 à 2007.

Tableau 12: Chiffres clés en PACA pour l'asthme

	Indicateurs	Année/Période	Résultat
<b>Morbidité</b>	<i>Nombre de séjours hospitaliers en soins de courte durée pour asthme</i>	2007	3588
	<i>Nombre d'admissions en affection de longue durée pour asthme</i>	2008	1119
	<i>Prévalence de l'asthme cumulé chez les enfants de 11 à 14 ans</i>	2002-2003	10,1%
	<i>Prévalence de l'asthme actuel chez les personnes de 15 ans ou plus</i>	2002-2003	6,0%
	<i>Prévalence des sifflements au cours des 12 derniers mois chez les enfants de 11 à 14 ans</i>	2002-2003	7,1%
	<i>Prévalence des sifflements au cours des 12 derniers mois chez les personnes de 15 ans ou plu</i>	2002-2003	11,7%
<b>Mortalité</b>	<i>Nombre annuel moyen de décès par asthme</i>	2005-2007	82
	<i>Rang et part parmi l'ensemble des décès par maladie de l'appareil respiratoire</i>	2005-2007	4 <sup>e</sup> me, 2,9 %
<b>Situation par rapport à la France</b>	<i>Indice comparatif de recours à l'hospitalisation pour asthme (base 100 = France entière)</i>	2007	90 H : 85 F : 94
	<i>Indice comparatif de mortalité par asthme (base 100 = France métropolitaine)</i>	2003-2005	94 H : 87 F : 99
<b>Évolution</b>	<i>Évolution du taux comparatif de recours à l'hospitalisation en soins de courte durée pour asthme en Paca et en France métropolitaine</i>	2000-2007	-28 % versus -16 %
<b>Disparités géographiques</b>	<i>Rapport des taux comparatifs de mortalité par asthme par département - max/min</i>	2003-2005	1,6



## 10. ANALYSE DU DOMAINE D'ÉTUDE

Après l'examen des données disponibles sur la qualité de l'air, il convient de s'intéresser à la population et à la composition du domaine géographique d'étude.

Cette démarche a pour objectif principal d'identifier les lieux sensibles et de définir la sensibilité de la population vis-à-vis des effets sanitaires imputables à la pollution atmosphérique (étant entendu que les enfants et les personnes âgées sont plus sensibles à ces effets que de jeunes adultes).

### 10.1. COMPOSITION DU DOMAINE GEOGRAPHIQUE D'ÉTUDE – IDENTIFICATION DES SITES SENSIBLES

Le domaine d'étude est situé sur la commune d'Aix en Provence.

Il se compose en grande partie à l'heure actuelle de zones urbanisées comportant des habitations et des zones commerciales.

Il a été recherché la présence de sites dits 'sensibles' à la pollution atmosphérique sur la zone d'étude.

Par lieux 'sensibles', on entend toutes les structures fréquentées par des personnes plus particulièrement sensibles aux effets de la pollution atmosphérique, à savoir :

- Les crèches ;
- Les écoles maternelles et élémentaires ;
- Les collèges ;
- Les stades et les centres sportifs en extérieur ;
- Les centres de soins ;
- Les résidences de personnes âgées.

Les sites sensibles répertoriés dans le secteur étudié sont indiqués sur la figure ci-après.

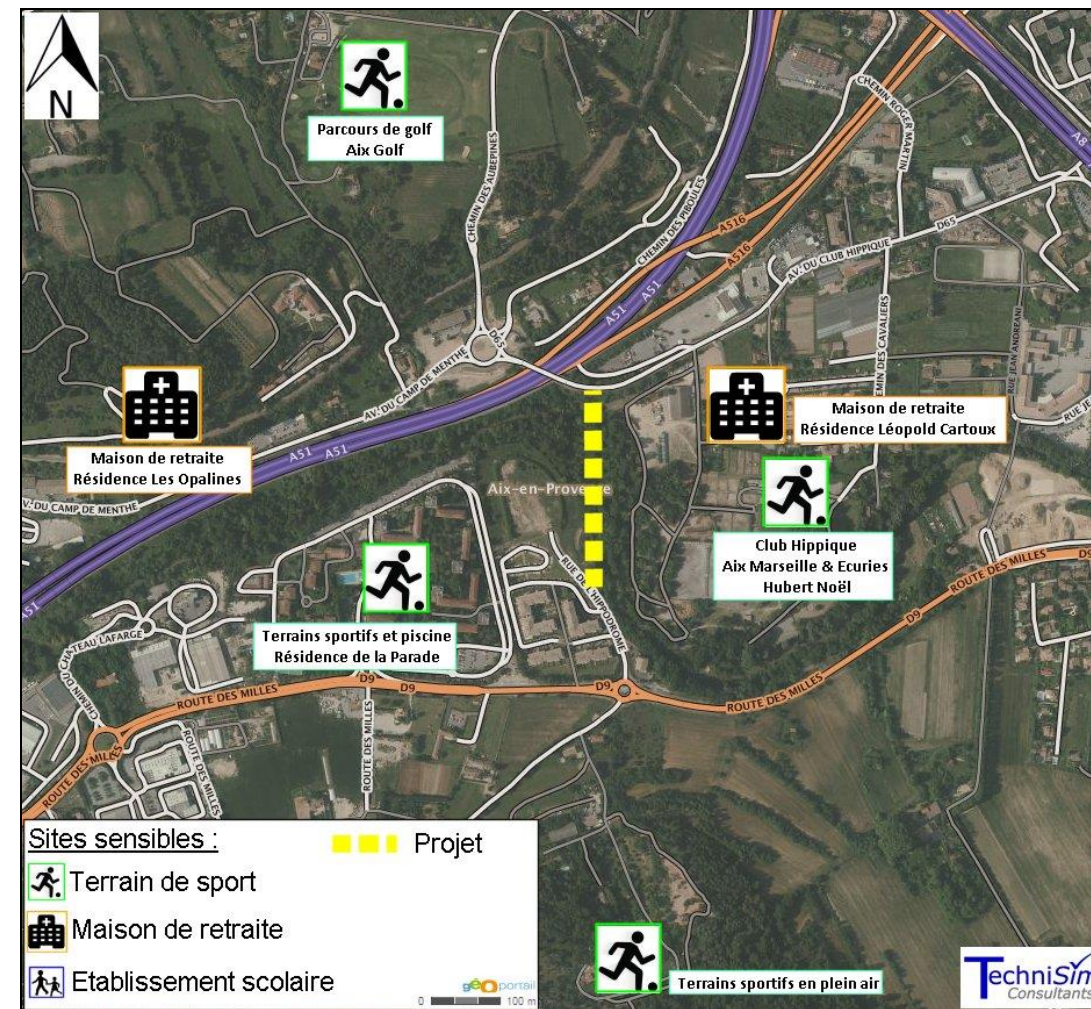


Figure 17: Localisation des sites sensibles

## 10.2. ANALYSE DE LA POPULATION – DONNEES INSEE

L'étude de la population permet de définir la sensibilité de celle-ci face à la pollution atmosphérique.

Les données ci-dessous concernant la ville d'Aix-en-Provence proviennent toutes de l'INSEE.

### ❖ Évolution et structure de la population

Les recensements réalisés depuis 1968 montrent une augmentation constante de la population jusqu'en 2008. Depuis cette date, on assiste à une diminution tendancielle.

**Tableau 13 : Évolution de la population**

	1968	1975	1982	1990	1999	2008	2013
<b>Population</b>	89 566	110 659	121 327	123 842	133 018	142 743	<b>141 545</b>

Les classes d'âges les plus sensibles aux effets de la pollution atmosphérique sont les enfants, les adolescents et les personnes âgées. Ces catégories représentent respectivement 13,9% et 22,9% de la population de la commune d'Aix-en-Provence en 2013.

**Tableau 14: Population par grandes tranches d'âges**

	2013	%	2008	%
<b>Ensemble</b>	<b>141545</b>	<b>100.0%</b>	<b>142743</b>	<b>100.0%</b>
<i>0 à 14 ans</i>	19612	13.9%	19569	13.7%
<i>15 à 29 ans</i>	38716	27.4%	38867	27.2%
<i>30 à 44 ans</i>	25677	18.1%	26795	18.8%
<i>45 à 59 ans</i>	25081	17.7%	26105	18.3%
<i>60 à 74 ans</i>	19691	13.9%	18884	13.2%
<i>75 ans ou plus</i>	12767	9.0%	12523	8.8%

Sources : Insee, Insee, RP2008 et RP2013 exploitations principales.

**Tableau 15: Population par sexe et âge en 2013**

	Hommes	%	Femmes	%
<b>Ensemble</b>	66126	100.0%	75419	100.0%
<i>0 à 14 ans</i>	9957	15.1%	9654	12.8%
<i>15 à 29 ans</i>	18323	27.7%	20394	27.0%
<i>30 à 44 ans</i>	12632	19.1%	13045	17.3%
<i>45 à 59 ans</i>	11930	18.0%	13151	17.4%
<i>60 à 74 ans</i>	8553	12.9%	11138	14.8%
<i>75 à 89 ans</i>	4259	6.4%	6964	9.2%
<i>90 ans ou plus</i>	472	0.7%	1073	1.4%

Sources : Insee, RP2013 exploitation principale

### ❖ Emploi et population active

Le tableau suivant indique la répartition de la population de 15 à 64 ans par type d'activité.

**Tableau 16 : Population de 15 à 64 ans par type d'activité – Année 2013**

	97 178
<b>Ensemble</b>	<b>97 178</b>
<b>Actifs en %</b>	<b>67,3</b>
<i>actifs ayant un emploi en %</i>	57,7
<i>chômeurs en %</i>	9,6
<b>Inactifs en %</b>	<b>32,7</b>
<i>élèves, étudiants et stagiaires non rémunérés en %</i>	19,7
<i>retraités ou préretraités en %</i>	4,7
<i>autres inactifs en %</i>	8,3

EMP G1 - Population de 15 à 64 ans par type d'activité en 2013

Source : Insee, RP2013 exploitation principale.

Le tableau qui va suivre présente les lieux de travail des actifs de la commune d'Aix-en-Provence ayant un emploi.

Plus de la moitié de la population active ayant un emploi, travaille dans la commune d'Aix-en-Provence.

**Tableau 17 : Lieu de travail des actifs de 15 ans ou plus ayant un emploi – Année 2013**

	Nombre	%
<b>ENSEMBLE</b>	<b>57 046</b>	<b>100,0</b>
<b>Travaillent</b>		
<i>dans la commune de résidence</i>	37 485	65,7
<i>dans une commune autre que la commune de résidence</i>	19 561	34,3

Sources : Insee, RP2012

❖ **Logements**

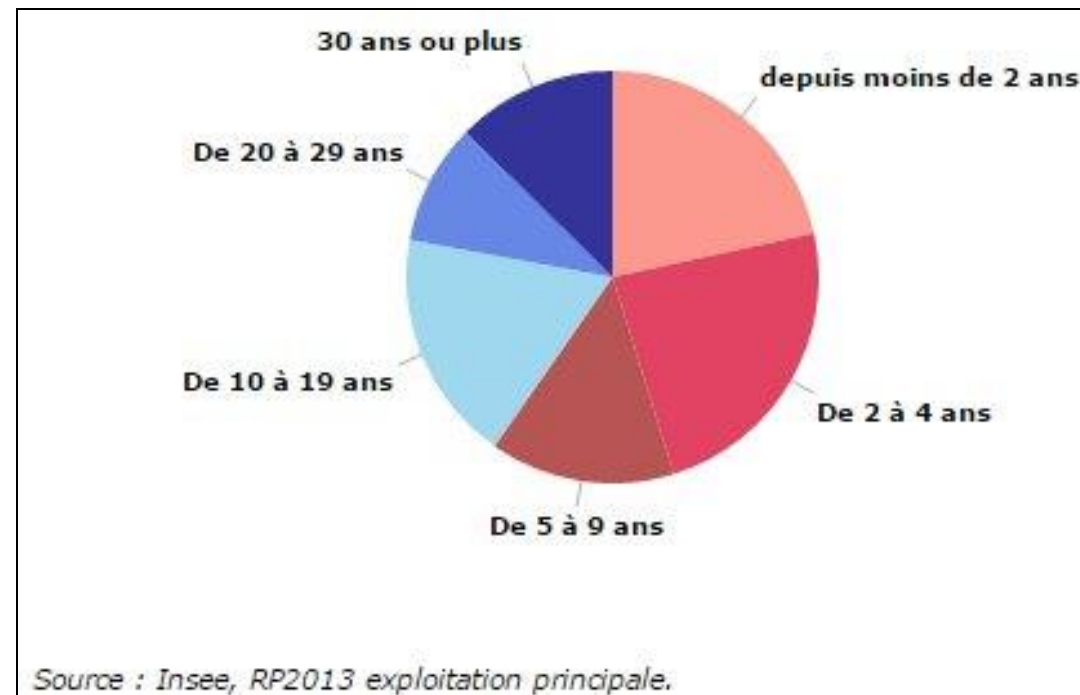
Les logements de la zone sont majoritairement des résidences principales. L'ancienneté moyenne d'emménagement sur la commune est pour **40,3%** des ménages supérieure ou égale à 10 ans.

**Tableau 18 : Catégorie de logements – Année 2013**

<b>Nombre total de logements</b>	79 391
<b>Part des résidences principales</b>	86,5%
<b>Part des résidences secondaires (y compris les logements occasionnels)</b>	4,6%
<b>Part des logements vacants</b>	8,9%
<b>Part des ménages propriétaires de leur résidence principale</b>	37,6%

**Tableau 19: Ancienneté d'emménagement dans la résidence principale en 2012**

	Nombre de ménages	Part des ménages en %	Population des ménages	Nombre moyen de pièces par	
				logement	personne
<b>Ensemble</b>	<b>68 677</b>	<b>100,0</b>	<b>134 130</b>	<b>3,3</b>	<b>1,7</b>
<b>Depuis moins de 2 ans</b>	14 862	21,6	24 210	2,3	1,4
<b>De 2 à 4 ans</b>	16 210	23,6	31 381	2,8	1,4
<b>De 5 à 9 ans</b>	9 943	14,5	22 924	3,5	1,5
<b>10 ans ou plus</b>	27 662	40,3	55 625	4,0	2,0

**Figure 18: Ancienneté d'emménagement des ménages en 2013**❖ **Synthèse**

Au regard des statistiques de l'INSEE, la commune d'Aix-en-Provence compte environ 36,8% de sa population parmi les tranches d'âge les plus sensibles à la pollution atmosphérique ('moins de 15 ans' et 'plus de 65 ans').

La moitié des ménages réside depuis plus de 5 ans sur la commune.

Par ailleurs, plus de la moitié des actifs ayant un emploi travaille dans la commune.

Aussi, la population de la commune d'Aix-en-Provence est très exposée à la pollution émise localement de manière chronique.

### 10.3. OCCUPATION DES SOLS – DENSITE DE POPULATION

L'emplacement pressenti pour le projet immobilier est situé dans un secteur urbain.

L'occupation des sols est représentée dans la figure qui suit.

Il s'agit de la cartographie de l'occupation des sols de la Région PACA réalisée par le CRIGE en 2006, sur la base de traitements d'images satellitaires, d'après la nomenclature européenne Corine Land Cover, adaptée aux spécificités régionales.

Le projet s'inscrit dans une zone urbaine densément habitée comme l'indiquent les données carroyées de l'INSEE pour l'année 2010 [définies en carreaux de 200 mètres de côté].

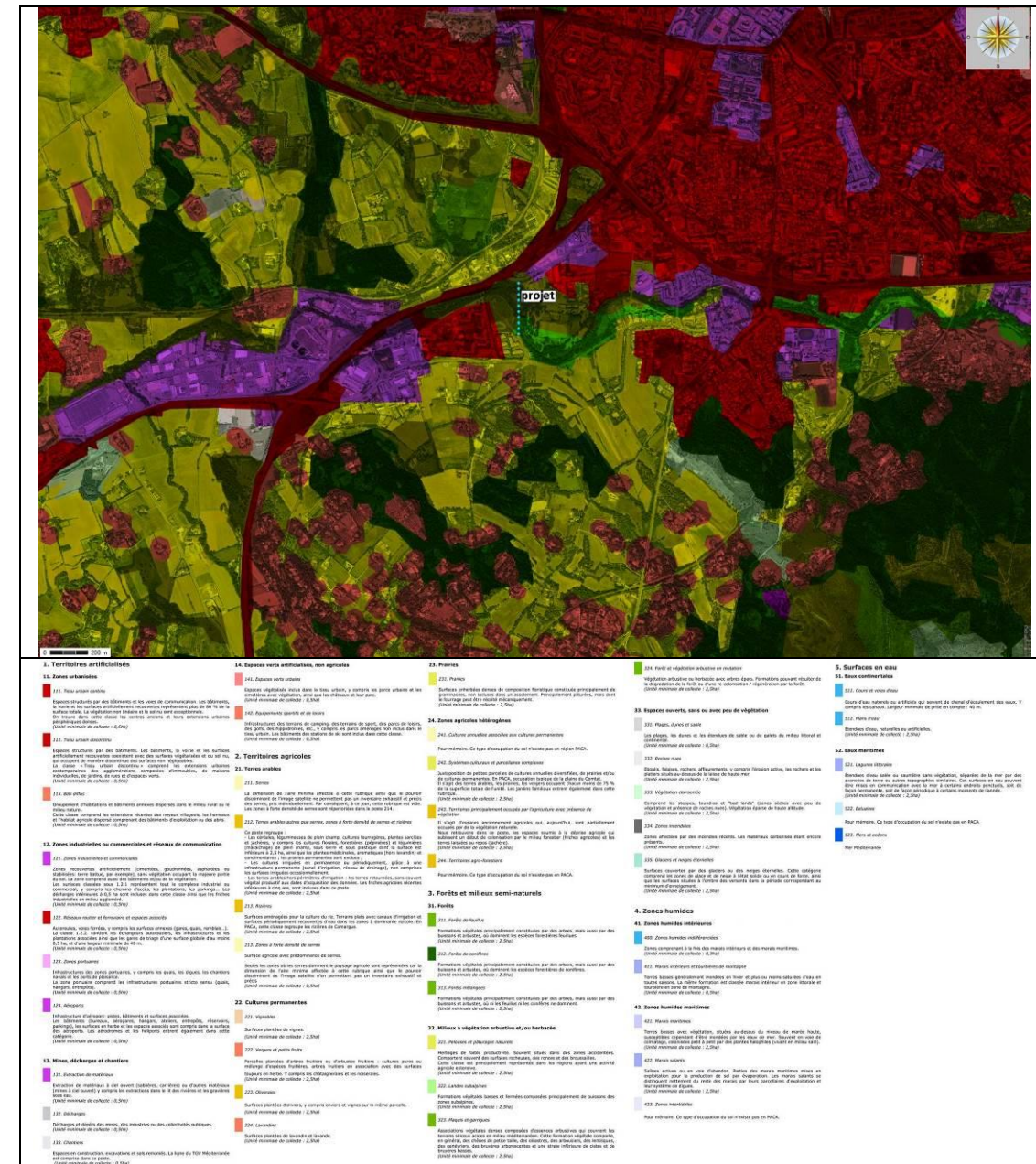


Figure 19 : Occupation des sols aux alentours du projet



Figure 20 : Densité de population aux abords du site d'étude

## 11. MESURES IN SITU

En vue de compléter les données d'Air PACA, et conformément aux prescriptions de la Circulaire du 25 février 2005, il a été réalisé des mesures sur le site (« mesure *in-situ* »). Cela a consisté à mesurer le dioxyde d'azote, les BTEX et les poussières PM10 et PM2,5. Deux types de mesures ont été effectués :

- Des mesures par tubes passifs pour le dioxyde d'azote [NO<sub>2</sub>], les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) sur une période de deux semaines ;
- Des mesures ponctuelles des teneurs de particules PM10 et PM2,5.

Le choix de ces composés est motivé par :

- le fait que ces composés soient émis en quantité par le trafic routier ;
- les pics de pollution aux PM<sub>10</sub> récurrentes sur le territoire national ;
- le danger sanitaire que représentent les particules diésel.

### 11.1. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURE

Les emplacements des points de mesure ont été choisis de manière à couvrir et caractériser au mieux l'ensemble du domaine d'étude.

Chaque point de mesure a été repéré sur une carte géoréférencée (GPS WGS 84) et a fait l'objet d'une documentation importante et précise : localisation, hauteur de prélèvement, distances aux sources de pollution (axes routiers, parkings,...), description de l'environnement immédiat du point de mesures (habitations, ...). L'ensemble de ces renseignements a été regroupé dans des fiches jointes en annexe.

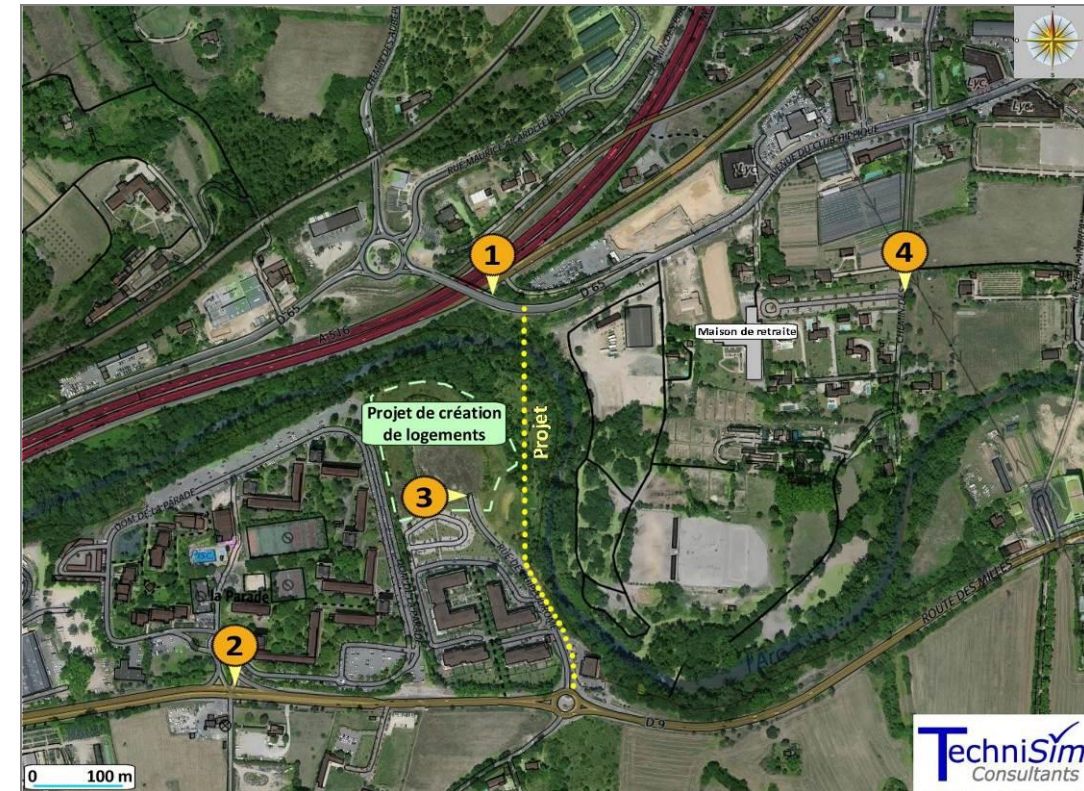
Les descriptifs techniques des appareils de mesure et d'analyse sont retrouvés en annexe.

Le tableau ci-après regroupe les coordonnées des emplacements des points de mesure sur le site.

La figure également ci-après présente les emplacements des points de mesure.

**Tableau 20 : Description des emplacements des points de mesure**

N° point	Latitude WGS 84	Longitude WGS84
1	43.51224 °N	5.42532 °E
2	43.50821 °N	5.42112 °E
3	43.51014 °N	5.42437 °E
4	43.51233 °N	5.43055 °E



**Figure 21 : Emplacements des points de mesure *in situ***

### 11.2. MESURES DES PARTICULES PM10 ET PM2.5

Les mesures ont été effectuées au moyen d'un néphélomètre permettant une mesure en temps réel de la concentration massique des poussières en suspension dans l'air.

Les mesures ont été réalisées le **14 juin 2016** ainsi que le **27 juin 2016** sur une période d'environ 5 minutes par point pour chacun des types de particules.

Ce sont des relevés ponctuels permettant de connaître de façon indicative, à un moment donné, les niveaux des particules présentes dans l'air ambiant.



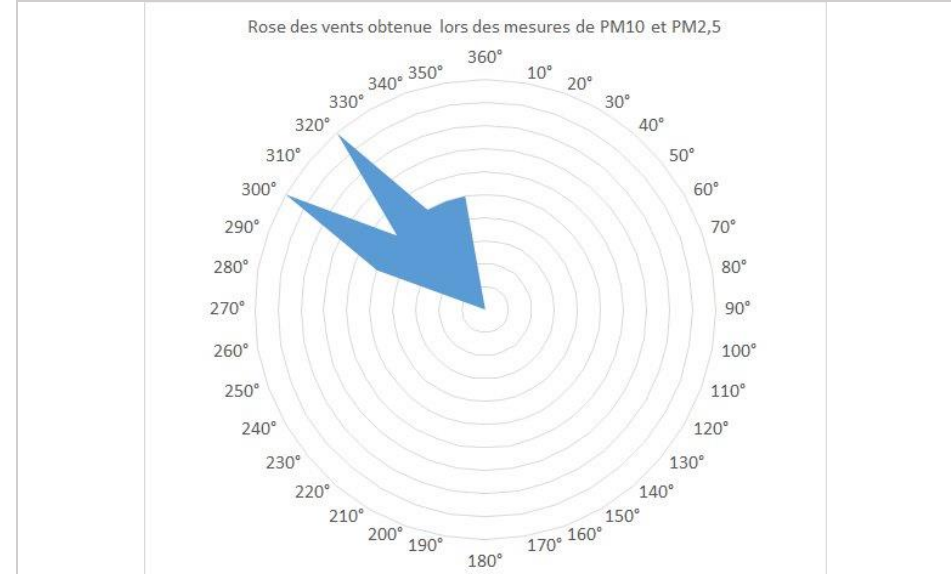
**Figure 22 : Néphélogène**

❖ Conditions météorologiques observées le 14 juin 2016

Les conditions météorologiques étaient estivales, anticycloniques avec quelques nuages. La pression atmosphérique était d'environ 1002,8 hPa avec des températures d'environ 22,8°C et une humidité comprise entre 33% et 39%. Lors des mesures, il a soufflé des vents de secteur Nord-Ouest et Nord-Nord-Ouest, de vitesses moyennes comprises entre 10 et 15 km/h. Les rafales enregistrées ont atteint des vitesses de 39 km/h. Le tableau ci-après récapitule les paramètres météorologiques enregistrés lors des mesures.

**Tableau 21: Paramètres mesurés lors des mesures le 14 juin 2016**

	Maximum	Moyenne	Minimum	Écart-type
Température [°C]	23.3	<b>22.8</b>	22.4	0.2
Pluviométrie [mm/1h]	0.0	<b>0.0</b>	0.0	0.0
Humidité	39%	<b>36%</b>	33%	1%
Vents moyens	15.0	<b>11.5</b>	10.0	1.4
Rafales [km/h]	38.6	<b>27.0</b>	17.7	3.8
Pression atmosphérique [hPa]	1003.5	<b>1002.8</b>	1002.4	0.3

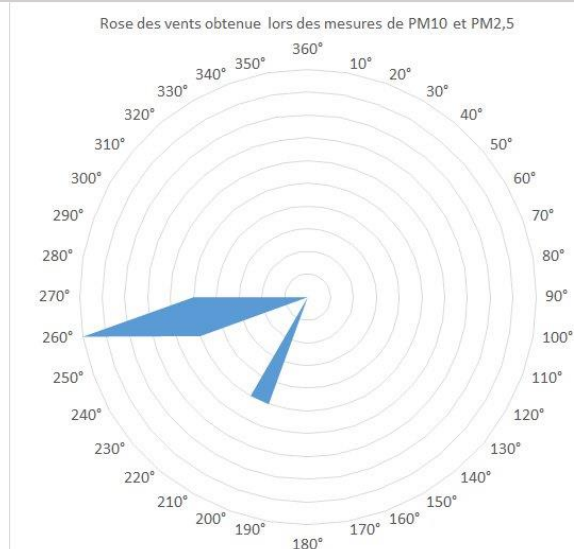


❖ Conditions météorologiques observées le 27 juin 2016

Les conditions météorologiques étaient également estivales, anticycloniques avec quelques nuages. La pression atmosphérique était d'environ 1015 hPa avec des températures d'environ 29,7°C et une humidité comprise entre 28% et 30%. Lors des mesures, il soufflait des vents de secteur Sud-Sud-Ouest et Sud-Ouest, de vitesses moyennes comprises entre 5 et 8 km/h. Les rafales enregistrées atteignaient des vitesses de 25 km/h. Les paramètres météorologiques enregistrés lors de ces mesures sont récapitulés tableau ci-après.

Tableau 22: Paramètres mesurés lors des mesures le 27 juin 2016

	Maximum	Moyenne	Minimum	Écart-type
Température [°C]	30.2	<b>29.7</b>	28.9	0.3
Pluviométrie [mm/1h]	0.0	<b>0.0</b>	0.0	0.0
Humidité	30%	<b>29%</b>	28%	1%
Vents moyens	8.0	<b>5.4</b>	5.0	0.7
Rafales [km/h]	24.1	<b>17.1</b>	12.9	3.1
Pression atmosphérique [hPa]	1015.1	<b>1015.0</b>	1014.8	0.1

❖ Résultats des mesures

Le tableau ci-après indique les résultats des mesures.

Il est possible de constater que, lors des mesures du 14 et du 27 juin 2016, les teneurs sont très faibles.

Tableau 23 : Résultats des mesures des particules PM<sub>2,5</sub>

Particules PM <sub>2,5</sub> [unité : µg/m <sup>3</sup> ]							
	Date	Heure	Durée	Maximum	Moyenne	Minimum	Écart-type
<b>14 juin 2016</b>							
Point 1	14-Juin-16	15:22:15	0:09:40	4.52	<b>2.07</b>	0.66	0.63
Point 2	14-Juin-16	16:04:44	0:05:00	16.03	<b>9.76</b>	4.3	3.08
Point 3	14-Juin-16	16:13:00	0:05:05	10.18	<b>6.74</b>	3.21	1.68
Point 4	14-Juin-16	16:38:18	0:05:05	4.94	<b>2.46</b>	0.92	0.55
<b>27 juin 2016</b>							
Point 1	27-Juin-2016	18:53:55	0:05:10	16,11	<b>3,66</b>	1,61	0,98
Point 2	27-Juin-2016	18:01:14	0:05:05	16,85	<b>4,25</b>	2,02	0,99
Point 3	27-Juin-2016	18:21:42	0:05:10	5,35	<b>3,35</b>	1,72	0,57
Point 4	27-Juin-2016	18:33:47	0:05:05	5,01	<b>3,34</b>	1,82	0,58
<b>Valeur limite pour les PM<sub>2,5</sub></b>				<b>25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle</b>			

Tableau 24 : Résultats des mesures des particules PM<sub>10</sub>

Particules PM <sub>10</sub> [unité : µg/m <sup>3</sup> ]							
	Date	Heure	Durée	Maximum	Moyenne	Minimum	Écart-type
<b>14 juin 2016</b>							
Point 1	14-Juin-16	15:33:08	0:13:39	12,29	<b>3,34</b>	0,39	1,37
Point 2	14-Juin-16	15:57:43	0:06:05	13,64	<b>5,20</b>	1,43	1,91
Point 3	14-Juin-16	16:18:37	0:05:15	16,73	<b>5,92</b>	3,5	1,39
Point 4	14-Juin-16	16:32:30	0:05:10	13,53	<b>5,04</b>	1,89	1,37
<b>27 juin 2016</b>							
Point 1	27-Juin-2016	18:48:12	0:05:10	22,42	<b>6,35</b>	3,45	1,89
Point 2	27-Juin-2016	18:07:08	0:05:10	12,34	<b>6,06</b>	0,76	1,59
Point 3	27-Juin-2016	18:15:45	0:05:10	8,51	<b>4,55</b>	1,49	0,84
Point 4	27-Juin-2016	18:39:38	0:05:10	7,89	<b>5,16</b>	2,43	0,93
<b>Valeur limite pour les PM<sub>10</sub></b>				<b>50 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle</b>			





Figure 23 : Résultats des mesures des particules PM10 et PM2,5

#### ❖ Analyses des mesures

Lors de la campagne, les concentrations mesurées en particules PM2,5 et PM10 sont inférieures aux seuils réglementaires.

Le tableau ci-contre présente le rapport PM2,5/PM10.

Les particules fines PM10 englobent l'ensemble des particules dont la taille est inférieure à 10 µm. Ainsi, les particules fines PM2,5 (dont la taille est inférieure à 2,5µm) sont incluses dans les PM10.

Toutefois, les mesures des PM10 et de PM2,5 ne sont pas simultanées, ce qui explique que sur certains points, les taux de PM10 sont inférieurs à ceux des PM2,5. En effet, le passage

d'un poids lourds ou d'un véhicule diesel suffit à entrainer une hausse ponctuelle des teneurs en PM2,5.

Tableau 25: Rapport entre les concentrations de PM2,5 et PM10

	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
14 juin 2016	61,94%	187,55%	113,80%	48,68%
27 juin 2016	57,65%	70,20%	73,57%	64,64%

Le tableau ci-après présente les résultats obtenus aux stations de mesures d'AIRPACA. Les stations considérées sont celles de Salon-de-Provence, Aix Roy René, Aix École d'Art. Il est possible de constater que les résultats sont inférieurs.

Tableau 26: Mesures obtenues aux stations d'AIR PACA pour la même période – PM10 et PM2,5

	Salon de Provence	Aix Roy René	Aix École d'Art	Aix École d'Art
	Particules PM10	Particules PM10	Particules PM10	Particules PM2.5
14 juin 2016 – Moyenne horaire	6,0	20,7	12,7	4,3
27 juin 2016 – Moyenne horaire	28,3	27,0	20,7	12,3

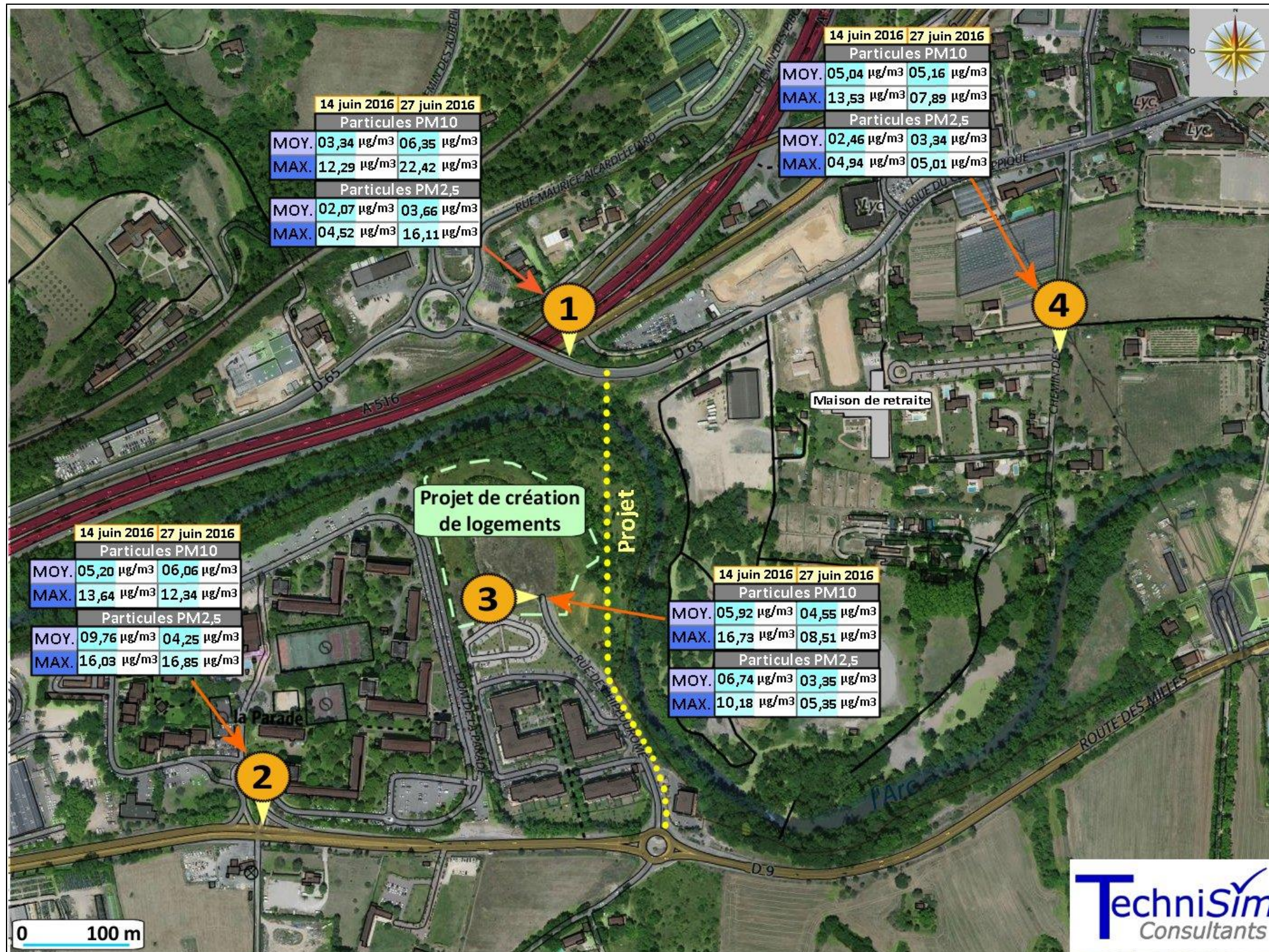


Figure 24 : Résultats des mesures in situ – particules PM10 et PM2,5

### 11.3. RESULTATS DES MESURES PAR TUBES PASSIFS

Les mesures des teneurs du dioxyde d'azote et des BTEX, ont été effectuées avec des tubes passifs. Ce type de dispositif de mesure est facile à mettre en œuvre et représente une bonne alternative aux appareils de mesure automatiques, puisqu'il permet d'étudier un large territoire sans engager d'investissements lourds, tout en assurant la qualité de la mesure.

La figure ci-après présente les dispositifs d'échantillonnage passifs.

Les dispositifs sont présentés en annexe et en détail.



Figure 25 : Dispositifs d'échantillonnage passifs

L'échantillonnage passif consiste à exposer à l'air libre pendant une durée fixe.

Cette technique de surveillance permet de connaître les concentrations moyennes de fond.

Les alertes à la pollution (concentration horaire pour les pointes de pollution) ne peuvent donc être détectées par ce type de technique.

Dans le cas présent, les tubes ont été exposés du **14 juin au 27 juin 2016** avant d'être ensuite transmis au laboratoire accrédité pour analyse.

#### ❖ Conditions météorologiques observées durant la période d'exposition

Les températures enregistrées lors de la campagne de mesure *in situ* ont été dans l'ensemble plus chaudes que les normales de saison (période 1981-2010), en particulier pour les températures minimales.

Lors de la campagne de mesure, les vents enregistrés sont en majorité :

- Des vents de secteur Nord-Nord-Est ;
- Des vents d'Est et du Sud-Sud-Ouest.

Les vitesses moyennes horaires enregistrées sont en majorité inférieures à 10 km/h, avec des rafales pouvant atteindre 35 km/h.

Lors des mesures *in situ*, le cumul des précipitations a été de 0,8 mm sur 14 jours. La normale étant de 26,3 mm pour le mois de juin.

Lors des mesures *in situ*, l'ensoleillement total a atteint 116,3 heures, ce qui est conforme aux normales saisonnières. En effet, l'ensoleillement normal est de 333,4 heures pour le mois de juin.

#### ❖ Résultats des mesures – Dioxyde d'azote

Le tableau ci-dessous présente les résultats des mesures.

Tableau 27 : Résultats des mesures du NO<sub>2</sub> [unité : µg/m<sup>3</sup>]

	Point N°1	Point N°2	Point N°3	Point N°4
NO <sub>2</sub>	38,1	29,5	17,6   17,2 (doublet)	20,9 < 0,4 (blanc)

#### Validité des mesures

L'écart doublet ou « écart relatif » entre les doublons d'un point de mesure de NO<sub>2</sub> permet de définir la dispersion des résultats.

Cet indice est calculé selon la formule suivante :

$$ER[\%] = 100 \times \left| \frac{m - a}{m} \right|$$

$$\text{avec : } \begin{cases} m = \frac{a + b}{2} \\ a : \text{Concentration mesurée pour l'échantillonneur A} \\ b : \text{Concentration mesurée pour l'échantillonneur B} \end{cases}$$

Dans la présente étude, un doublet a été réalisé au point N°3.

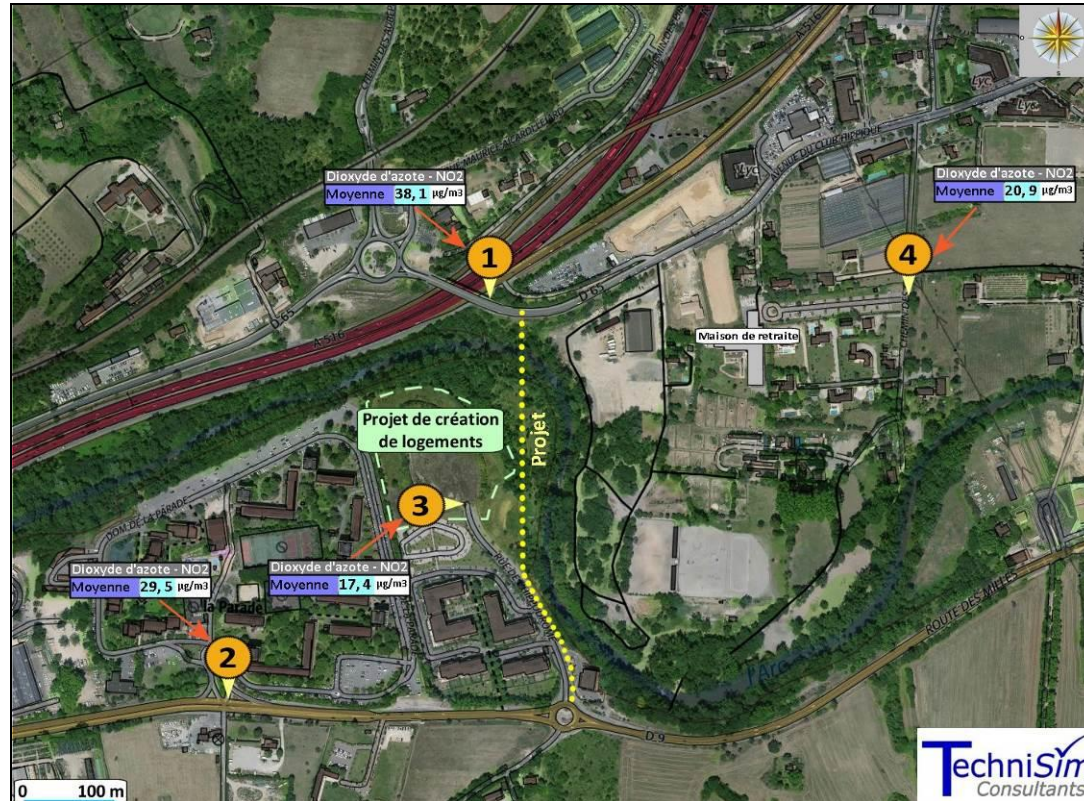
L'écart doublet calculé est de 1,19% ; ce qui confirme une répétabilité correcte de la méthode de mesure (≈5%).

**Analyse des résultats**

Les résultats sont très en dessous de la valeur limite de 200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, mais sont proches de celle de 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle au point N°1.

Les résultats sont cohérents avec la configuration du site ; les valeurs les plus importantes étant obtenues à proximité de l'autoroute A516 (point N°1) et de la route D9 (point N°2) où les trafics sont les plus importants.

La figure ci-après présente la cartographie des résultats.



**Figure 26: Cartographie des résultats – Dioxyde d'azote**

Le tableau ci-après présente les résultats obtenus aux stations de mesures d'AIRPACA. Les stations considérées sont celles de Salon-de-Provence, Aix Roy René, Aix École d'Art. Les résultats sont inférieurs à ceux mesurés aux stations d'AIR PACA pour la station Aix Roy René, qui est située au centre-ville. Pour les autres, les teneurs mesurées sont cohérentes.

**Tableau 28: Mesures obtenues aux stations d'AIR PACA pour la même période – NO<sub>2</sub>**

	Salon de Provence	Aix Roy René	Aix École d'Art
Moyenne sur période	12,52	49,06	19,70

❖ **Résultats des mesures – BTEX**

Le tableau ci-dessous présente les résultats des mesures. Il est également présenté le ratio toluène/ benzène. L'objectif d'une telle détermination étant de différencier les éventuelles sources de toluène et de benzène susceptibles d'être à l'origine des concentrations mesurées dans l'air ambiant.

**Le rapport Toluène/Benzène, calculé en situation trafic, est habituellement compris entre 2 et 5.** Il est par ailleurs intéressant de noter que le ratio toluène/benzène dans les gaz d'échappement d'un moteur à essence est de l'ordre de 5 (Guibet, J.C., 2005), alors que, dans l'essence, il est rapporté par plusieurs sources comme étant de l'ordre de 9 (ECB, 2003).

Dans le cas présent, cet indice vacille entre 1,51 et 2,94.

**Tableau 29 : Résultats des mesures des BTEX [unité : µg/m<sup>3</sup>]**

	Point N°1	Point N°2	Point N°3	Point N°4
<b>Benzène</b>	0,87	0,67	0,69	0,45
<b>Toluène</b>	2,08	1,67	1,05	1,33
<b>Ethylbenzène</b>	0,77	0,65	0,32	0,46
<b>Xylènes</b>	3,69	2,38	1,73	2,39
p-xylène	1,40	0,77	0,52	0,94
m-xylène	1,36	0,97	0,69	0,71
o-xylène	0,93	0,65	0,52	0,74
<b>Rapport T/B</b>	<b>2,40</b>	<b>2,50</b>	<b>1,51</b>	<b>2,94</b>

Les concentrations de BTEX sont très faibles sur l'ensemble des points mesurés.

Les teneurs de benzène sont inférieures aux concentrations ubiquitaires proposées par l'INERIS dans son document « *Exposition par inhalation au benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) dans l'air - Sources, mesures et concentrations [21/12/2004]* ».

**Tableau 30: Concentrations ubiquitaires moyennes de BTEX dans différents environnements**

Environnement	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes
<b>Air ambiant rural</b>	1,5 (médiane journalière USA) < 2 (France 2000 à 2004)	3 à 5	0,4 à 0,8	1 (tous les isomères) 0,38 (m et p)
<b>Air ambiant urbain</b>	1,2 à 14,6 3 à <10 (France 2000 à 2004)	8 à 62	1,1 (médiane)	12 (m et p) 1,7 à 3,3 (o) 4,9 à 8,9 (m et p)

Les teneurs d'éthylbenzène et de toluène, sont conformes aux concentrations ubiquitaires proposées par l'INERIS pour un milieu rural.

Les teneurs des xylènes sont conformes aux ubiquitaires proposées par l'INERIS.

Pour information, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) recommande des niveaux d'exposition (concentrations et durées) au-dessous desquels il n'a pas été observé d'effets nuisibles sur la santé humaine ou sur la végétation.

Ces niveaux sont présentés dans le tableau ci-après.

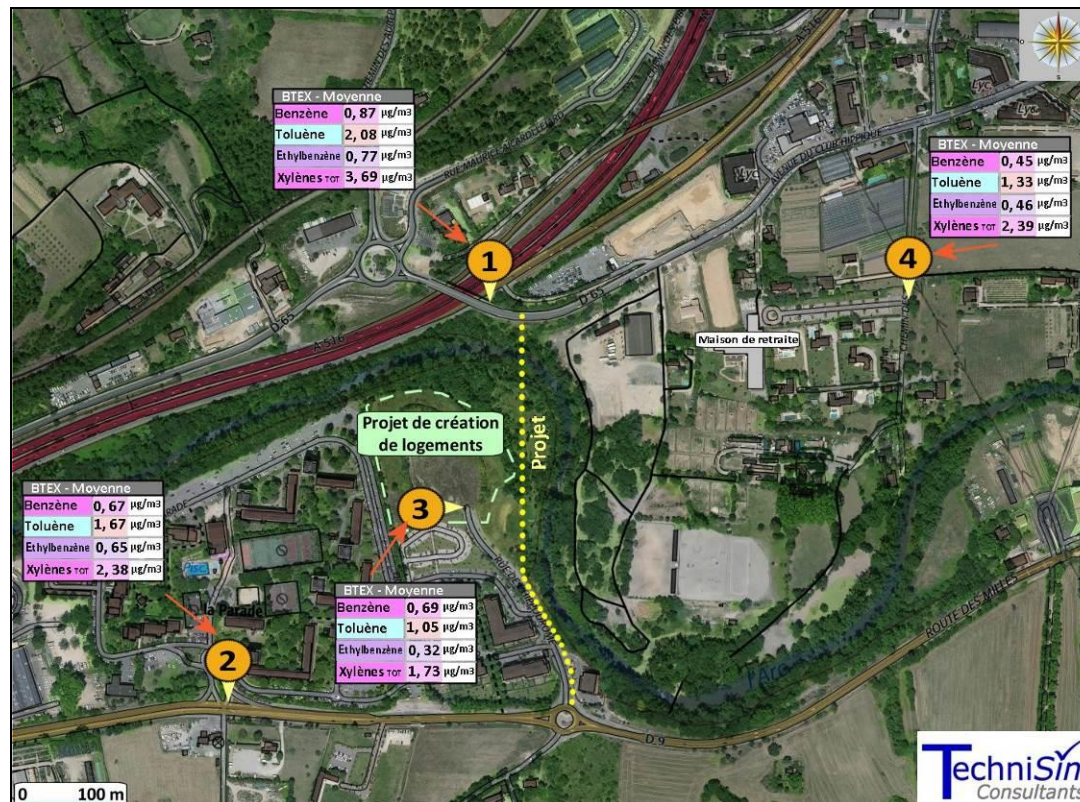
Les niveaux mesurés *in situ* sont très inférieurs.

**Tableau 31: Recommandations de l'OMS [unité :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

Durée d'exposition	NO <sub>2</sub>	Benzène	Toluène	Ethybenzène	Xylènes
1 heure	200				
24 heures					4800
Semaine			260		
Année	40			22 000	
Sur 70 ans		1,7*			

\*pour un excès de risque de développer une leucémie égal à  $10^{-5}$  [ERUi =  $6 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ]

La figure ci-après présente la cartographie des résultats.



**Figure 27: Cartographie des résultats – BTEX**

## 11.4. SYNTHÈSE

Les concentrations de dioxyde d'azote et de BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes), mesurées du 14 au 27 juin 2016, sont conformes aux valeurs limites définies dans la réglementation.

Les résultats sont cohérents avec la configuration du site ; les valeurs les plus importantes étant obtenues à proximité des voies de circulation importantes.

Par ailleurs, les concentrations mesurées en particules PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> lors de la campagne sont inférieures aux seuils réglementaires.

# Analyses des impacts

## 12. CONTENU DE L'ANALYSE DES IMPACTS

La réalisation de ce projet va entraîner des modifications de trafic dont les conséquences sur la qualité de l'air et la santé doivent être analysées.

Pour rappel, d'après la Circulaire interministérielle du 25 février 2005, les études de type II requièrent une simple information des effets de la pollution atmosphérique sur la santé.

Le contenu des études de niveaux II est le suivant :

- Estimation des émissions de polluants au niveau du domaine géographique d'étude ;
- Qualification de l'état initial par des mesures *in situ* ;
- Estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet ;
- Comparaison des variantes et de la solution retenue sur le plan de la santé *via* un indicateur sanitaire simplifié ;
- Analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité ;
- Évaluation des risques sanitaires au niveau des sites sensibles.

Pour une étude de niveau II, les polluants à prendre en compte, définis selon une base réglementaire, sont les suivants :

- Les oxydes d'azote NOx (= NO + NO<sub>2</sub>)
- Le monoxyde de carbone CO ;
- Les particules émises à l'échappement ;
- Le dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> ;
- Les hydrocarbures ;
- Le benzène C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> ;
- La pollution particulaire : nickel (Ni) et cadmium (Cd).

## 13. IMPACTS DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR EN PHASE CHANTIER

Les travaux de construction peuvent polluer l'environnement. Selon le type et la taille du chantier, les effets sont très limités à la fois géographiquement et dans le temps. Néanmoins, sur un grand chantier avec une activité longue et intensive, ils peuvent s'avérer importants.

Il importe en premier lieu de faire la distinction entre les différentes catégories d'émissions atmosphériques rencontrées sur un chantier :

- **Les gaz d'échappement des machines et engins** : les moteurs à combustion des machines et engins rejettent des polluants tels que les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, les composés organiques volatils et les poussières fines ;
- **Les émissions de poussières** : les poussières sont générées lors des travaux d'excavation et d'aménagement, mais également lors du transport, de l'entreposage et du transbordement de matériaux sur le chantier. L'utilisation de machines et de véhicules soulève en permanence des tourbillons de poussière. Le traitement mécanique d'objets et les opérations de soudage libèrent également de la poussière ;
- **Les émissions des solvants** : l'emploi de solvants, ou de produits en contenant, engendre des émissions de composés organiques volatils [COV] ;
- **Les émissions d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques [HAP]** : le bitume utilisé pour le revêtement des voies de circulation, les aires de stationnement et les trottoirs, émet des HAP dont certains sont cancérigènes.

### 13.1. QUANTIFICATION DES EMISSIONS LIEES AUX ACTIVITES DU CHANTIER

Il est complexe de quantifier les émissions d'un chantier. La quantification des émissions appelant un nombre important de données, il n'est pas possible, au niveau actuel de l'étude, de quantifier les émissions atmosphériques du chantier.

### 13.2. MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS LIEES AUX ACTIVITES DU CHANTIER

Afin de limiter les émissions atmosphériques provenant du chantier, il est possible de mettre en œuvre certaines mesures.

❖ **Mesures de réduction des gaz d'échappement des engins**

Deux types de mesures existent :

- Les mesures techniques ;
- Les mesures comportementales.

Les moteurs diesel, s'ils ne sont pas équipés de systèmes de filtres à particules efficaces, occasionnent des émissions de poussières fines particulièrement nocives pour la santé, dont des suies de diesel cancérigènes. L'utilisation d'un filtre à particules sur ces engins permet de réduire de 95 % la teneur en particules des gaz d'échappement.

L'entretien des machines peut également agir sur les émissions, étant donné que des machines mal entretenues génèrent davantage d'émissions atmosphériques.

Enfin, dans son document « Quelques bonnes pratiques sur chantier », l'APESA<sup>1</sup> propose d'utiliser des carburants dits 'propres' en remplacement du diesel : le gaz de pétrole liquéfié [GPL], le gaz naturel pour véhicules [GNV], les carburants TBTS [Très Basse Teneurs en Soufre] ou encore l'émulsion Eau dans Gazole [EEG]. L'EEG est un mélange de diesel, d'eau, et d'agents émulsifiants. Le principal avantage de l'EEG est de permettre la réduction de 15 à 30 % des rejets de NOx et de 30 à 80 % des émissions de particules carbonées.

Les autres axes de réduction sont relatifs au comportement des opérateurs.

Un moteur diesel consomme environ 4 litres/heure pour un ralenti à 1 000 tours/minute. Les changements de comportement des opérateurs sur chantier en vue de limiter les ralentis sont des moyens reconnus de réduction d'émissions.

❖ **Mesures de réduction des émissions de poussières**

Sur un chantier, les actions responsables de la mise en suspension de poussières sont nombreuses. Une étude d'impact menée par l'Institut Pasteur dans le cadre d'un chantier précis<sup>2</sup> en a ainsi identifiées cinq :

- Les opérations de démolition ;
- La circulation des différents engins de chantiers ;
- Les travaux de terrassement et de remblaiement ;

Et, dans une moindre mesure :

- La découpe de matériaux divers (exemple tuyaux) ;
- Les travaux de soudure.

Pour réduire ces émissions de poussières, certaines actions ciblées peuvent être réalisées :

- L'humidification du terrain, qui permet d'empêcher l'envol des poussières par temps sec en phase de terrassement ;
- L'utilisation de goulottes, pour le transfert des gravats ;
- Le bâchage systématique des camions ;
- La mise en place de dispositifs d'arrosage lors de toute phase ou travaux générateurs de poussières.

❖ **Mesures de réduction des émissions de COV et de HAP**

Les émissions de composés organiques volatils (COV) peuvent notamment être réduites en :

- Utilisant, si possible, des produits contenant peu ou pas de solvants ;
- Refermant bien les tubes, pots et autres récipients immédiatement après usage pour que la quantité de solvant qui s'en échappe soit aussi minime que possible ;
- Utilisant les vernis, colles et autres substances le plus parcimonieusement possible selon les indications du fabricant.

Concernant les opérations de préparation du bitume, de revêtement et d'étanchéité, les mesures de réduction des émissions possibles sont les suivantes :

- Bannissement des préparations thermiques des revêtements/matériaux contenant du goudron sur les chantiers ;
- Emploi de bitumes à faible taux d'émission de polluants atmosphériques (émission réduite de fumées) ;
- Emploi d'émulsions bitumineuses plutôt que de solutions bitumineuses (travaux de revêtement de routes) ;
- Abaissement maximal de la température de traitement par un choix approprié des liants ;
- Utilisation d'asphaltes coulés et de bitumes à chaud et à faibles émanations de fumées ;
- Emploi de chaudières fermées munies de régulateurs de température ;
- Éviter la surchauffe des bitumineux dans les procédés de soudage ;
- Aménagement des postes de soudage, de manière à ce que les fumées puissent être captées, aspirées et séparées.

❖ **Dispositions contractuelles imposées par le maître d'œuvre**

Afin de garantir le respect de l'environnement lors de la phase chantier, le maître d'œuvre doit compléter le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) par des dispositions concernant le déroulement du chantier, visant à diminuer les nuisances propres à celui-ci (bruit, poussière, etc.)

Il définit alors les objectifs environnementaux du chantier et peut demander à l'entreprise d'élaborer un plan d'assurance environnement et de le mettre en œuvre. Il peut demander

<sup>1</sup> L'APESA, est un Centre Technologique en environnement et maîtrise des risques, basé sur 4 sites en Aquitaine (Pau, Lescar, Bidart, Bordeaux)

<sup>2</sup> Institut Pasteur, 2004, "Etude des impacts environnementaux liés à la construction de la nouvelle parcelle", Département Hygiène, Sécurité et protection de l'Environnement.



que les principales actions prévues par ce plan soient décrites dans le mémoire technique remis avec l'offre de l'entreprise et en tenir compte dans la recherche du mieux-disant.

### 13.3. SYNTHÈSE

Il est peu aisé de quantifier les émissions d'un chantier. La quantification des émissions appelant un nombre important de données, il n'est pas possible, au niveau actuel de l'étude, de quantifier les émissions atmosphériques du chantier.

Les principales émissions atmosphériques sont les poussières ainsi que les gaz d'échappements produits par les engins de chantier.

Afin de limiter les émissions atmosphériques provenant du chantier, il est possible de mettre en œuvre certaines mesures

## 14. IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR EN PHASE EXPLOITATION

Afin d'évaluer l'impact du projet sur la qualité de l'air pour les horizons considérés, il est nécessaire de comparer les émissions dans l'air ambiant de composés indicateurs.

Les scénarios et horizons retenus dans l'analyse des impacts afférents au projet sont les suivants :

- Horizon 2015 – Situation actuelle ;
- Horizon 2018 – Mise en service du projet ;
- Horizon 2020 – Mise en service de la liaison RD9-RD8N ;
- Horizon 2035 – Mise en service de tous les projets.

### 14.1. FLUX DE TRAFIC – INDICE VK

La création de la déviation va influencer localement le flux de véhicules.

Pour chaque scénario, les éléments suivants sont utilisés comme données d'entrée par le modèle COPERT IV pour la quantification de la consommation énergétique et des polluants générés au niveau des routes de l'aire d'étude :

- le trafic pour chaque tronçon exprimé en **T**rafic **M**oyen **J**ournalier (TMJ) ;
- la vitesse de circulation ;
- la longueur des brins routiers.

Les données de circulation ont été fournies par le Commanditaire.

Pour la présente étude la vitesse moyenne a été considérée comme étant égale à la vitesse maximale autorisée par défaut.

Les trafics et caractéristiques des brins étudiés sont présentés sur la figure ci-après.

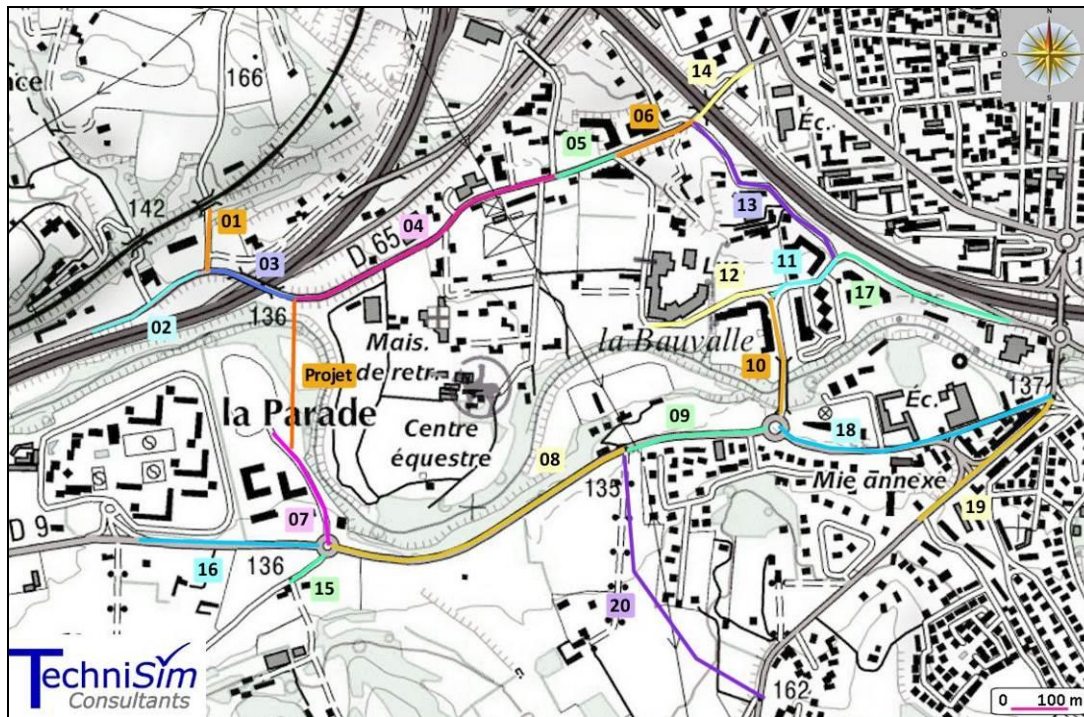


Figure 28: Réseau routier considéré dans l'étude

Les données trafic sont présentées dans les tableaux ci-après.

Tableau 32 : Données du trafic (TMJ) sur l'ensemble du réseau routier étudié - Horizon 2015 - Situation actuelle

		VL		PL	
		TMJA	Vitesse (km/h)	TMJA	Vitesse (km/h)
Brin N°1	Chemin des aubépines	7252	50	148	50
Brin N°2	D65, Avenue du camp de menthe	10976	50	224	50
Brin N°3	D65, Avenue de club hippique	8624	50	176	50
Brin N°4	D65, Avenue de club hippique	8624	50	176	50
Brin N°5	D65, Avenue de club hippique	9408	50	192	50
Brin N°6	D65, Avenue de club hippique	9408	50	192	50
Brin N°7	Rue de l'hippodrome	980	50	20	50
Brin N°8	D9, Route des milles	11172	50	228	50
Brin N°9	D9, Route des milles	11368	50	232	50
Brin N°10	Rue Frédéric Rosa	6468	50	132	50
Brin N°11	Rue Jean Andreani	5782	50	118	50
Brin N°12	Rue Jean Andreani	4802	50	98	50
Brin N°13	Chemin de la Beauvalle	5978	50	122	50
Brin N°14	D65, Avenue de club hippique	9408	50	192	50
Brin N°15	Chemin de la blaque	784	50	16	50
Brin N°16	D9, Route des milles	10878	50	222	50
Brin N°17	Chemin de la Beauvalle	2156	50	44	50
Brin N°18	D9, Route des milles	9408	50	192	50
Brin N°19	D8N, Avenue Fortuné Ferrini	6664	50	136	50
Brin N°20	Liaison RD9-RD8N				
Brin N°21	Projet				

**Tableau 33 : Données du trafic (TMJ) sur l'ensemble du réseau routier étudié - Horizon 2018 – Mise en service du projet**

		VL		PL	
		TMJA	Vitesse (km/h)	TMJA	Vitesse (km/h)
Brin N°1	Chemin des aubépines	1274	50	26	50
Brin N°2	D65, Avenue du camp de menthe	11466	50	234	50
Brin N°3	D65, Avenue de club hippique	9604	50	196	50
Brin N°4	D65, Avenue de club hippique	10584	50	216	50
Brin N°5	D65, Avenue de club hippique	10290	50	210	50
Brin N°6	D65, Avenue de club hippique	10290	50	210	50
Brin N°7	Rue de l'hippodrome	4802	50	98	50
Brin N°8	D9, Route des milles	9702	50	198	50
Brin N°9	D9, Route des milles	9506	50	194	50
Brin N°10	Rue Frédéric Rosa	7448	50	152	50
Brin N°11	Rue Jean Andreani	6664	50	136	50
Brin N°12	Rue Jean Andreani	5292	50	108	50
Brin N°13	Chemin de la Beauvalle	4704	50	96	50
Brin N°14	D65, Avenue de club hippique	10780	50	220	50
Brin N°15	Chemin de la blaque	784	50	16	50
Brin N°16	D9, Route des milles	11172	50	228	50
Brin N°17	Chemin de la Beauvalle	4410	50	90	50
Brin N°18	D9, Route des milles	9408	50	192	50
Brin N°19	D8N, Avenue Fortuné Ferrini	7350	50	150	50
Brin N°20	Liaison RD9-RD8N				
Brin N°21	<b>Projet</b>	4116	50	84	50

**Tableau 34 : Données du trafic (TMJ) sur l'ensemble du réseau routier étudié - Horizon 2020 – Mise en service de la liaison RD9-RD8N**

		VL		PL	
		TMJA	Vitesse (km/h)	TMJA	Vitesse (km/h)
Brin N°1	Chemin des aubépines	1470	50	30	50
Brin N°2	D65, Avenue du camp de menthe	11858	50	242	50
Brin N°3	D65, Avenue de club hippique	10780	50	220	50
Brin N°4	D65, Avenue de club hippique	9800	50	200	50
Brin N°5	D65, Avenue de club hippique	9800	50	200	50
Brin N°6	D65, Avenue de club hippique	9800	50	200	50
Brin N°7	Rue de l'hippodrome	7350	50	150	50
Brin N°8	D9, Route des milles	11662	50	238	50
Brin N°9	D9, Route des milles	10192	50	208	50
Brin N°10	Rue Frédéric Rosa	9408	50	192	50
Brin N°11	Rue Jean Andreani	8526	50	174	50
Brin N°12	Rue Jean Andreani	5292	50	108	50
Brin N°13	Chemin de la Beauvalle	6664	50	136	50
Brin N°14	D65, Avenue de club hippique	10290	50	210	50
Brin N°15	Chemin de la blaque	784	50	16	50
Brin N°16	D9, Route des milles	12838	50	262	50
Brin N°17	Chemin de la Beauvalle	3920	50	80	50
Brin N°18	D9, Route des milles	7546	50	154	50
Brin N°19	D8N, Avenue Fortuné Ferrini	4900	50	100	50
Brin N°20	Liaison RD9-RD8N	4410	50	90	50
Brin N°21	<b>Projet</b>	7350	50	150	50

**Tableau 35 : Données du trafic (TMJ) sur l'ensemble du réseau routier étudié - Horizon 2035 – Mise en service de tous les projets**

		VL		PL	
		TMJA	Vitesse (km/h)	TMJA	Vitesse (km/h)
Brin N°1	Chemin des aubépines	2940	50	60	50
Brin N°2	D65, Avenue du camp de menthe	13720	50	280	50
Brin N°3	D65, Avenue de club hippique	16268	50	332	50
Brin N°4	D65, Avenue de club hippique	10780	50	220	50
Brin N°5	D65, Avenue de club hippique	10780	50	220	50
Brin N°6	D65, Avenue de club hippique	10780	50	220	50
Brin N°7	Rue de l'hippodrome	9800	50	200	50
Brin N°8	D9, Route des milles	11760	50	240	50
Brin N°9	D9, Route des milles	10780	50	220	50
Brin N°10	Rue Frédéric Rosa	8820	50	180	50
Brin N°11	Rue Jean Andreani	8820	50	180	50
Brin N°12	Rue Jean Andreani	5880	50	120	50
Brin N°13	Chemin de la Beauvalle	6860	50	140	50
Brin N°14	D65, Avenue de club hippique	10780	50	220	50
Brin N°15	Chemin de la blaque	980	50	20	50
Brin N°16	D9, Route des milles	19012	50	388	50
Brin N°17	Chemin de la Beauvalle	5880	50	120	50
Brin N°18	D9, Route des milles	8330	50	170	50
Brin N°19	D8N, Avenue Fortuné Ferrini	6860	50	140	50
Brin N°20	Liaison RD9-RD8N	5880	50	120	50
Brin N°21	<b>Projet</b>	9114	50	186	50

L'estimation des flux de trafic est réalisable avec l'indicateur « Véhicules-Kilomètres ». Cet indice prend en considération non seulement le nombre de véhicules (trafic), mais également le trajet réalisé par ces véhicules.

Pour le scénario analysé et si l'on considère N tronçons routiers, l'indicateur VK est calculé selon la formule suivante :

$$VK = \sum_{i=1}^{i=N} (V_i \times L_i)$$

Où : VK = Nombre de « véhicules-kilomètres » [véhicules × km] ;

Vi = Nombre de véhicules sur le tronçon i [véhicules] ;

Li = Longueur du tronçon i [km].

Le nombre VK permet ainsi l'estimation d'un flux de véhicules le long de leur parcours et des émissions potentielles consécutives à ce flux.

Les figures suivantes représentent les indices VK pour les différents horizons et scénarios étudiés.

Les mises en service des différents projets d'aménagement vont entraîner un afflux de véhicules sur la zone par rapport à la situation actuelle.

Pour l'horizon 2018, la mise en service de la liaison RD65-RD9 va entraîner une augmentation de +6,7% de l'indice VK TV par rapport à celui calculé pour l'horizon 2015.

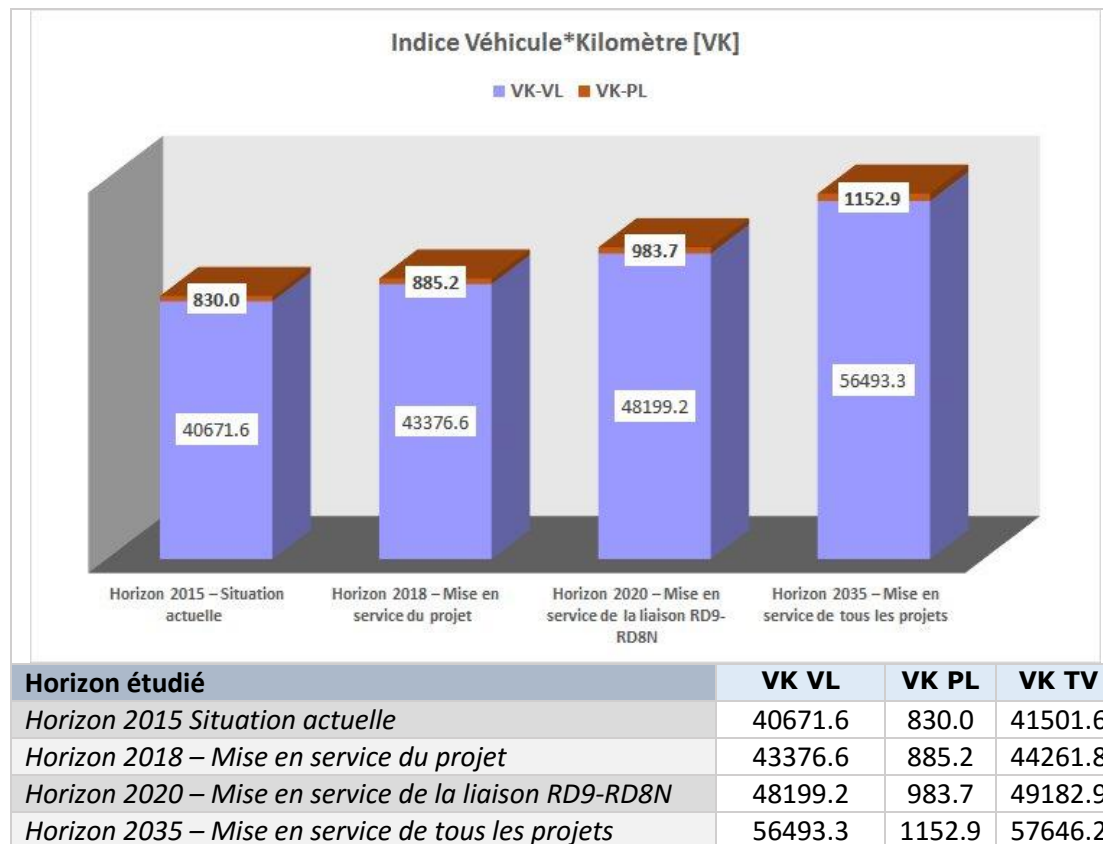


Figure 29 : Flux de trafic (TMJA) : Indice VK

## 14.2. ÉVALUATION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

Le tableau suivant présente les consommations énergétiques moyennes (en kg / jour), calculées à partir des trafics avec le logiciel COPERT IV :

Tableau 36: Consommation de carburant

	Essence [kg/j]		Diesel [kg/j]		
	VP	VUL	VP	VUL	PL
Horizon 2015 – Situation actuelle	384.7	5.5	1276.9	628.4	195.7
Horizon 2018 – Mise en service du projet	345.7	4.0	1415.2	671.2	211.0
Horizon 2020 – Mise en service de la liaison RD9-RD8N	341.8	3.5	1603.0	746.3	236.0
Horizon 2035 – Mise en service de tous les projets	231.8	1.4	1789.3	875.7	282.2

VP : Véhicule particulier VUL : Véhicule Utilitaire Léger PL : Poids-Lourd

Conséquemment à l'augmentation du trafic, les consommations en carburant sont plus élevées pour les horizons futurs.

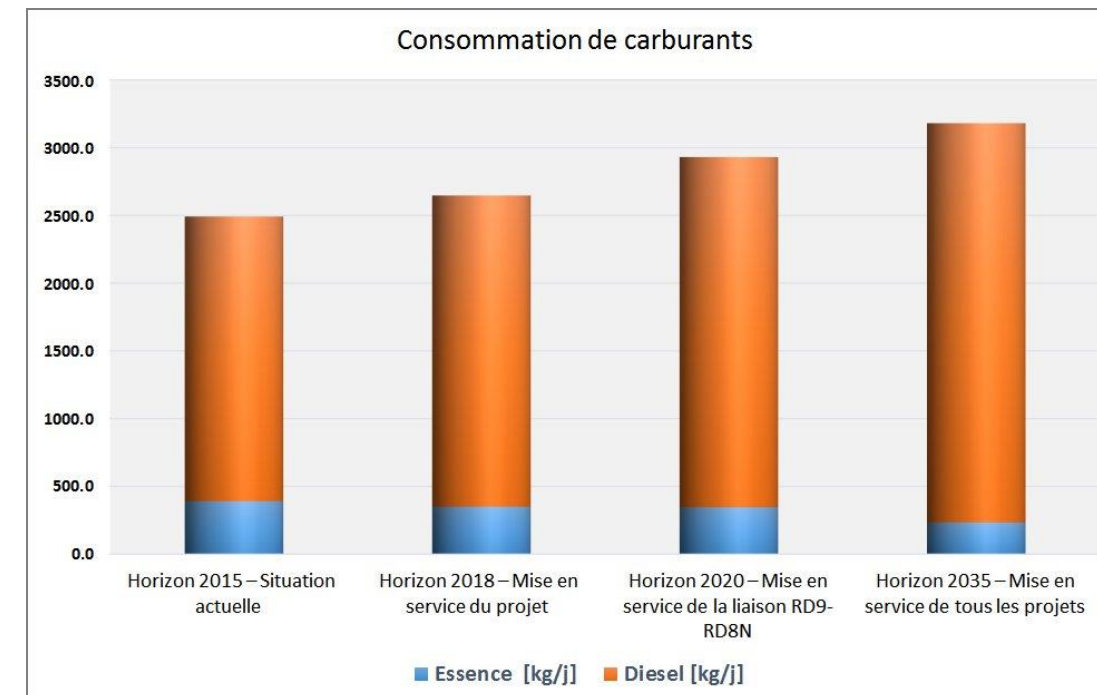


Figure 30: Consommation moyenne de carburant par jour

### 14.3. ÉMISSIONS ATMOSPHERIQUES

#### ❖ Méthodologie

Le calcul des émissions de polluants atmosphériques est réalisé en utilisant la méthodologie et les facteurs d'émissions du logiciel COPERT IV.

COPERT (COmputer Program to calculate Emissions from Road Transport) est un modèle élaboré au niveau européen (MEET1, CORINAIR, etc.) par différents laboratoires ou instituts de recherche sur les transports (INRETS, LAT, TUV, TRL, TNO, etc.).

Diffusé par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), cet outil permet d'estimer les émissions atmosphériques liées au trafic routier des différents pays européens. Bien qu'il s'agisse d'une estimation à l'échelle nationale, la méthodologie COPERT s'applique, dans certaines limites, à des résolutions spatio-temporelles plus fines (1 heure ; 1 km<sup>2</sup>) et permet ainsi d'élaborer des inventaires d'émission à l'échelle d'un tronçon routier, que l'on appellera « brin », ou du réseau routier d'une zone ou d'une agglomération.

Ce modèle COPERT IV, développé sous l'égide de l'Agence Européenne de l'Environnement afin de permettre aux états membres d'effectuer des inventaires homogènes de polluants liés au transport routier, intègre l'ensemble des données disponibles aujourd'hui, et permet en outre le calcul de facteurs d'émission moyens sur une voie donnée ou un ensemble de voies, pour peu que les véhicules circulant sur cette voie constituent un échantillon représentatif du parc national.

COPERT IV est capable d'utiliser le flux de véhicules sur chaque tronçon donné, soit par des comptages, soit par un modèle de trafic. Le flux total par tronçon est alors décomposé par type de véhicule selon la classification européenne PRE ECE, ECE et Euro.

Cette ventilation utilise les données du parc automobile standard français déterminé en 2011 par l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) pour l'intervalle 1990-2030.

Le modèle d'émissions du système européen COPERT IV calcule les quantités de polluants rejetées par le trafic sur les différentes voies de circulation introduites dans le modèle.

Les émissions sont ainsi évaluées d'après les facteurs d'émission de méthodologies reconnues principalement à partir du nombre de véhicules et de la vitesse de circulation ainsi que de la longueur des trajets.

Pour les études de type II, les composés considérés sont les suivants :

- les oxydes d'azote [NO<sub>x</sub>] dont le dioxyde d'azote [NO<sub>2</sub>], le monoxyde de carbone [CO], les hydrocarbures, le benzène [C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>], les particules émises à l'échappement [PM], le dioxyde de soufre [SO<sub>2</sub>],
- ainsi que le nickel [Ni] et le cadmium [Cd] pour la pollution particulaire.

Toutefois, étant donné que l'étude est rehaussée au niveau I au droit des sites sensibles, la liste des composés considérés est augmentée pour comprendre tous les polluants de la Circulaire du 25 février 2005, c'est-à-dire :

- |   |   |
|---|---|
| • Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )              | • Benzo-[a]-pyrène (C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> ) |
| • Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )            | • Arsenic (As)  |
| • Particules en suspension (PM)                   | • Cadmium (Cd)  |
| • Composés Organiques Volatils (COV)              | • Chrome (Cr)   |
| • Acétaldéhyde (CH <sub>3</sub> CHO)              | • Mercure (Hg)  |
| • Acroléine (C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O)     | • Nickel (Ni)   |
| • Benzène (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )        | • Plomb (Pb)  |
| • Buta-1,3-diène (C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> ) | • Baryum (Ba)   |
| • Formaldéhyde (CH <sub>2</sub> O)                | • Monoxyde de carbone (CO)                            |

#### ❖ Résultats du calcul des émissions de polluants atmosphériques

Le tableau ci-après dresse la liste des émissions journalières sur la totalité de la voirie prise en compte dans le domaine de l'étude, sur la base du parc routier moyen français de l'IFSTTAR [Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux].

<sup>1</sup> MEET : Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption - DG Transport, Commission Européenne - 1999.

Tableau 37 : Émissions globales pour les scénarios traités

POLLUANTS	Unité	2015	2018	2020	2035	Évolution		
		Horizon actuel	Mise en service du projet	Mise en service de la liaison RD9-RD8N	Mise en service de tous les projets	2018/2015	2020/2015	2035/2015
<b>Monoxyde de carbone</b>	[kg/j]	31.26	23.49	21.37	14.13	-24.9%	-31.6%	-54.8%
<b>Oxydes d'azote</b>	[kg/j]	23.12	18.67	17.37	10.86	-19.2%	-24.9%	-53.0%
<b>Particules PM10</b>	[kg/j]	3.14	3.05	3.22	3.38	-2.8%	2.7%	7.8%
<b>Particules PM2,5</b>	[g/j]	802.48	558.51	455.61	134.87	-30.4%	-43.2%	-83.2%
<b>Dioxyde de soufre</b>	[g/j]	50.26	53.56	59.44	68.00	6.6%	18.3%	35.3%
<b>COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS</b>								
<b>Acéaldéhyde</b>	[g/j]	73.10	63.01	63.28	60.06	-13.8%	-13.4%	-17.8%
<b>Acroléine</b>	[g/j]	36.26	32.00	32.54	31.82	-11.7%	-10.2%	-12.2%
<b>Formaldéhyde</b>	[g/j]	143.24	120.98	120.39	112.45	-15.5%	-16.0%	-21.5%
<b>Butadiène</b>	[g/j]	28.27	20.19	18.26	13.57	-28.6%	-35.4%	-52.0%
<b>Benzène</b>	[g/j]	127.88	87.01	75.20	45.32	-32.0%	-41.2%	-64.6%
<b>H A P</b>								
<b>HAP</b>	[mg/j]	221.09	224.45	244.59	262.90	1.5%	10.6%	18.9%
<b>Benzo(a)pyrène</b>	[mg/j]	63.88	69.39	77.89	92.71	8.6%	21.9%	45.1%
<b>METAUX</b>								
<b>Arsenic</b>	[mg/j]	2.22	2.35	2.60	3.02	6.1%	17.5%	36.1%
<b>Mercure</b>	[mg/j]	54.70	57.57	63.36	63.36	5.2%	15.8%	15.8%
<b>Baryum</b>	[mg/j]	403.93	430.79	478.69	561.06	6.7%	18.5%	38.9%
<b>Plomb</b>	[mg/j]	0.12	0.13	0.15	0.17	7.4%	19.8%	38.1%
<b>Cadmium</b>	[mg/j]	29.05	30.81	34.11	38.90	6.1%	17.4%	33.9%
<b>Chrome</b>	[mg/j]	174.79	187.16	208.37	243.02	7.1%	19.2%	39.0%
<b>Nickel</b>	[mg/j]	66.36	70.48	78.12	90.28	6.2%	17.7%	36.0%

La mise en service de la liaison RD65-RD9(horizon 2018), n'entraîne pas d'augmentation notable des émissions polluantes.

Seuls les métaux, les HAP et le dioxyde de soufre augmentent par rapport à la situation actuelle.

Les comparaisons des émissions calculées pour les horizons 2020 et 2035 suivent cette même tendance.

À l'exception du dioxyde de soufre, les polluants provenant de la combustion de carburant ont tendance à diminuer pour les horizons futurs par rapport à la situation actuelle. Cela provient des améliorations technologiques associées au développement des véhicules électriques et/ou hydriques.

Les métaux, HAP et PM10 proviennent en partie de l'usure des véhicules ainsi que de l'usure des revêtements routiers. Par conséquent, les augmentations des émissions constatées pour ces composés proviennent de l'augmentation du flux de véhicules sur la zone.

Les figures ci-après présentent les histogrammes obtenus pour les principaux polluants émis par le trafic routier.

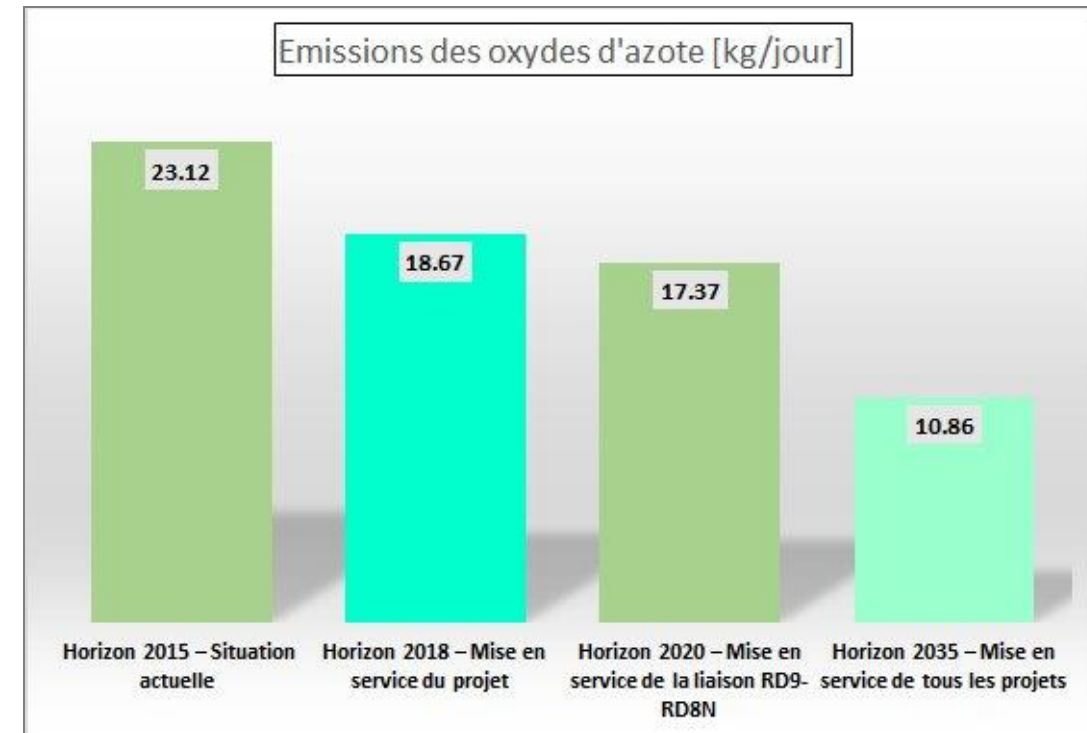


Figure 31 : Émissions journalières – Oxydes d'azote

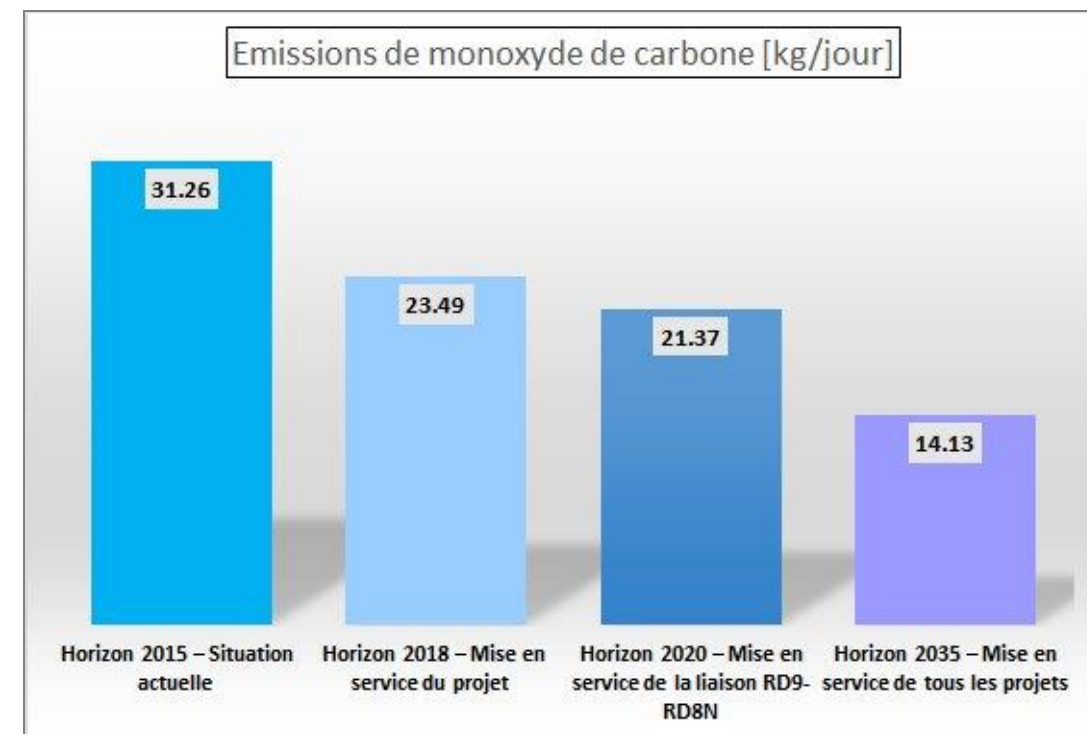


Figure 32 : Émissions journalières – Monoxyde de carbone



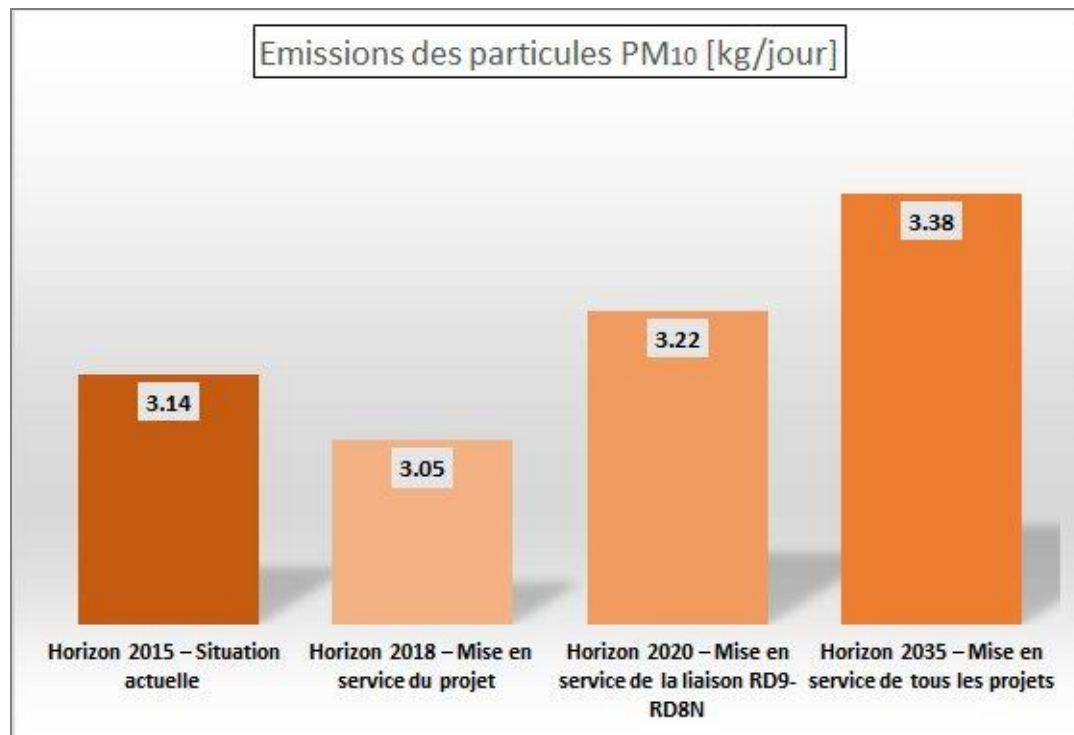
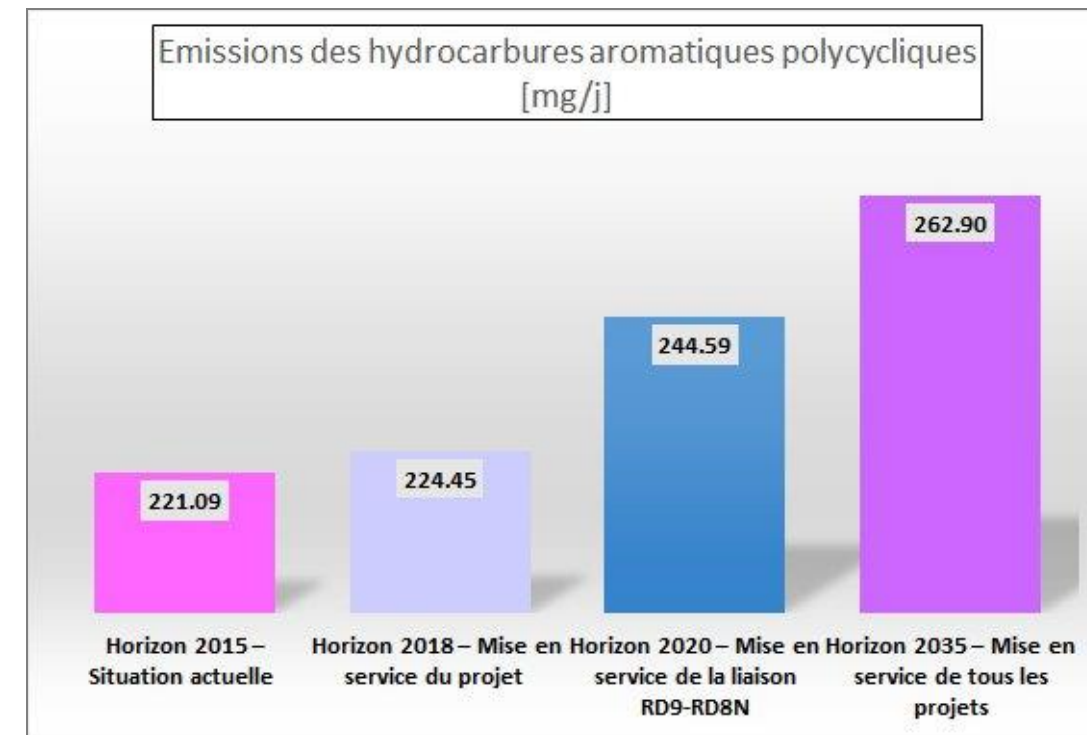
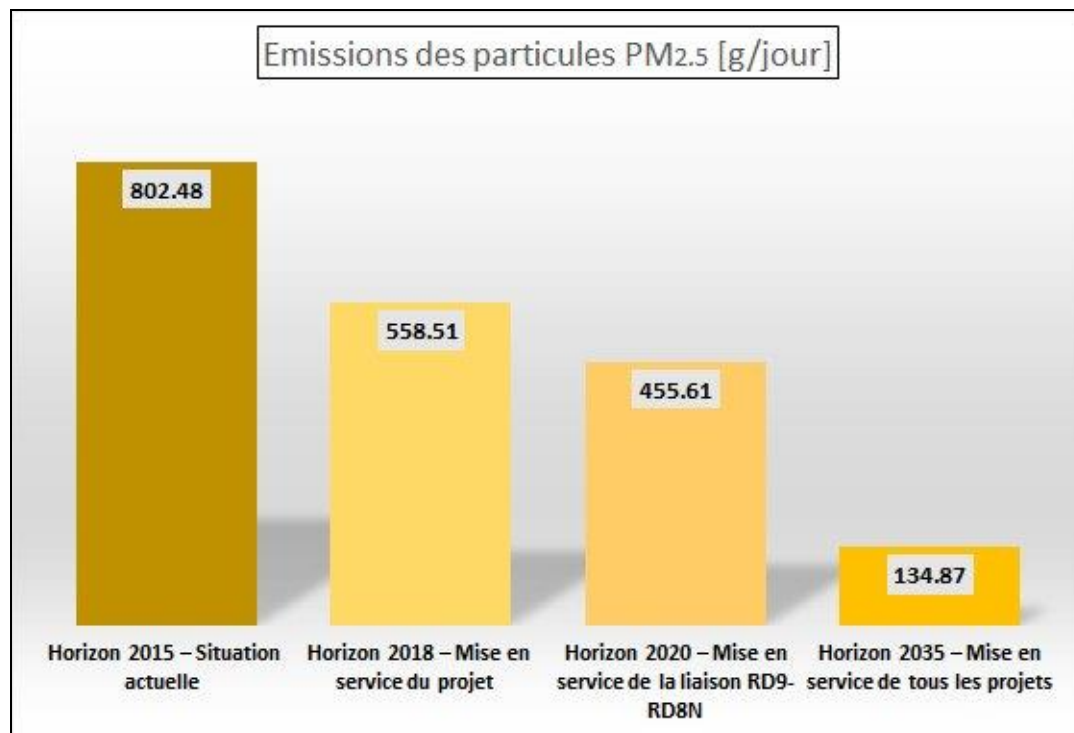
Figure 33 : Émissions journalières – Particules PM<sub>10</sub>

Figure 35 : Émissions journalières – HAP

Figure 34 : Émissions journalières – Particules PM<sub>2,5</sub>

❖ **Résultats du calcul des émissions de gaz à effet de serre**

Le bilan des gaz à effet de serre (GES) émis par l'activité humaine constitue une étape importante dans l'établissement des principes du développement durable, dans une perspective de préservation de l'environnement.

En effet, les GES participent au phénomène d'effet de serre, qui permet à une partie du rayonnement solaire d'être absorbée, puis réémise, cela provoquant le réchauffement de la surface de la terre et de l'atmosphère. Leurs émissions doivent donc être maîtrisées de manière à ne pas assister à une augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre, ce qui pourrait avoir des répercussions néfastes sur l'environnement et les écosystèmes.

Au nom du principe de précaution, la communauté internationale a décidé d'agir pour "prévoir, prévenir ou atténuer les causes de changement climatique et en limiter les effets néfastes" (article 3 de la convention cadre des Nations Unies, signée à Rio de Janeiro en juin 1992 par 154 pays, dont la France). La convention produit des engagements et fournit un cadre de coordination. Les pays signataires s'engagent à mettre en œuvre des mesures pour réduire les émissions de GES.

Le domaine des transports contribue à environ 25 % des émissions de GES avec notamment les transports routiers dont la combustion des carburants dans les moteurs produit des gaz à effet de serre, le plus important étant le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Chaque GES possède un certain pouvoir radiatif. Cette capacité de rayonnement dépend de la qualité chimique du gaz et de sa durée de vie dans l'atmosphère.

Pour établir une grille de comparaison, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) a été choisi comme étalon. Ainsi, les émissions de GES sont-elles quantifiées en tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>, quel que soit le GES considéré.

Les 3 gaz à effet de serre dont les émissions ont été calculées sont les suivants :

- **Le dioxyde de carbone**, ou gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). Principal gaz à effet de serre après la vapeur d'eau, il provient majoritairement de la combustion des énergies fossiles, mais aussi de la déforestation qui libère le carbone de la matière végétale sous forme de CO<sub>2</sub>. Sa durée de vie dans l'atmosphère est de l'ordre de 100 ans.
- **Le méthane** (CH<sub>4</sub>). Une molécule de méthane absorbe en moyenne 34 fois plus de rayonnement qu'une molécule de CO<sub>2</sub> sur la période d'un siècle, son potentiel de réchauffement global (PRG) est donc de 34 ; sur une échéance de 20 ans, son PRG est même de 86.
- **L'oxyde nitreux**, ou protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). Il s'agit du 4<sup>ème</sup> plus important GES dans sa contribution au réchauffement de la planète après la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et le méthane (CH<sub>4</sub>). Son PRG à 100 ans correspond à 298 fois celui du CO<sub>2</sub>.

La quantification en GES a été effectuée ici au moyen du logiciel COPERT IV pour les émissions engendrées par le trafic.

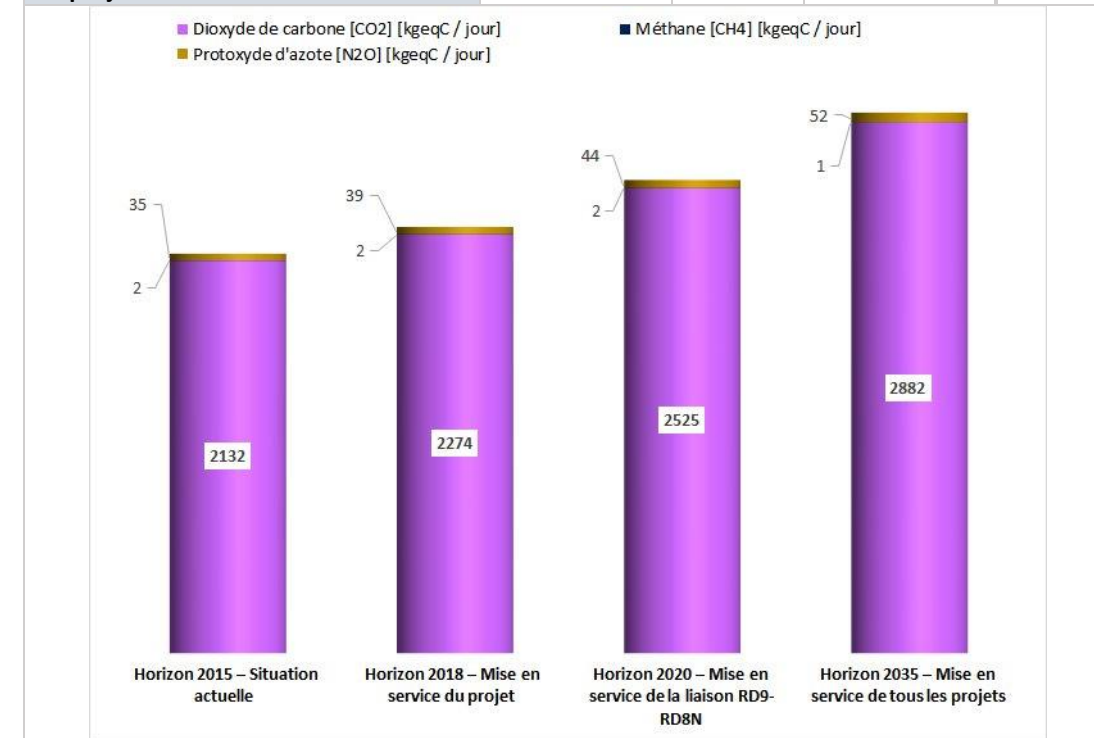
Cette partie traite donc des émissions de GES dues au trafic routier de la voirie prise en compte dans le domaine d'étude.

La quantité moyenne de GES produite par jour – principalement du dioxyde de carbone – est précisée dans le tableau ci-dessous.

Subséquentement à l'augmentation du trafic (indice VK), les émissions de GES pour les scénarios avec projet, sont supérieures à celles calculées par rapport aux situations de référence.

**Tableau 38 : Quantité de GES produits**

	Dioxyde de carbone [CO <sub>2</sub> ]	Méthane [CH <sub>4</sub> ]	Protoxyde d'azote [N <sub>2</sub> O]	Total GES
[Unité : kgeqC / jour]				
<b>Horizon 2015 – Situation actuelle</b>	2132	2	35	<b>2169</b>
<b>Horizon 2018 – Mise en service du projet</b>	2274	2	39	<b>2315</b>
<b>Horizon 2020 – Mise en service de la liaison RD9-RD8N</b>	2525	2	44	<b>2570</b>
<b>Horizon 2035 – Mise en service de tous les projets</b>	2882	1	52	<b>2935</b>



## 14.4. SYNTHÈSE

La mise en place du projet va modifier la répartition de la circulation sur la zone. Cependant l'afflux de véhicules sera limité. Les mises en service des autres projets d'aménagement vont induire un flux de véhicules plus important.

La mise en service de la liaison (horizon 2018), n'entraîne pas d'augmentation notable des émissions polluantes.

À l'exception du dioxyde de soufre, les polluants provenant de la combustion de carburant ont tendance à diminuer pour les horizons futurs par rapport à la situation actuelle. Cela provient des améliorations technologiques associées au développement des véhicules électriques et/ou hybrides.

Les métaux, HAP et PM10 provenant en partie de l'usure des véhicules et des revêtements routiers ont tendance à augmenter par rapport à la situation actuelle, subséquemment à l'augmentation du trafic (indice VK).

## 14.1. SIMULATION NUMÉRIQUE DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

L'objectif de la simulation numérique est d'estimer les concentrations en polluants, aux alentours des sources et au niveau des populations et sites sensibles.

Dans le cas étudié ici, le modèle de dispersion atmosphérique utilisé est le logiciel AERMOD (US EPA).

Les calculs de dispersion se basent sur des taux d'émissions prévisionnels, des données météorologiques et la topographie.

### ❖ Méthodologie

Le modèle AERMOD est présenté par l'AERMIC (American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model Improvement Committee) comme l'état de l'art parmi les modèles de dispersion de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency). Ce modèle a, par ailleurs, été imposé comme modèle de dispersion de l'air obligatoire aux Etats-Unis pour toutes les études réglementaires.

C'est un modèle de type gaussien de dernière génération qui est basé sur la structure turbulente de la couche limite planétaire et des concepts d'échelles, incluant les terrains plats et complexes. Il détermine la vitesse du vent et la classe de stabilité qui donnent lieu aux concentrations maximales.

Ce modèle suppose qu'il n'y a ni déposition lors du transport, ni réaction des polluants.

Ce type de modèle permet de prédire des concentrations au sol de rejets gazeux non réactifs, ou de particules solides.

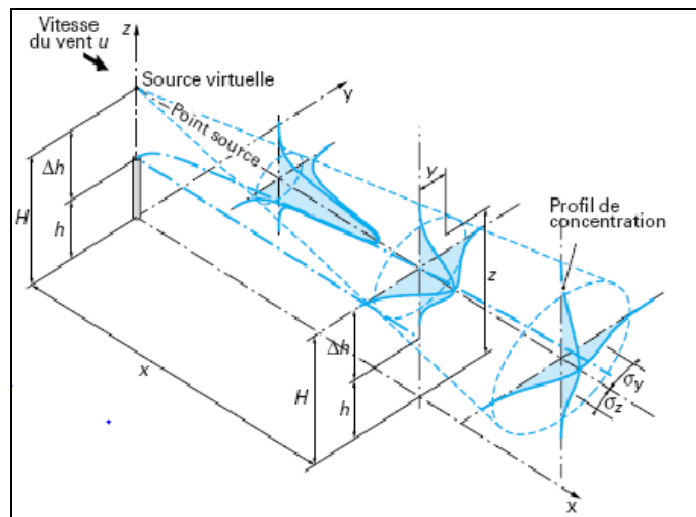
Par ailleurs, les avantages et les limites de ce type de logiciel sont connus et publiés.

AERMOD contient deux préprocesseurs pour la conversion préalable des données météorologiques et topographiques : AERMET et AERMAP.

L'équation de base des modèles gaussiens permettant le calcul des concentrations, est la suivante :

$$C(x, y, z) = \frac{Q_m}{2 \cdot \pi \cdot u_{10} \cdot \sigma_y(x) \cdot \sigma_z(x)} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2(x)}\right) \cdot \left[ \exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2(x)}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2 \cdot \sigma_z^2(x)}\right) \right]$$

- Avec
- C concentration de polluants au point x,y,z (M/L<sup>3</sup>)
  - Q débit de la source de polluants en (M/T)
  - U<sub>10</sub> vitesse moyenne du vent mesurée à 10 m du sol (L/T)
  - σ<sub>y</sub> écart-type de la distribution horizontale de turbulence (L)
  - σ<sub>z</sub> écart-type de la distribution verticale de turbulence (L)
  - h hauteur effective de la source de polluants (L)



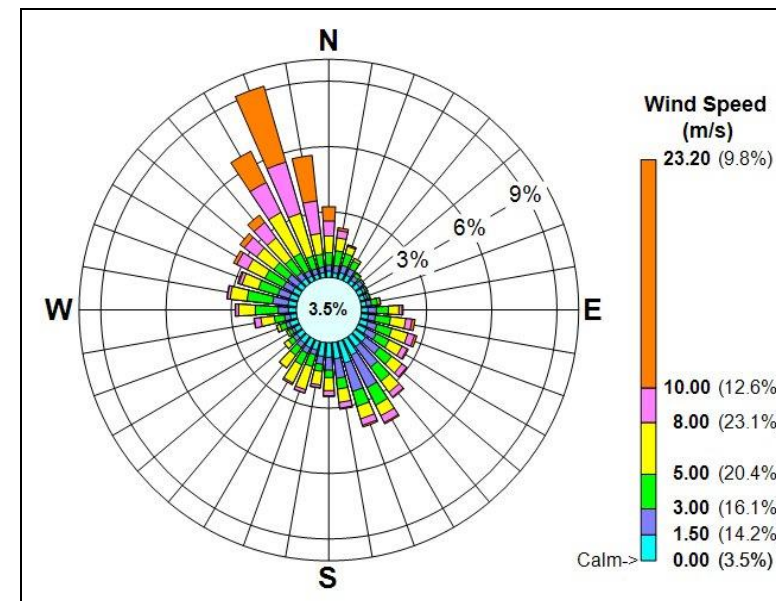
**Figure 36: Modélisation gaussienne d'un panache**

La dispersion atmosphérique des polluants est directement influencée par les conditions météorologiques.

Les paramètres nécessaires aux simulations ont été recueillis par la station météorologique « Aéroport de Marseille-Provence ». Il s'agit des données horaires sur la durée de trois années complètes, à savoir : du 1er janvier 2004 au 31 décembre 2006.

Cette durée permet d'obtenir une bonne représentativité statistique des situations météorologiques rencontrées sur une zone. En effet, selon le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, il est possible de se contenter de trois années météorologiques, surtout si elles ne comportent pas d'évènements exceptionnels (après confirmation avec Météo France).

Par ailleurs, l'utilisation de données horaires permet d'assurer également une bonne représentativité de l'évolution des paramètres.



**Figure 37: Rose des vents utilisée pour les simulations**

La topographie du terrain est intégrée au modèle à l'aide du préprocesseur AERMAP. Les hauteurs de terrain des nœuds du réseau de récepteurs constituent les données d'entrées nécessaires. Les données topographiques ont été acquises auprès de l'IGN (résolution de 250 mètres jugée suffisante au regard de l'homogénéité du relief de la zone d'étude).

Le domaine considéré fait 3,0 kilomètres sur 3,0 kilomètres, centré sur le projet.

Le terrain numérique obtenu est présenté sur la figure ci-après.

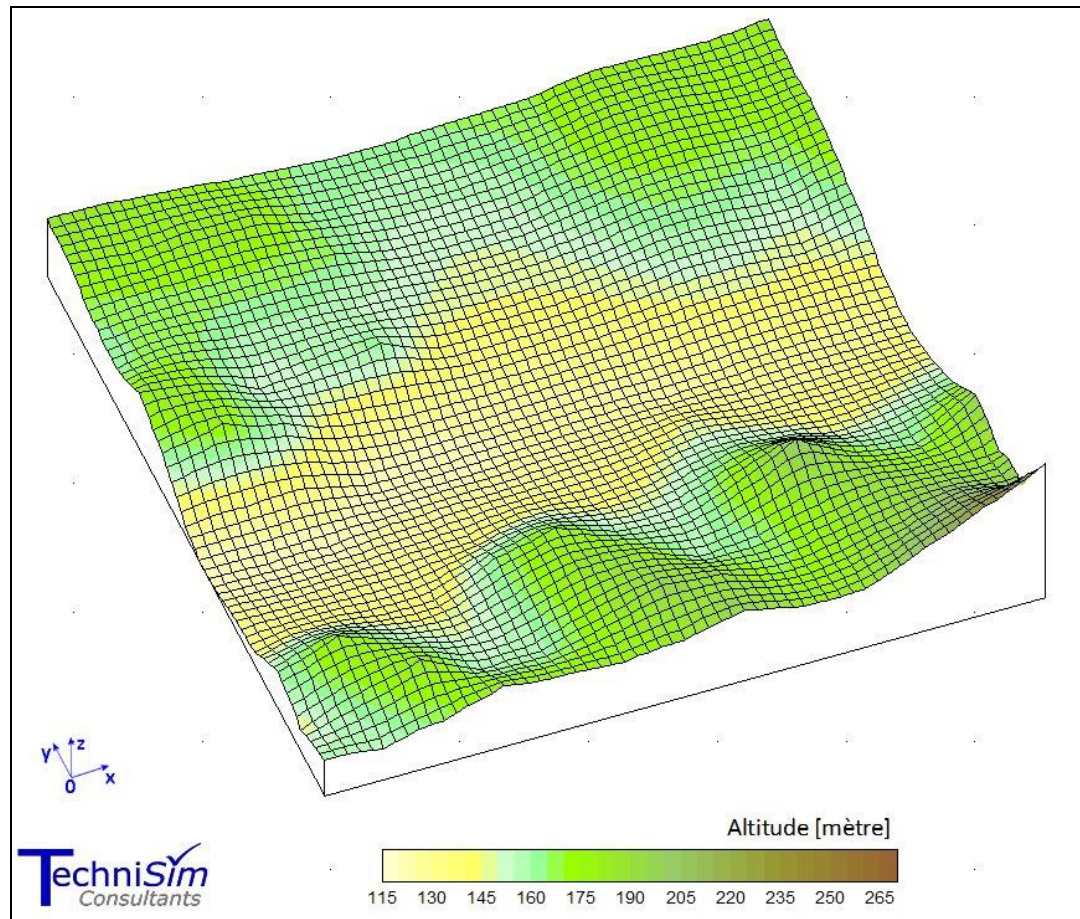


Figure 38: Terrain numérique utilisé dans les modélisations

## ❖ Résultats des simulations

Les résultats que l'on retient sont les concentrations en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à hauteur d'homme. Ils sont obtenus pour chaque scénario de modélisation retenu, et indiqués dans les tableaux qui vont suivre.

*Nota Bene* : Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.

Tableau 39 : Concentrations maximales relevées dans la bande d'étude pour les composés faisant l'objet d'une réglementation

Composés faisant l'objet d'une réglementation [unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]					
Composés	Pas de temps	2015 Actuel	2018 Liaison RD65-RD9	2020 Liaison RD9- RD8N	2035 Tous projets
Dioxyde d'azote	Année	18.19	13.91	12.81	7.75
	Heure	150.30	111.46	109.12	64.89
Particules PM10	Année	2.47	2.28	2.37	2.41
	Jour	8.51	7.45	8.00	8.10
Particules PM2,5	Année	6.32E-01	4.17E-01	3.36E-01	9.63E-02
Dioxyde de soufre	Année	3.96E-02	3.99E-02	4.38E-02	4.86E-02
	Jour	1.36E-01	1.31E-01	1.48E-01	4.06E-01
	Heure	3.27E-01	3.20E-01	3.74E-01	4.06E-01
Monoxyde de carbone	Année	24.71	17.51	15.74	10.09
	Heure	204.21	140.29	134.29	84.38
Benzène	Année	1.01E-01	6.48E-02	5.55E-02	3.24E-02
Plomb	Année	9.68E-08	7.88E-08	1.08E-07	1.21E-07
B[a]P	Année	5.03E-05	5.17E-05	5.74E-05	6.62E-05
Arsenic	Année	1.75E-06	1.75E-06	1.92E-06	2.15E-06
Cadmium	Année	2.29E-05	2.30E-05	2.51E-05	2.77E-05
Nickel	Année	5.23E-05	5.25E-05	5.76E-05	6.44E-05

**Tableau 40: Concentrations maximales relevées dans la bande d'étude pour les composés cités dans la circulaire du 25 février 2005 mais ne faisant pas l'objet d'une réglementation**

Composés indiqués dans la circulaire du 25 février 2005 et ne faisant pas l'objet d'une réglementation [unité : µg/m³]					
Composés	Pas de temps	2015 Actuel	2018 Liaison RD65-RD9	2020 Liaison RD9-RD8N	2035 Tous projets
Acétaldéhyde	Année	5.76E-02	4.70E-02	4.66E-02	4.29E-02
Acroléine	Année	2.86E-02	2.39E-02	2.40E-02	2.27E-02
Butadiène (1,3)	Année	2.23E-02	1.51E-02	1.35E-02	9.69E-03
Formaldéhyde	Année	1.13E-01	9.01E-02	8.87E-02	8.03E-02
HAP	Année	1.74E-04	1.67E-04	1.80E-04	1.88E-04
Baryum	Année	3.18E-04	3.21E-04	3.52E-04	4.01E-04
Chrome	Année	1.38E-04	1.40E-04	1.54E-04	1.73E-04
Mercure	Année	1.74E-04	1.67E-04	1.80E-04	1.88E-04

❖ **Résultats détaillés des substances réglementées**

Les critères nationaux de qualité de l'air sont définis dans le Code de l'environnement (articles R221-1 à R221-3).

Les normes à respecter en matière de qualité de l'air, sont définies dans le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 qui transpose la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 :

- **Objectif de qualité** : 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 ;
- **Seuil d'information et de recommandation** : 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 ;
- **Seuil d'alerte** : 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 de dégradation de l'environnement justifiant l'intervention de mesures d'urgence ;

- **Valeur cible** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible dans un délai donné ;
- **Valeur limite** : seuil maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **Niveau critique** : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.

La liste des substances faisant l'objet d'une réglementation est la suivante :

- Le dioxyde d'azote ;
- Les particules PM10 ;
- Les particules PM2,5 ;
- Le benzène ;
- Le dioxyde de soufre ;
- Le plomb ;
- Le monoxyde de carbone ;
- Le benzo[a]pyrène ;
- L'arsenic, le cadmium, le nickel ;
- L'ozone.

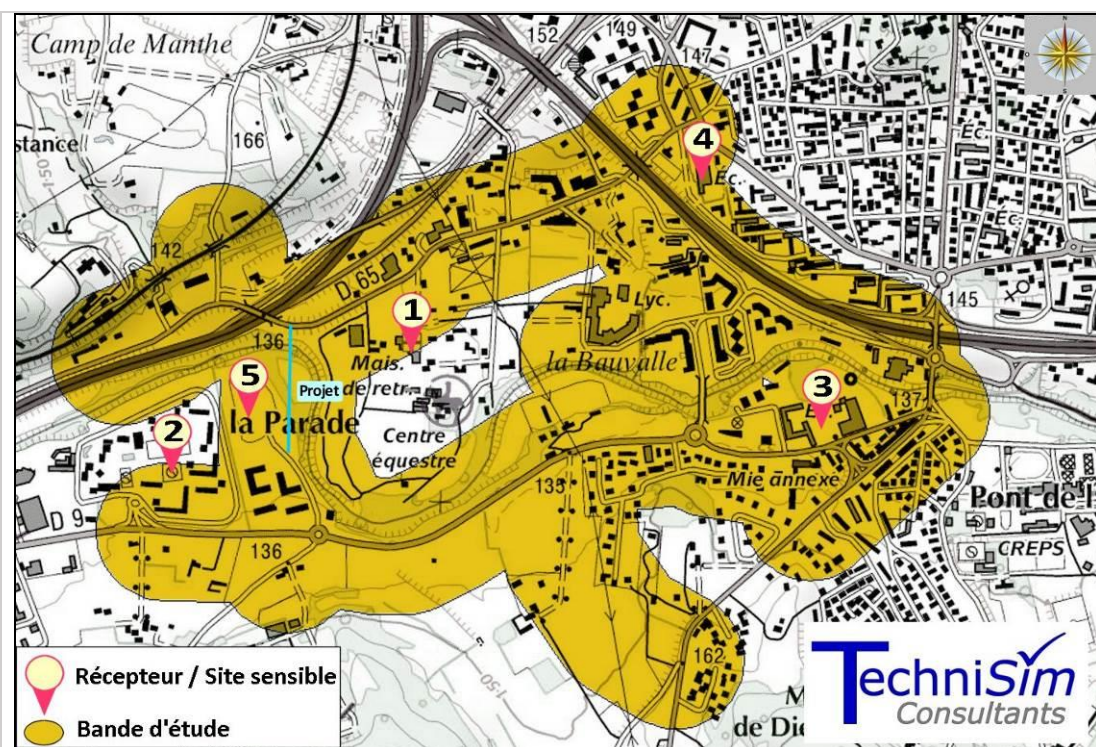
L'ozone est un polluant produit dans l'atmosphère sous l'effet du rayonnement solaire par des réactions entre les oxydes d'azote et les composés organiques volatils émis notamment par les activités humaines.

La modélisation et la prévision des pollutions à l'ozone sont complexes. En effet, la formation de l'ozone est fonction du rayonnement solaire et de la présence de ses précurseurs. Par conséquent, le polluant ozone ne sera pas considéré.

Parmi ces composés, ceux rejetés en quantité par le trafic routier (« traceurs ») sont le dioxyde d'azote, les particules PM10 et PM2,5.

L'analyse des impacts des projets sur la qualité de l'air se portera essentiellement sur les polluants précités.

Les concentrations sont relevées au niveau des récepteurs présentés sur la figure ci-après.



Récepteur N°1	Maison de retraite
Récepteur N°2	Terrains de sport en extérieur
Récepteur N°3	École primaire du Pont de l'Arc
Récepteur N°4	École primaire des Floralties
Récepteur N°5	Habitations créées à proximité du projet)

Figure 39: Localisation des récepteurs

Dioxyde d'azote [NO<sub>2</sub>]

Les tableaux suivants indiquent les valeurs réglementaires relatives au dioxyde d'azote, ainsi que les résultats des modélisations.

D'après les hypothèses considérées, à l'exception du récepteur N°5 (habitations à proximité du projet), les concentrations sont maximales pour l'horizon actuel.

A propos du récepteur N°5, les concentrations sont maximales pour l'horizon 2020, le trafic journalier augmentant de 2800 véhicules/jour entre les horizons 2018 et 2020. Cependant, les baisses des émissions unitaires pour l'horizon 2035 compensent les hausses de trafic.

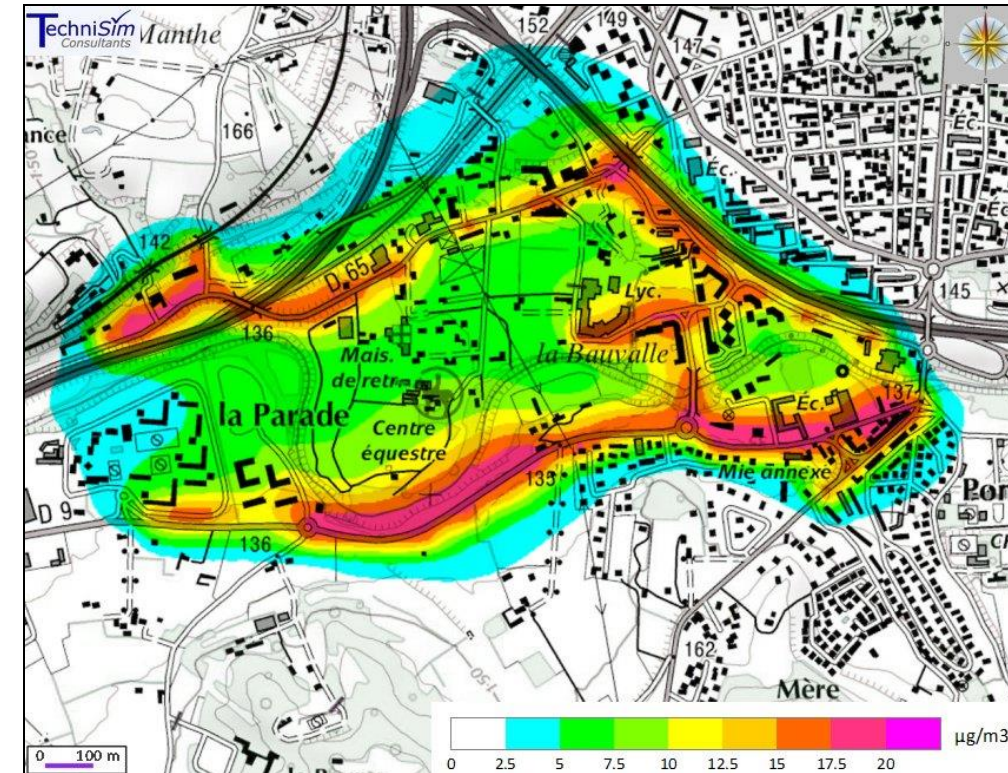
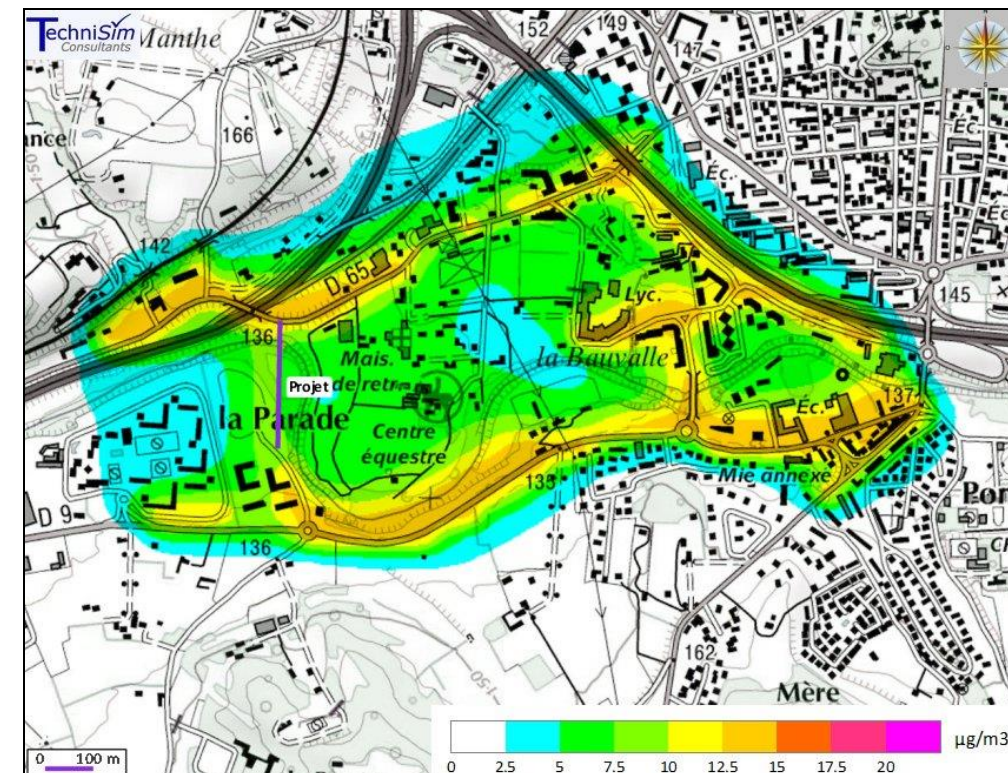
Tableau 41 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne annuelle en µg/m<sup>3</sup>

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Moyenne annuelle	Valeur limite	40 µg/m <sup>3</sup> pour la moyenne annuelle		
	2015 Actuel	2018 Liaison RD65-RD9	2020 Liaison RD9-RD8N	2035 Tous projets
MAXIMUM	18.19	13.91	12.81	7.75
CENTILE 90	11.48	8.94	8.59	5.15
CENTILE 80	7.28	5.78	5.59	3.35
Récepteur 1 Maison de retraite	7.27	5.64	5.59	3.27
Récepteur 2 Terrains de sport	5.62	4.36	4.34	3.12
Récepteur 3 École primaire du Pont de l'Arc	18.19	13.91	9.85	6.00
Récepteur 4 École primaire des Floralties	3.56	2.74	2.48	1.48
Récepteur 5 Habitations créées	5.65	5.49	6.13	3.93
<b>Nota Bene</b>	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.			

**Tableau 42 : Résultats des modélisations pour le dioxyde d'azote – moyenne horaire en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** 

NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Moyenne horaire	Valeur limite	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne horaire (18 dépassements autorisés)			
	2015 Actuel	2018 Liaison RD65- RD9	2020 Liaison RD9- RD8N	2035 Tous projets	
MAXIMUM	150.30	111.46	109.12	64.89	
CENTILE 90	94.04	73.84	68.38	42.20	
CENTILE 80	60.20	47.27	45.13	27.07	
Recp 1	Maison de retraite	56.63	38.30	42.08	24.87
Recp 2	Terrains de sport	50.46	39.10	37.97	29.28
Recp 3	École primaire du Pont de l'Arc	150.30	111.46	84.95	52.15
Recp 4	École primaire des Florales	31.05	22.52	21.86	12.34
Recp 5	Habitations créées	52.24	51.99	60.81	38.92
<b>Nota Bene</b>	<i>Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.</i>				

Les figures qui suivent présentent la cartographie des isocontours des différents horizons étudiés.

**Figure 40 : Horizon 2015 Situation actuelle – concentration (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) moyenne annuelle en NO<sub>2</sub>****Figure 41 : Horizon 2018 Mise en service du projet – concentration (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) moyenne annuelle en NO<sub>2</sub>**



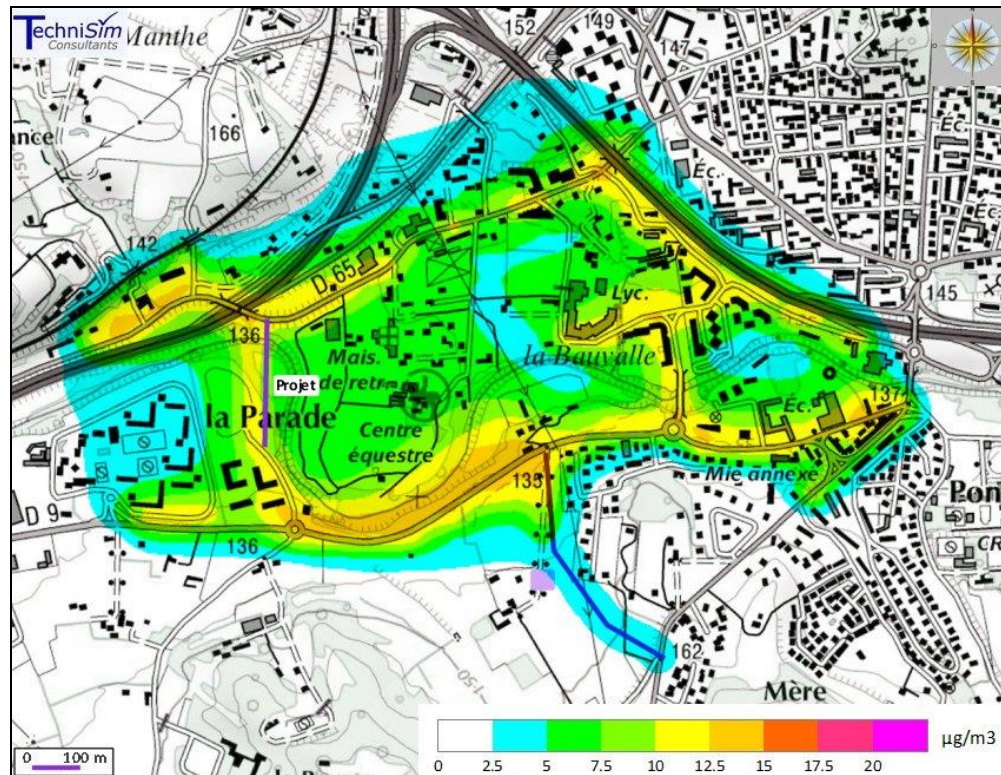


Figure 42 : Horizon 2020 Mise en service de la liaison RD9-RD8N- concentration (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) moyenne annuelle en  $\text{NO}_2$

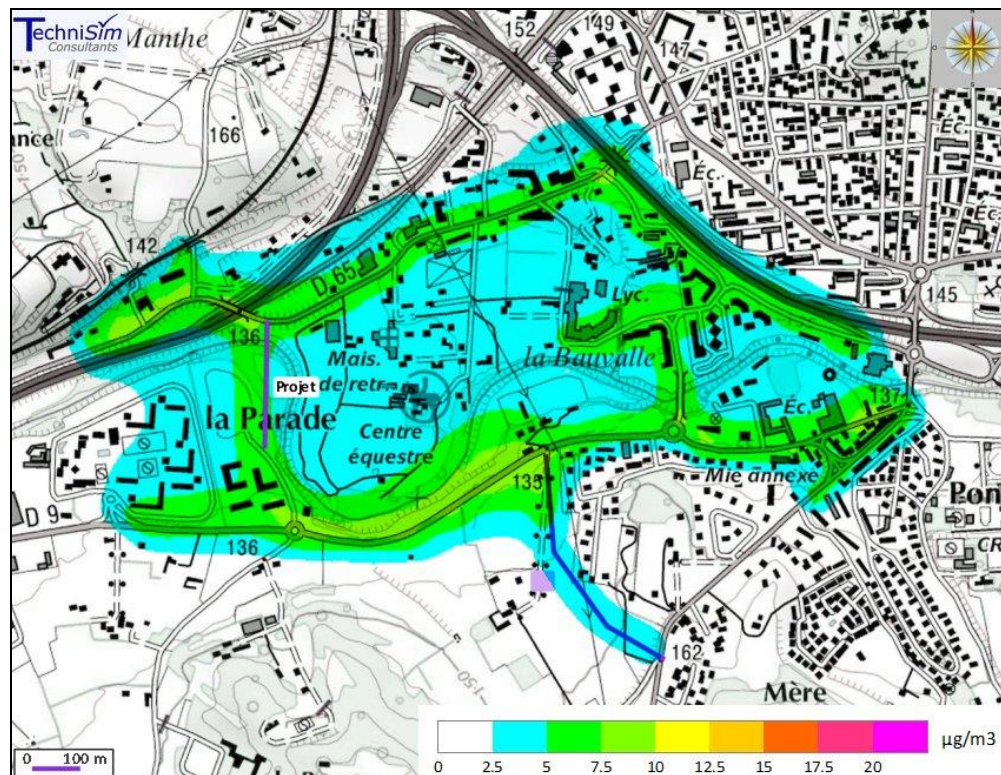


Figure 43 : Horizon 2035 Mise en service de tous les projets- concentration (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) moyenne annuelle en  $\text{NO}_2$

### Particules PM10 et PM2,5

Les tableaux ci-après indiquent les valeurs réglementaires relatives aux particules PM10 et PM2,5, ainsi que les résultats des modélisations.

D'après les hypothèses considérées, les mises en services des différents projets ne vont pas entraîner d'augmentation notable des concentrations en PM10 et PM2,5.

Les PM<sub>10</sub> étant émises par l'usure des véhicules et des revêtements routiers, les systèmes de traitements des gaz d'échappement, l'hybridation et/ou l'électrification ainsi que les améliorations des technologies des moteurs, ne peuvent compenser totalement les hausses de trafic sur la zone.

A contrario, les PM<sub>2,5</sub> étant émises pratiquement en totalité dans les gaz d'échappement, les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, ainsi que la mise en application des normes Euro 5 et Euro 6 associée au renouvellement du parc roulant vont compenser l'augmentation du trafic par rapport à 2015.

Tableau 43 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne annuelle (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Moyenne annuelle	Valeur limite	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle			
	2015 Actuel	2018 Liaison RD65- RD9	2020 Liaison RD9- RD8N	2035 Tous projets	
MAXIMUM	2.47	2.28	2.37	2.41	
CENTILE 90	1.56	1.46	1.59	1.60	
CENTILE 80	0.99	0.95	1.03	1.04	
Recp 1	Maison de retraite	0.99	0.92	1.03	1.02
Recp 2	Terrains de sport	0.76	0.71	0.81	0.97
Recp 3	École primaire du Pont de l'Arc	2.47	2.28	1.82	1.87
Recp 4	École primaire des Floralties	0.48	0.45	0.46	0.46
Recp 5	Habitations créées	0.77	0.90	1.14	1.23
<b>Nota Bene</b>	Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.				

**Tableau 44 : Résultats des modélisations pour les particules PM10 – moyenne journalière**

PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Moyenne journalière	Valeur limite	50 µg/m <sup>3</sup> pour la moyenne journalière (35 dépassements autorisés)		
	2015 Actuel	2018 Liaison RD65- RD9	2020 Liaison RD9- RD8N	2035 Tous projets
MAXIMUM	8.51	7.45	8.00	8.10
CENTILE 90	5.31	4.95	5.32	5.42
CENTILE 80	3.35	3.13	3.39	3.45
Recp 1 Maison de retraite	3.25	3.00	3.41	3.33
Recp 2 Terrains de sport	2.82	2.55	2.90	3.53
Recp 3 École primaire du Pont de l'Arc	8.51	7.45	6.30	6.46
Recp 4 École primaire des Floralties	1.68	1.46	1.56	1.58
Recp 5 Habitations créées	2.63	2.98	3.80	4.12
<b><u>Nota Bene</u></b>	<i>Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.</i>			

**Tableau 45 : Résultats des modélisations pour les particules PM2,5 – moyenne annuelle**

PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) Moyenne annuelle	Valeur limite	25 µg/m <sup>3</sup> pour la moyenne annuelle		
	2015 Actuel	2018 Liaison RD65- RD9	2020 Liaison RD9- RD8N	2035 Tous projets
MAXIMUM	6.32E-01	4.17E-01	3.36E-01	9.63E-02
CENTILE 90	3.99E-01	2.68E-01	2.26E-01	6.40E-02
CENTILE 80	2.53E-01	1.73E-01	1.47E-01	4.16E-02
Recp 1 Maison de retraite	2.53E-01	1.69E-01	1.47E-01	4.06E-02
Recp 2 Terrains de sport	1.96E-01	1.30E-01	1.14E-01	3.88E-02
Recp 3 École primaire du Pont de l'Arc	6.32E-01	4.17E-01	2.59E-01	7.45E-02
Recp 4 École primaire des Floralties	1.24E-01	8.20E-02	6.51E-02	1.84E-02
Recp 5 Habitations créées	1.97E-01	1.64E-01	1.61E-01	4.89E-02
<b><u>Nota Bene</u></b>	<i>Ces résultats ne considèrent que l'effet des émissions des brins considérés. Les autres sources d'émission ne sont pas prises en considération, l'objectif étant de déterminer l'impact du projet sur la qualité de l'air.</i>			

Les figures qui suivent présentent la cartographie des isocontours des concentrations des différents horizons étudiés pour les particules PM10 et PM2,5.

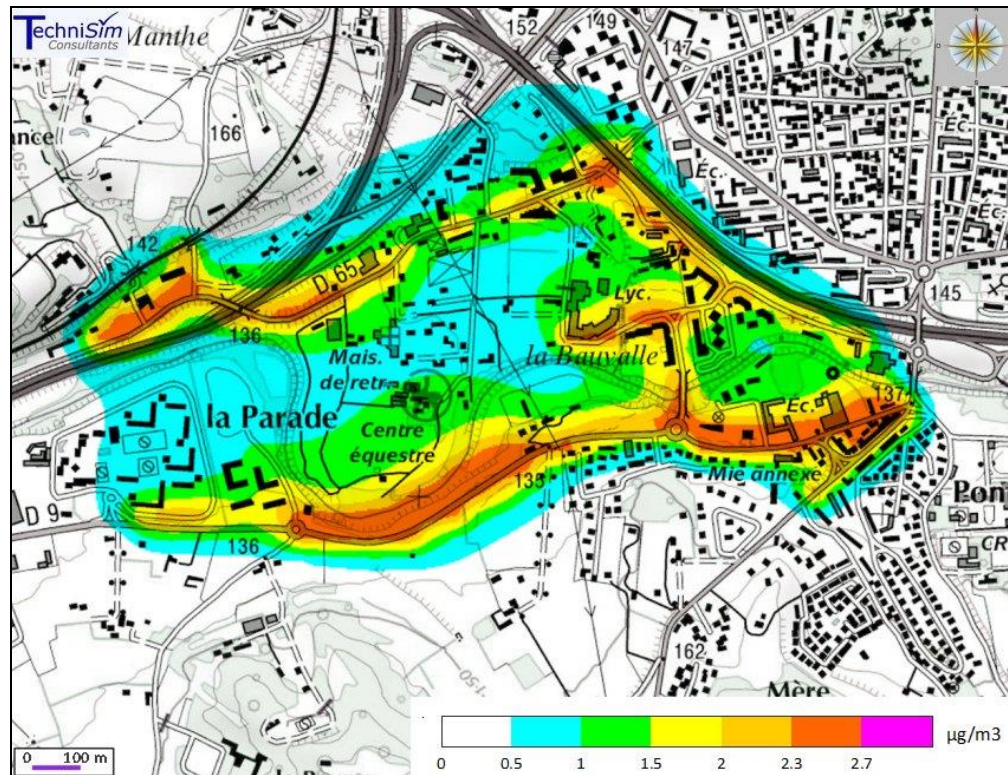


Figure 44: Horizon 2015 Situation actuelle - concentration moyenne annuelle en PM10

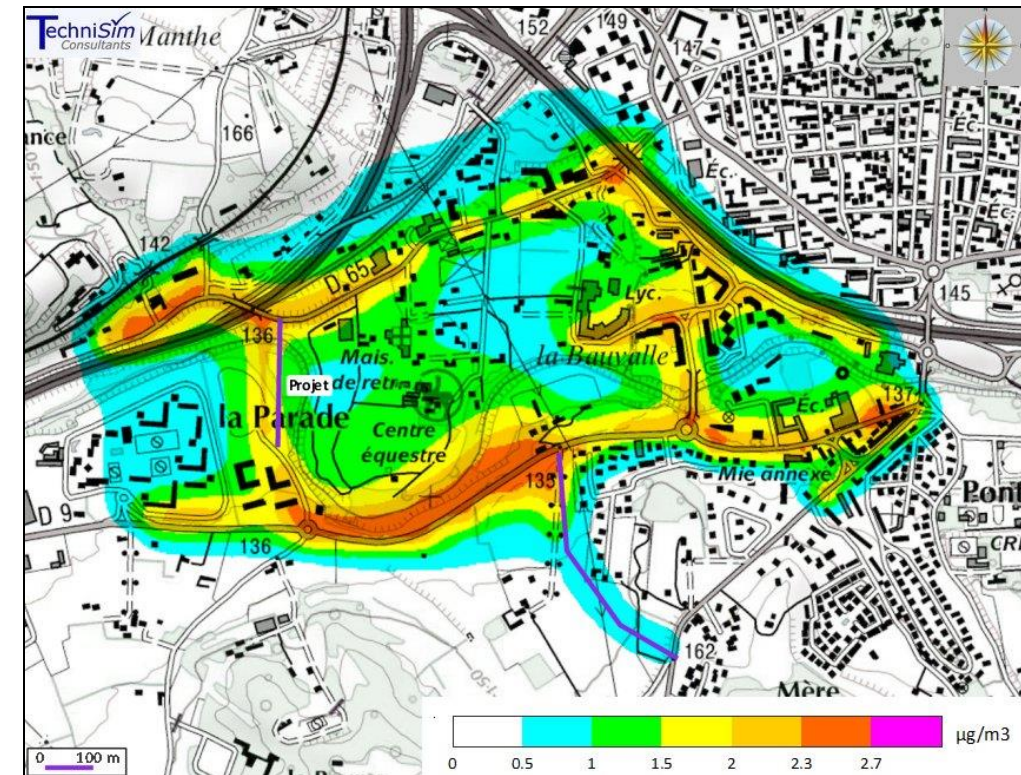


Figure 46: Horizon 2020 Mise en service de la liaison RD9-RD8N - concentration moyenne annuelle en PM10

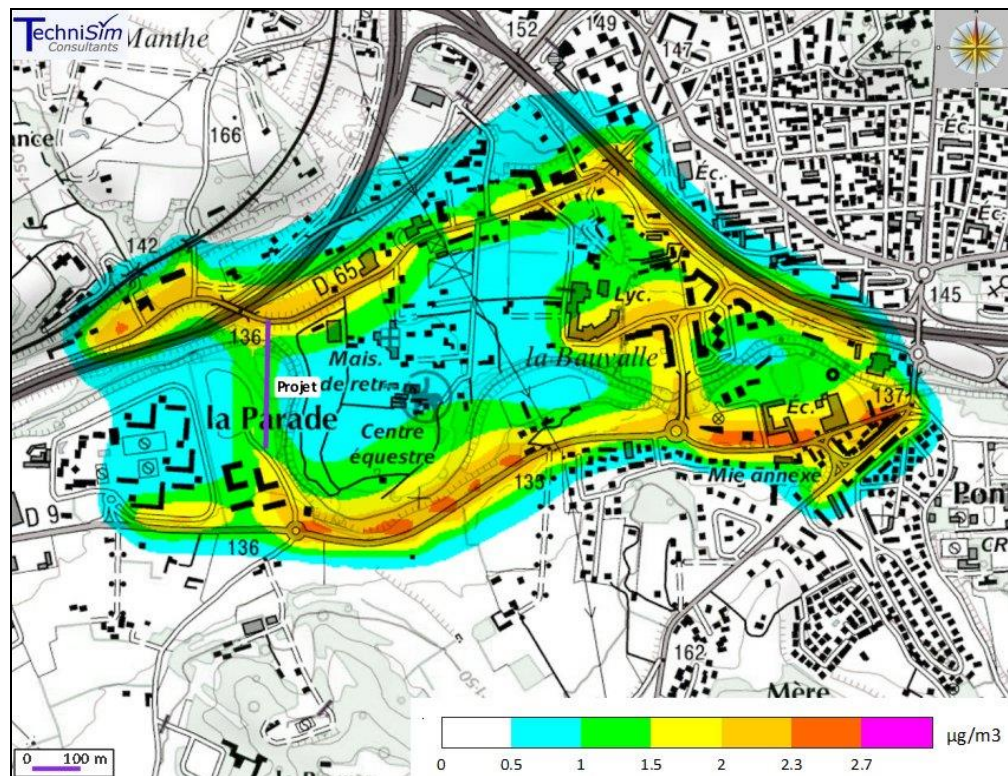


Figure 45: Horizon 2018 Mise en service du projet - concentration moyenne annuelle en PM10

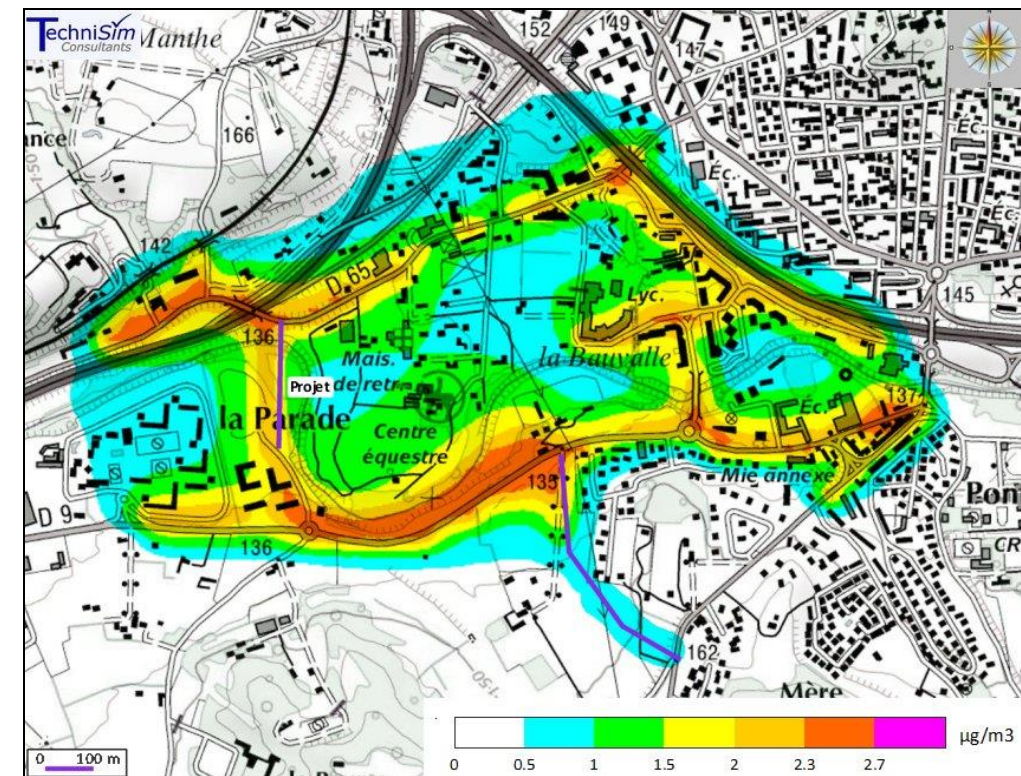


Figure 47: Horizon 2035 Mise en service de tous les projets- concentration moyenne annuelle en PM10

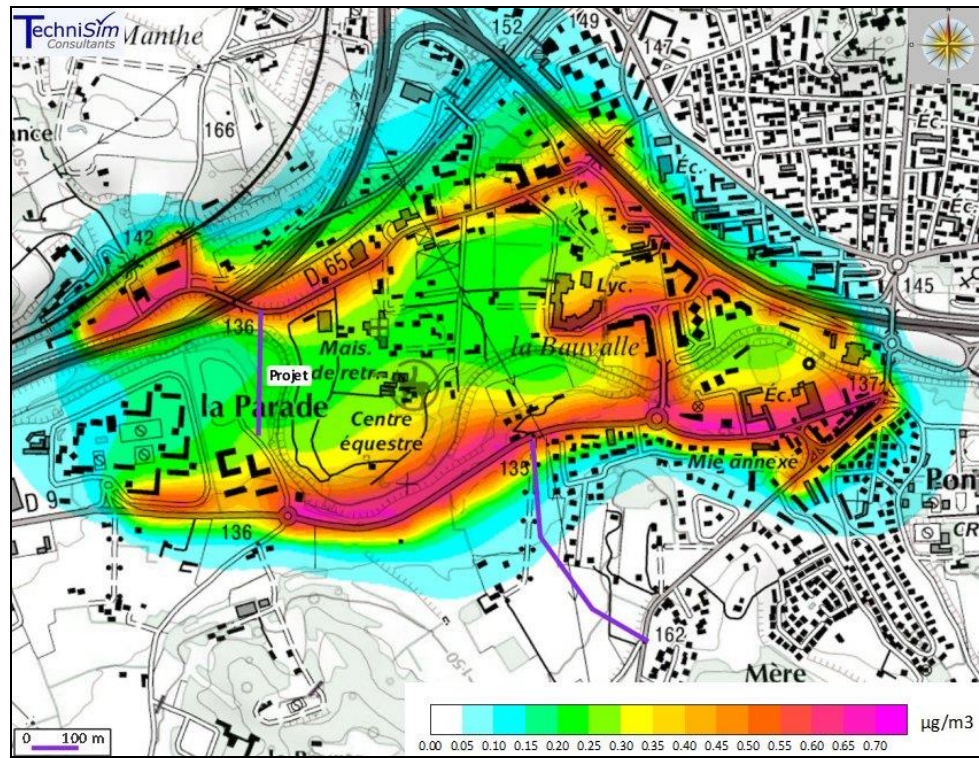


Figure 48: Horizon 2015 Situation actuelle – concentration moyenne annuelle en PM2.5

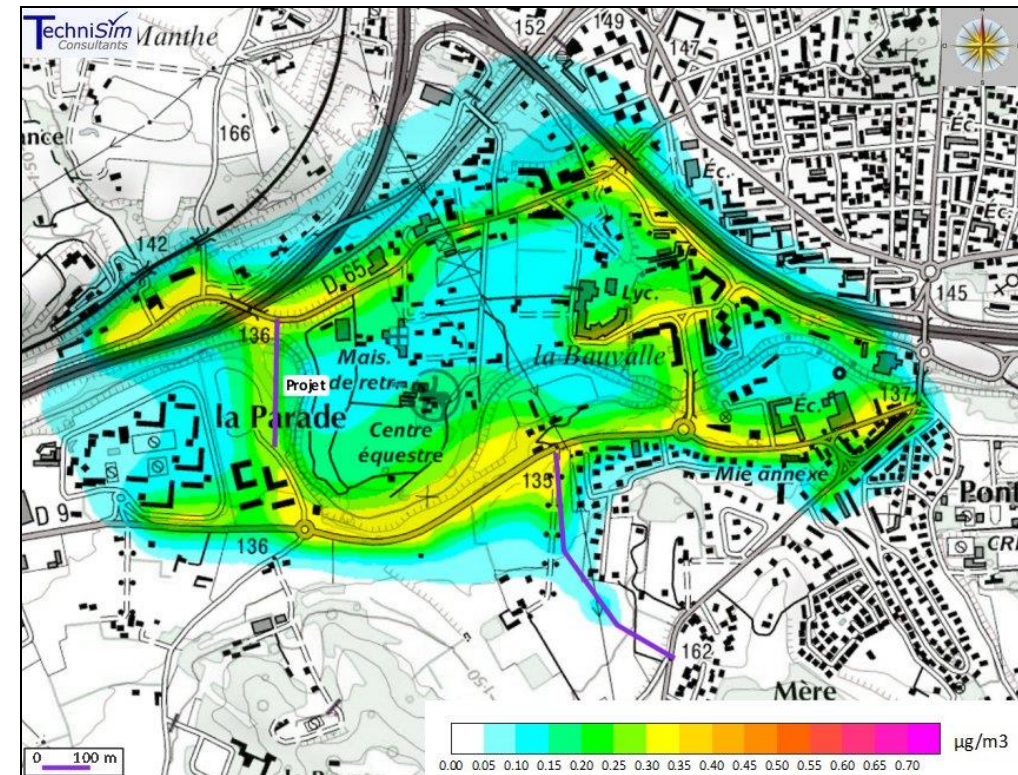


Figure 50 : Horizon 2020 Mise en service de la liaison RD9-RD8N – concentration moyenne annuelle en PM2.5

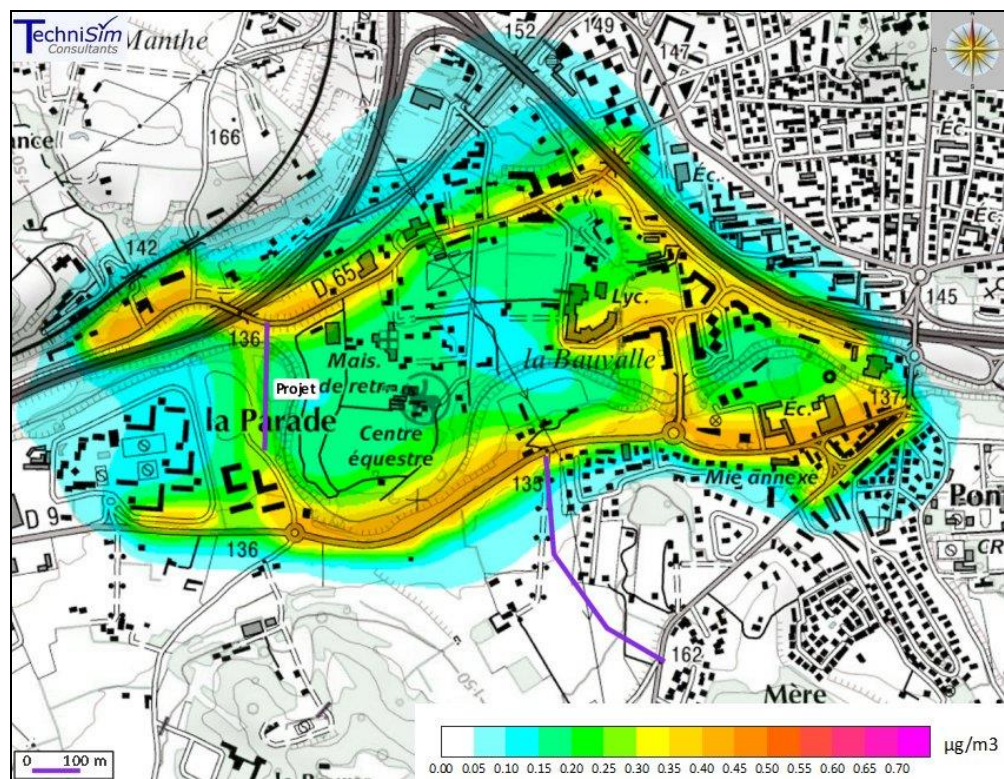


Figure 49 : Horizon 2018 Mise en service du projet – concentration moyenne annuelle en PM2.5

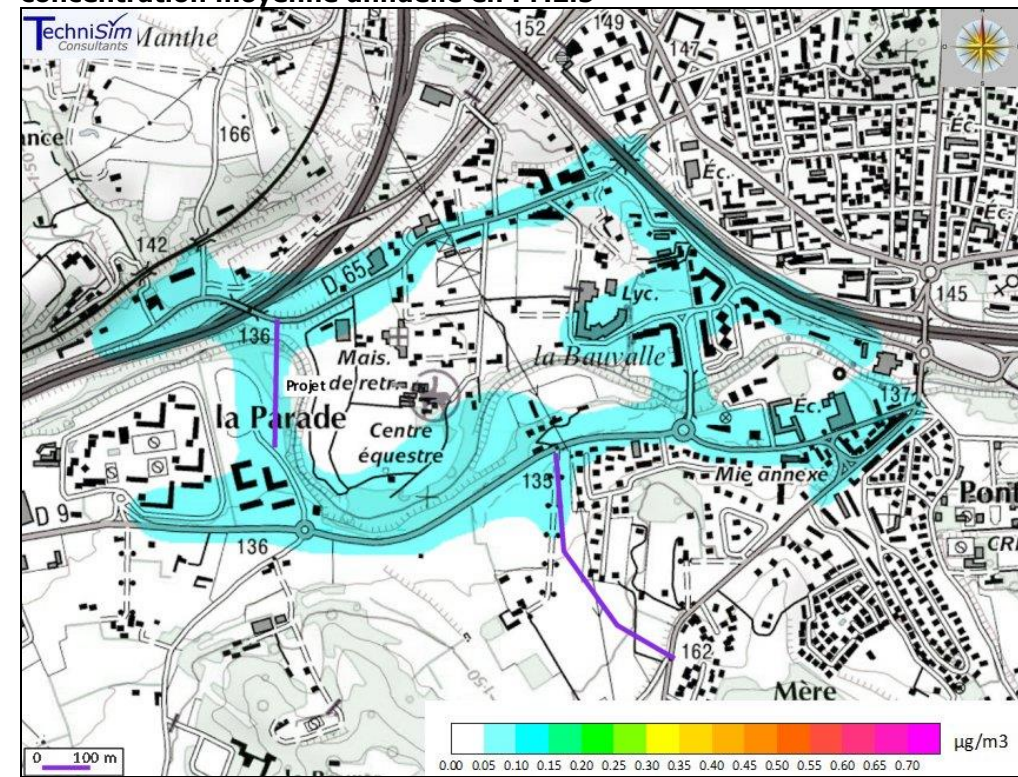


Figure 51 : Horizon 2035 Mise en service de tous les projets – concentration moyenne annuelle en PM2.5

## Autres polluants réglementés

Pour chacun de ces composés, les concentrations obtenues sont très inférieures aux normes de la qualité de l'air, et cela, pour tous les scénarios simulés.

Les modifications de trafic liées aux projets ne provoquent pas de dégradation notable de la qualité de l'air.

Par ailleurs, la contribution du trafic considéré est très faible, en particulier par rapport aux normes réglementaires (cf. tableau ci-après).

**Tableau 46 : Tableau récapitulatif des normes de la qualité de l'air mentionnées dans la réglementation française**

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte	Niveau critique	Valeur cible
<b>Benzène</b>	Moyenne annuelle : 5 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle : 2 µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
<b>Dioxyde de soufre</b>	Moyenne journalière : 125 µg/m <sup>3</sup> (3 dépassements autorisés)	Moyenne annuelle : 50 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne horaire : 300 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle et hivernale : 20 µg/m <sup>3</sup>	-
	Moyenne horaire : 350 µg/m <sup>3</sup> (24 dépassements autorisés)	-	-	-	-	-
<b>Plomb</b>	Moyenne annuelle : 0,5 µg/m <sup>3</sup>	Moyenne annuelle: 0,25 µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
<b>Monoxyde de carbone</b>	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 10 000 µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-
<b>Arsenic</b>	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,006 µg/m <sup>3</sup>
<b>Cadmium</b>	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,005 µg/m <sup>3</sup>
<b>Nickel</b>	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,020 µg/m <sup>3</sup>
<b>Benzo-(a)-pyrène</b>	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle : 0,001 µg/m <sup>3</sup>

## 14.2. CONCLUSION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITE DE L'AIR

D'une manière générale, le projet va entraîner une modification des flux de véhicules sur le domaine d'étude.

**Seuls les polluants émis par l'usure des véhicules et des revêtements routiers, augmentent avec les hausses de trafic sur la zone.**

En définitive, les mises en services de différents projets ne vont pas entraîner de dégradation notable de la qualité de l'air sur la zone.

## 15. EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE SUR LA SANTÉ

### 15.1. EFFETS GENERAUX

De nombreuses études épidémiologiques, dont celles pilotées par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), mettent en évidence une relation entre pollution de l'air et santé dans les grandes agglomérations. Le risque existe à partir de faibles niveaux de pollution.

Par ailleurs, il existe de fortes présomptions d'existence de relation synergique entre les allergènes, en particulier les pollens et les polluants atmosphériques.

Également, les effets sanitaires de la pollution de l'air varient selon les individus.

Les sujets les plus sensibles sont ainsi :

- Les enfants, dont le système respiratoire en pleine évolution est davantage sensible aux agressions ;
- Les personnes âgées qui présentent des défenses immunitaires plus faibles et souvent des fragilités du système respiratoire et cardiovasculaire ;
- Les sujets atteints de troubles cardiovasculaires ou respiratoires (asthme, rhinite allergique, bronchite chronique) ;
- Les sujets en activité physique intense (sport ou travaux) qui respirent 5 à 15 fois plus qu'un individu au repos et s'exposent ainsi à des quantités supérieures de polluants.

Les gaz et particules émis lors de la combustion du carburant présentent individuellement pour l'homme un risque toxicologique qui est relativement connu pour la plupart d'entre eux.

Cependant, afin de définir le risque toxicologique des émissions automobiles à l'égard de la santé humaine, il faut considérer un ensemble, c'est à dire étudier la composition chimique d'un mélange gaz/particules et analyser la toxicité, l'interaction et les synergies des éléments qui le composent. Les connaissances dans ce domaine sont moins développées.

Les paragraphes ci-dessous présentent les effets sanitaires des principaux polluants de l'air, à savoir : les oxydes d'azote [NOx], les particules [PM], le monoxyde de carbone [CO], les composés organiques volatils [COV], le benzène, le dioxyde de soufre [SO<sub>2</sub>] et les métaux lourds.

❖ Les oxydes d'azotes (NOx)

Les principaux effets des oxydes d'azote sur la santé humaine se manifestent par une altération de la fonction respiratoire, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et des troubles de l'immunité du système respiratoire.

Les oxydes d'azote sont des gaz très irritants. Ils pénètrent profondément dans l'arbre bronchique entraînant toux, irritations, étouffements, sensibilisation des bronches aux infections microbiennes, changements fonctionnels (baisse de l'oxygénation)...

La relation entre les NOx et les descripteurs sanitaires (mortalité, morbidité...) est difficile à établir et à mettre en évidence car leur teneur est fortement corrélée avec celle des autres polluants.

❖ Les particules (PM)

Les particules peuvent irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire (surtout chez l'enfant et les personnes sensibles).

Plus une particule est fine, plus sa toxicité potentielle est élevée.

Les particules de taille inférieure à 10 µm (particules inhalables PM10) peuvent entrer dans les poumons mais sont retenues par les voies aériennes supérieures, tandis que les particules de taille inférieure à 2,5 µm pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire et peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), les particules dites « ultra fines » (diamètre particulaire inférieur à 0,1 µm) sont suspectées de provoquer des effets néfastes sur le système cardiovasculaire.

La taille des particules et la profondeur de leur pénétration dans les poumons déterminent la vitesse d'élimination des particules. Sur un même laps de temps (24 heures), plus de 90 % des particules supérieures à 6 µm sont éliminées, alors que seulement moins de 30 % des particules inférieures à 1 µm le sont.

L'une des propriétés les plus dangereuses des poussières est de fixer des molécules gazeuses irritantes ou toxiques présentes dans l'atmosphère (par exemple, des sulfates, des métaux lourds, des hydrocarbures). Ainsi, les particules peuvent avoir des conséquences importantes sur la santé humaine et être responsables de maladies pulmonaires chroniques de type asthme, bronchite, emphysèmes (les alvéoles pulmonaires perdent de leur élasticité et se rompent) et pleurésies (inflammation de la plèvre, la membrane qui enveloppe chacun de nos poumons).

Ces effets (irritations des voies respiratoires et/ou altérations de la fonction respiratoire) s'observent même à des concentrations relativement basses.

Certaines particules ont aussi des propriétés mutagènes et cancérogènes (particules diesel).

En octobre 2013, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé les particules issues des moteurs diesel comme étant cancérogènes pour l'homme (Groupe 1), sur la base d'indications suffisantes prouvant qu'une telle exposition est associée à un risque accru de cancer du poumon.

Les études publiées à ce jour permettent de dresser le tableau suivant pour les effets aigus des particules :

- Les particules plus grandes que les PM10 n'ont, pour ainsi dire, aucun effet.
- Les particules grossières (différence massique estimée entre les PM10 et les PM2,5 ou entre les PM10 et les PM1), tout comme les particules fines (dont la masse estimée se situe à PM2,5 ou PM1) ou encore les particules ultrafines (estimées en nombre, pour les tailles inférieures à 0,1 µm) ont des incidences sur la mortalité et la morbidité. Leurs effets sont largement indépendants les uns des autres.
- La fraction grossière des PM10 est plus fortement corrélée avec la toux, les crises d'asthme et la mortalité respiratoire, alors que les fractions fines ont une incidence plus forte sur les dysfonctionnements du rythme cardiaque ou sur l'augmentation de la mortalité cardio-vasculaire. Mais les effets des particules fines ne s'expliquent pas uniquement par ceux des particules ultrafines, pas plus que les effets des particules grossières ne s'expliquent par ceux des particules fines.
- Compte tenu des concentrations et des variations que l'on rencontre habituellement aujourd'hui, les fractions grossières, fines et ultrafines ont des effets de même importance.
- Les effets sur la mortalité respiratoire sont ressentis immédiatement ou le jour suivant l'exposition à une forte charge en particules. Les effets sur la mortalité cardio-vasculaire se manifestent le plus fortement après 4 jours environ. Cela signifie que l'effet des particules grossières est ressenti immédiatement ou très rapidement après l'exposition et que celui des particules fines et ultrafines l'est de manière un peu différée (jusqu'à 4 jours après l'accroissement de la charge). Par ailleurs, si le risque relatif est plus grand pour la mortalité respiratoire, la mortalité cardio-vasculaire fait davantage de victimes.
- Les personnes souffrant d'affections des voies aériennes inférieures, d'insuffisance cardiaque et les personnes de plus de 65 ans présentent un risque accru.
- Les effets ont été démontrés par des études épidémiologiques, toxicologiques et cliniques.

Les études publiées à ce jour permettent de dresser le tableau suivant pour les effets chroniques des particules sur la santé :

- Les effets chroniques sont plus importants que les effets aigus ;
- Les études épidémiologiques ont démontré la corrélation entre de fortes charges en PM10, en PM2,5 ou en sulfates, et une mortalité ou une morbidité accrue ;
- Le carbone élémentaire (suie de diesel) présente un fort potentiel cancérigène ;
- Il n'existe pas (encore) d'étude concluante qui fasse la différence entre les effets chroniques des particules grossières, ceux des particules fines et ceux des particules ultrafines en matière de mortalité et de morbidité.

#### ❖ Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone provoque des hypoxies (baisse de l'oxygénation du sang) car il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine. Il provoque également des céphalées, des troubles du comportement, des vomissements (c'est un neurotoxique), des troubles sensoriels (vertiges). C'est également un myocardiotoxique.

En se fixant sur l'hémoglobine du sang, le monoxyde de carbone forme une molécule stable, la carboxyhémoglobine, entraînant une diminution de l'oxygénation cellulaire qui est nocive pour le système nerveux central, le cœur et les vaisseaux sanguins.

#### ❖ Les composés organiques volatils (COV)

Ces composés proviennent d'une mauvaise combustion des produits pétroliers (carburants) et de l'évaporation des carburants.

Les effets sont très divers selon les polluants : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des yeux (aldéhydes), voire une diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des effets mutagènes et cancérigènes (comme le benzène).

#### ❖ Le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Deux cas d'intoxication peuvent être observés : intoxication par ingestion et intoxication par inhalation.

L'intoxication par ingestion se caractérise par des troubles digestifs, des troubles neurologiques pouvant aller jusqu'au coma et une pneumopathie d'inhalation.

Notons qu'en application cutanée, le benzène est irritant.

Lors d'une intoxication par inhalation, on observe des symptômes neurologiques tels que des troubles de conscience, de l'ivresse, puis de la somnolence pouvant mener à un coma, des convulsions à très hautes doses.

Ces symptômes apparaissent à des concentrations variables selon les individus :

- À 25 ppm, pas d'effet ;
- De 50 à 100 ppm, apparaissent céphalées et asthénie ;
- A 500 ppm, les symptômes sont plus accentués ;
- A 3 000 ppm, la tolérance est seulement pendant 30 à 60 minutes ;
- A 20 000 ppm, la mort survient en 5 à 15 minutes.

#### ❖ Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Le dioxyde de soufre altère la fonction respiratoire de l'enfant et exacerbe les gênes respiratoires. De même, il trouble l'immunité du système respiratoire, abaisse le seuil de déclenchement chez le sujet asthmatique. C'est un cofacteur de la bronchite chronique.

Le dioxyde de soufre est un gaz très soluble. Il est ainsi absorbé à 85-99 % par les muqueuses du nez et du tractus respiratoire supérieur. Une faible fraction se fixe sur les particules carbonées et atteint donc les voies respiratoires inférieures. Il accentue l'intensité du bronchospasme chez les sujets asthmatiques.

#### ❖ Le plomb (Pb)

De manière générale, les métaux lourds ont la propriété de s'accumuler dans l'organisme ce qui implique dans le long terme d'éventuelles propriétés cancérigènes.

Le plomb est un toxique neurologique, rénal et sanguin.

On distingue deux types d'intoxication au plomb : intoxication après inhalation (poussières ou fumées) ou intoxication par ingestion (régurgitation ou problème d'hygiène cutanée).

#### ❖ Le cadmium (Cd)

Le cadmium est l'un des rares éléments n'ayant aucune fonction connue dans le corps humain. Les deux principales voies d'absorption sont l'inhalation et l'ingestion. Il peut provoquer des lésions des voies respiratoires et du rein. Les composés de cadmium sont également cancérigènes.



## 15.2. INDICE POLLUTION POPULATION [IPP]

L'Indice Pollution Population [IPP] est un indicateur permettant d'apprécier l'exposition de la population à la pollution issue du trafic routier.

Les « traceurs » utilisés pour calculer cet indice sont les suivants :

- Le dioxyde d'azote [NO<sub>2</sub>] — Puisqu'il s'agit d'un composé rejeté principalement par le trafic routier ;
- Le benzène [C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>] — Pour ses critères de toxicité de santé publique.

La construction de cet indice repose sur le croisement des concentrations en benzène et dioxyde d'azote avec les données de population INSEE (données carroyées – maille de 200 mètres).

Cet indice prend en compte les projets d'aménagement futurs (il est considéré qu'un logement est occupé par 2,5 personnes).

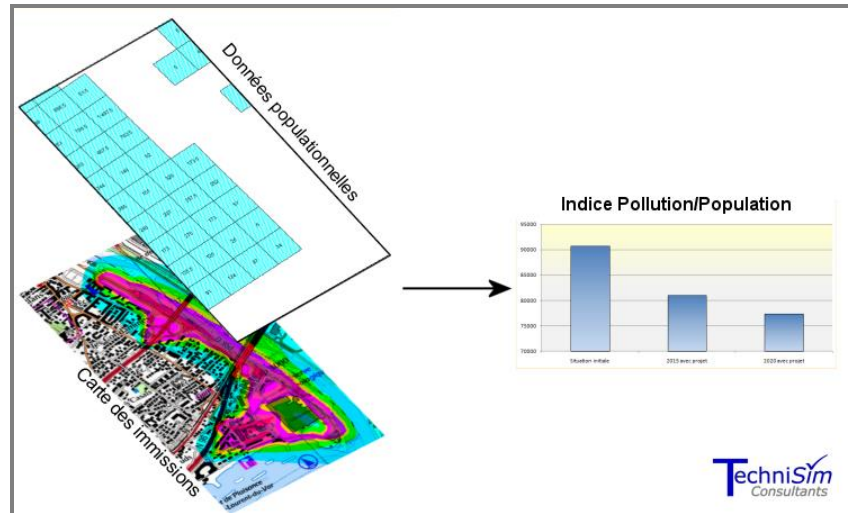


Figure 52 : Schéma conceptuel de la construction de l'IPP

Les résultats de ces opérations sont indiqués dans les tableaux ci-après.

Les graphiques ci-après présentent les indices calculés pour les différentes sections étudiées.

Tableau 47 : Indice Pollution Population

	Horizon 2015 Situation actuelle	Horizon 2018 Mise en service du projet	Horizon 2020 Mise en service de la liaison RD9-RD8N	Horizon 2035 Mise en service de tous les projets
IPP- NO <sub>2</sub>	27251.5	28310.3	26559.5	19528.8
IPP- Benzène	151.0	131.9	115.0	81.5

Compte tenu du renouvellement du parc roulant et des baisses des émissions associées, les Indices Pollution Population pour les deux polluants étudiés sont minimaux pour l'horizon 2035, malgré la création des nouveaux logements.

Regardant le dioxyde d'azote, les créations de logements contrebalancent les baisses des concentrations dans l'air ambiant.

Alors que, pour le benzène, il est observé une baisse constante de l'IPP pour les horizons futurs.

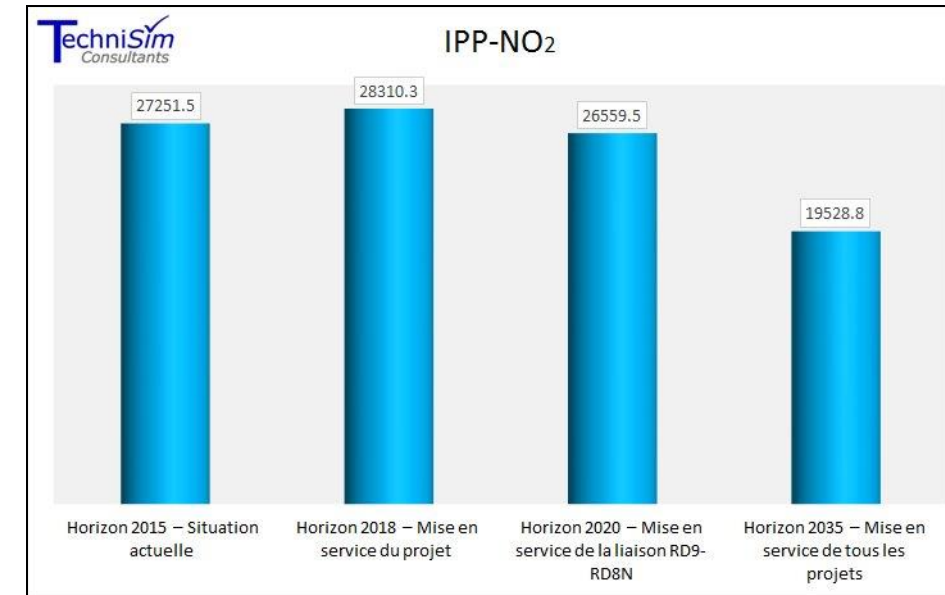


Figure 53: IPP – Dioxyde d'azote

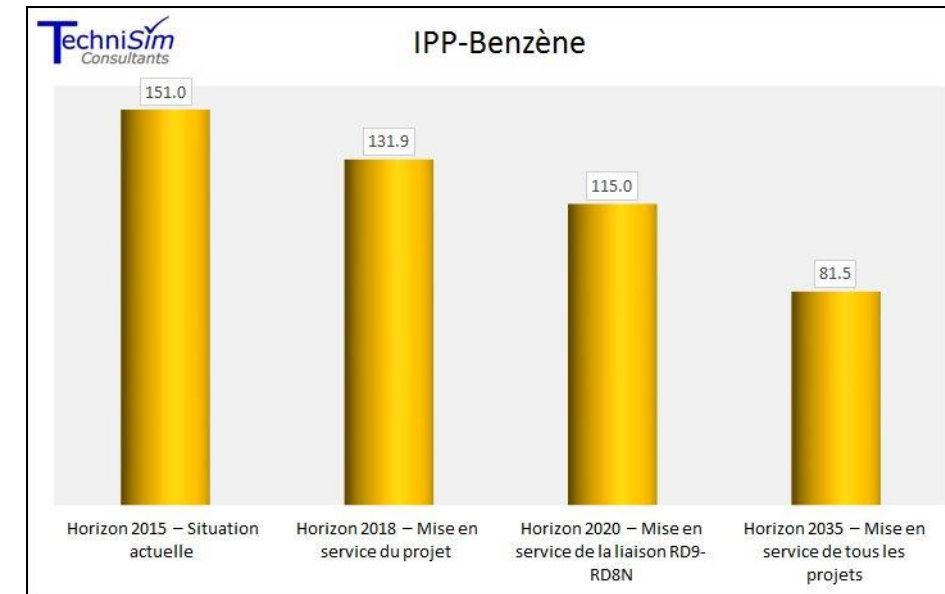


Figure 54: IPP – Benzène

### 15.3. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]

Conformément à la circulaire interministérielle DGS/SD 7B n°2005-273 du 25 février 2005, la réalisation des EQRS sera effectuée uniquement au niveau des sites sensibles pour les études de niveau II. Dans la présente étude, l'unique site sensible répertorié dans la bande d'étude est le skate parc.

La démarche d'EQRS a été proposée pour la première fois en 1983 par l'Académie des Sciences (National Research Council) aux États-Unis. La définition classiquement énoncée souligne qu'elle repose sur « l'utilisation de faits scientifiques pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou à des situations dangereuses ».

L'objectif de la démarche est l'identification et l'estimation des risques pour la santé de populations vivant des situations environnementales dégradées (que cela provienne du fait des activités humaines ou bien du fait des activités naturelles).

L'EQRS permet de calculer soit un pourcentage de population susceptible d'être touchée par une pathologie, soit un nombre de cas attendus de maladie. L'impact sanitaire peut ainsi être déterminé.

L'EQRS est menée selon :

- Le guide de l'InVS de 2007 "Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires" ;
- Le guide de l'INERIS 2003 sur l'Évaluation des Risques Sanitaires dans les études d'impact des ICPE ;
- La circulaire DGS/SD 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact.

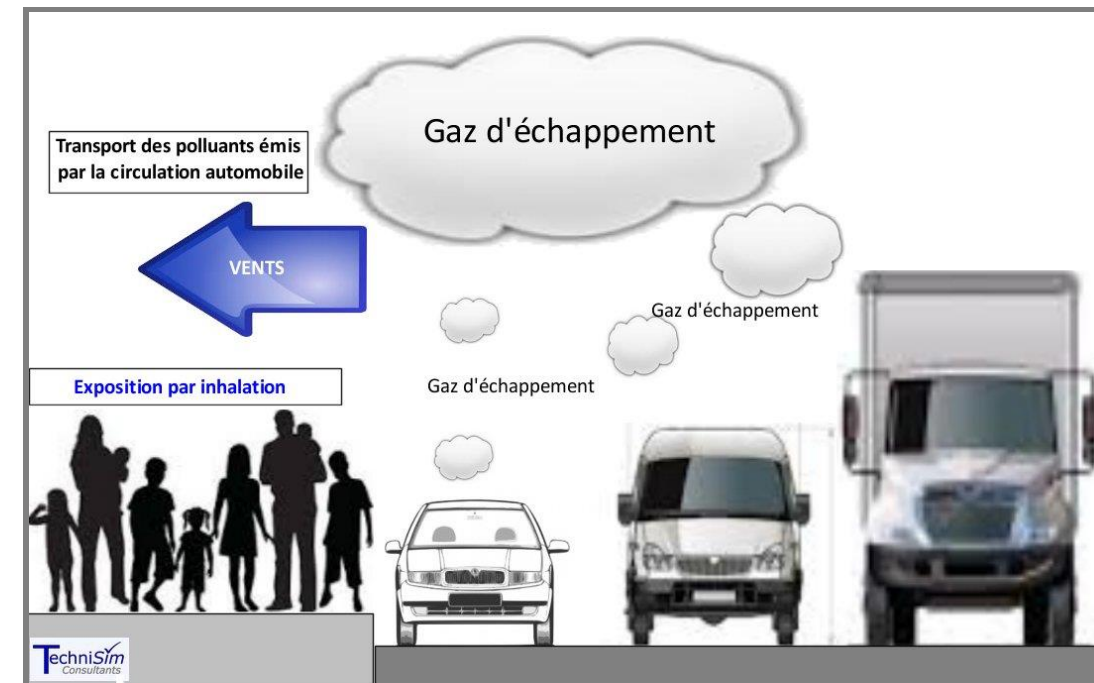


Figure 55 : Schéma conceptuel de la démarche d'une ERS

#### ❖ Hypothèses de travail retenues

- Les données utilisées proviennent de la simulation numérique de la dispersion atmosphérique des émissions générées par le trafic ;
- La voie d'exposition privilégiée dans le cas présent est l'inhalation.

#### ❖ Contenu et démarche de l'EQRS

Conventionnellement, une EQRS est constituée de quatre étapes qui sont les suivantes :

- l'identification des dangers (sélection des substances selon les connaissances disponibles) ;
- la définition des relations doses-réponses (sélection des valeurs toxiques de référence pour chaque polluant considéré) ;
- l'évaluation des expositions des populations aux agents dangereux identifiés selon les voies, niveaux et durées d'exposition correspondants ;
- la caractérisation des risques sanitaires via le calcul des indices sanitaires.

Actuellement, dans le vocabulaire européen, les deux premières étapes sont souvent rassemblées en une phase unique appelée « caractérisation des dangers ».

**Remarque :** Il convient de bien distinguer le 'danger' du 'risque'. Le danger d'un agent physique, chimique ou biologique correspond à l'effet sanitaire néfaste ou indésirable qu'il peut engendrer sur un individu lorsqu'il est mis en contact avec celui-ci, alors que le risque correspond à la probabilité de survenue d'un effet néfaste indépendamment de sa gravité.

**Étape n° 1 : L'identification des dangers**

L'étape d'identification des dangers consiste à connaître les dangers ou le potentiel dangereux des agents chimiques considérés, associés aux voies d'exposition retenues [InVS, 2000]. Cela consiste en une synthèse des connaissances scientifiques disponibles à l'instant de l'étude débouchant sur un bilan de ce que l'on sait, de ce que l'on ignore et de ce qui est incertain.

On distingue les effets selon plusieurs critères. La toxicité d'une substance peut être qualifiée :

- d'**aiguë** : manifestation de l'effet à court terme, de l'administration d'une dose unique de substance ;
- de **subchronique** : manifestation de l'effet de l'administration répétée d'une substance, pendant une période de 14 jours à 3 mois ;
- de **chronique** : manifestation de l'effet de l'administration répétée d'une substance, pendant une période supérieure à 3 mois.

Par ailleurs, une substance peut avoir des effets distincts selon son mode d'exposition, c'est-à-dire selon qu'elle est inhalée ou ingérée (les organes en contact étant bien sûr différents).

Au niveau des effets, on distingue les effets selon qu'ils sont « à seuils » ou « sans seuils » :

- **Les effets toxiques « à seuils »** correspondent aux effets aigus et aux effets chroniques non cancérogènes, non génotoxiques et non mutagènes. On admet qu'il existe une dose limite au-dessous de laquelle le danger ne peut apparaître. La valeur toxique de référence [VTR] correspond alors à cette valeur. Pour ce type d'effet, la gravité est proportionnelle à la dose.
- **Les effets toxiques « sans seuils »** correspondent pour l'essentiel à des effets cancérogènes génotoxiques et des mutations génétiques, pour lesquels la fréquence - et non la gravité - est proportionnelle à la dose. L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse.

La VTR est alors un Excès de Risque Unitaire (ERU) de cancer.

À la suite de ces recherches, quelques substances seulement sont retenues pour l'EQRS.

Dans le présent cas, les polluants retenus sont issus du rapport du groupe de travail constitué de la Direction des routes (Ministère chargé de l'équipement), la Direction générale de la santé (Ministère chargé de la santé publique), la Direction de la prévention des pollutions et des risques et la Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale (Ministère chargé de l'environnement).

**Étape n° 2 : L'estimation de la dose-réponse**

Cette étape permet d'estimer le risque en fonction de la dose. En toxicologie animale ou en épidémiologie, les effets sont généralement connus en ce qui concerne de hautes doses (expérimentations contrôlées, expositions professionnelles, accidentelles). Or, pour connaître les risques encourus à basses doses, telles qu'elles sont présentes dans notre environnement, il est nécessaire d'extrapoler les risques observés (c'est-à-dire des hautes doses vers les basses doses) à partir de l'étude de la relation dose-effet. Cette relation s'étudie notamment grâce à des méthodes statistiques, épidémiologiques, toxicologiques et pharmacologiques et en particulier de la modélisation mathématique. Cela permet de définir des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) qui traduisent le lien entre la dose de la substance toxique et l'occurrence ou la sévérité de l'effet étudié dans la population.

Le calcul des VTR est différent selon le danger considéré. Il s'effectue :

- Par une approche déterministe lorsqu'il s'agit des effets "avec seuils" ;
- Par une approche probabiliste lorsqu'il s'agit des effets "sans seuils".

Pour les effets à seuils, la VTR correspond à la dose en dessous de laquelle le ou les effets néfastes n'apparaissent pas. Cette dose est calculée à partir de la dose expérimentale reconnue comme la plus faible sans effet (dose dite 'NOEL' pour No Observed Effect Level) et d'une série de facteurs de sécurité. Ces facteurs de sécurité prennent en compte différentes incertitudes comme en particulier les difficultés de transposition de l'animal à l'homme (variabilité intra et inter-espèces), les durées d'exposition, la qualité des données, etc.

La VTR est alors calculée mathématiquement par division de la dose NOEL par le produit des différents facteurs de sécurité pris en compte.

La VTR prend ainsi la forme d'une Dose Journalière Admissible [DJA] dans le cas de l'ingestion (exprimée en mg/kg/j) et de la voie cutanée, ou bien d'une Concentration Maximale Admissible [CMA] dans le cas de l'exposition respiratoire (exprimée en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

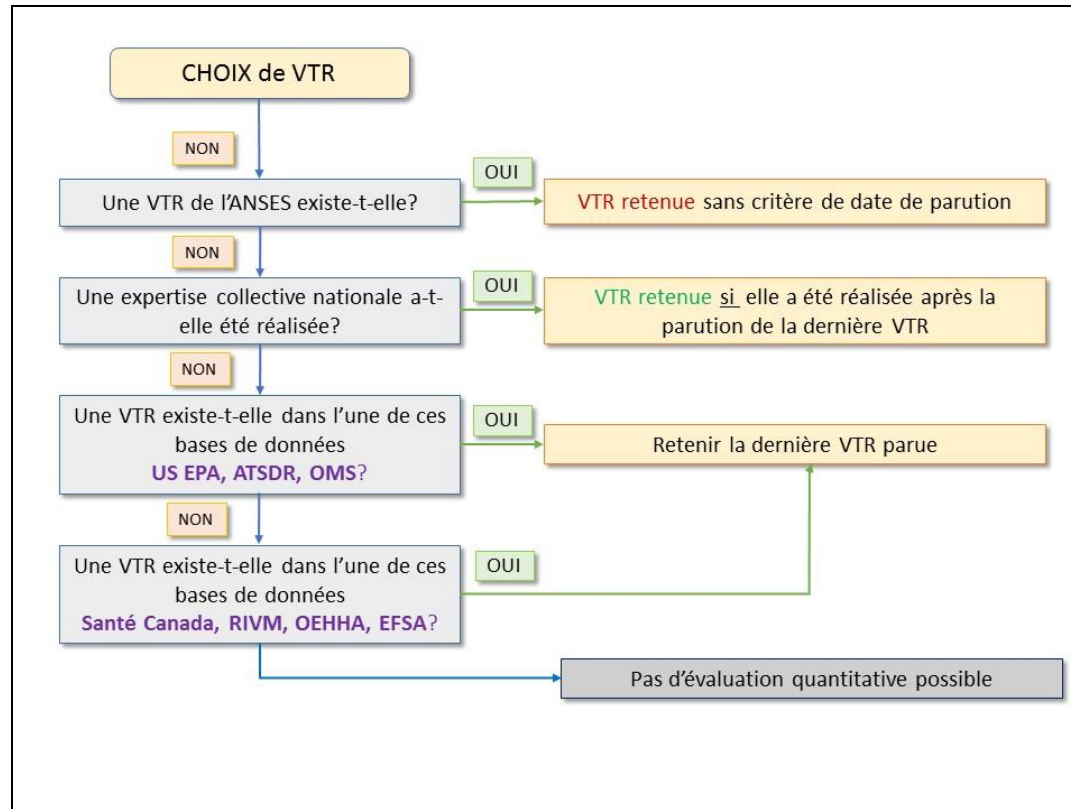
En dessous de ce seuil de dose, la population est considérée comme protégée.

Pour les effets sans seuils, la VTR est alors un Excès de Risque Unitaire [ERU] de cancer. L'ERU est calculé soit à partir d'expérimentations chez l'animal, soit d'études épidémiologiques chez l'homme. Cette valeur est le résultat des extrapolations des hautes doses aux basses doses à travers des modèles mathématiques. L'approche probabiliste conduit à considérer qu'il existe un risque, infime mais non nul, qu'une seule molécule pénétrant dans le corps provoque des changements dans une cellule à l'origine d'une lignée cancéreuse.

Concernant la voie respiratoire, l'ERU est l'inverse d'une concentration dans l'air et s'exprime en  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ . Il représente la probabilité individuelle de développer un cancer

pour une concentration de produit toxique de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'air inhalé par un sujet pendant toute sa vie.

La sélection des VTR pour chaque substance s'établit selon le logigramme ci-dessous.



**Figure 56: Logigramme – Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les VTR retenues pour l'étude des risques sanitaires sont présentées dans les tableaux ci-après.

Tableau 48 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour l'étude pour les effets à seuil

Substances	N°CAS	Voie d'exposition (durée)	Effet(s) critique(s)	VTR	Unité	Facteur d'incertitude	Source	Année de révision	Justification du choix de la VTR
<b>Composés organiques volatils et HAP</b>									
<i>Acétaldéhyde</i>	75-07-0	Inhalation chronique)	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	<b>140,0</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	300	OEHHA	2008	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Acroléine</i>	107-02-8	Inhalation (chronique)	Lésions de l'épithélium respiratoire	<b>0,35</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	100	OEHHA	2007	Dernière VTR parue
<i>Benzène</i>	71-43-2	Inhalation (chronique)	Diminution du nombre des lymphocytes	<b>0,003</b>	[ppm]	10	ATSDR	2007	Dernière VTR parue et facteur d'incertitude le plus faible
				<b>9,75</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]				
<i>1,3-Butadiène</i>	106-99-0	Inhalation (chronique)	Atrophie ovarienne	<b>2,0</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	1 000	US EPA	2002 b	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Formaldéhyde</i>	50-00-0	Inhalation (chronique)	Irritations oculaires et nasales et des lésions histologiques de l'épithélium nasal (rhinite, métaplasie squameuse, dysplasie)	<b>9,0</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	10	OEHHA	2008	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Benzo(a)pyrène</i>	50-32-8	Inhalation (chronique)	<b>Aucune VTR de disponible</b>						
<b>Métaux</b>									
<i>Arsenic</i>	7440-38-2	Inhalation (chronique)	Effets neurologiques et troubles du comportement	<b>0,015</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	Extrapolation	OEHHA	2008	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Baryum</i>	7440-39-3	Inhalation (chronique)	Non précisé	<b>1,0</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	Non précisé	RIVM	2007	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Cadmium</i>	7440-43-9	Inhalation (chronique)	Augmentation de 5% atteinte tubulaire dans la population générale	<b>0,45</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	Non précisé	ANSES	2012	VTR de l'ANSES
<i>Chrome VI</i>	7440-47-3	Inhalation (chronique)	<b>Particulaires</b> - Modifications des niveaux de lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage bronchioalvéolaire	<b>0,1</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	300	US EPA	1998	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Mercure</i>	7439-97-6	Inhalation (chronique)	Troubles de la mémoire et de la motricité	<b>0,03</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	300	OEHHA	2008	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Nickel</i>	7440-02-0	Inhalation (chronique)	Lésions pulmonaires	<b>0,09</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	30	ATSDR	2005	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Plomb</i>	7439-92-1	Inhalation (chronique)	Effets systémiques neurologiques ou hématologiques	<b>0,5</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	OMS	2002	VTR recommandée par l'INERIS
<b>Autres polluants</b>									
<i>Particules diesel</i>	-	Inhalation (chronique)	Irritations des voies respiratoires et effets cardiovasculaires	<b>5,0</b>	[µg/m <sup>3</sup> ]	30	US EPA	2003	Seule VTR disponible

Substances	N°CAS	Voie d'exposition (durée)	Effet(s) critique(s)	VTR	Unité	Facteur d'incertitude	Source	Année de révision	Justification du choix de la VTR
<b>Autres polluants</b>									
<i>Particules PM10</i>	-	Inhalation (chronique)	<b>Aucune VTR de disponible</b>						
<i>Particules PM2.5</i>	-	Inhalation (chronique)	<b>Aucune VTR de disponible</b>						
<i>Dioxyde d'azote</i>	10102-44-0	Inhalation (chronique)	<b>Aucune VTR de disponible</b>						
<i>Dioxyde de soufre</i>	7446-09-5	Inhalation (chronique)	<b>Aucune VTR de disponible</b>						
<i>Monoxyde de carbone</i>	630-08-0	Inhalation (chronique)	<b>Aucune VTR de disponible</b>						

Tableau 49 : Valeurs toxicologiques de référence des substances considérées pour l'étude pour les effets sans seuil

Substances	N°CAS	Voie d'exposition	Organe(s) cible(s)/Effet(s) critique(s)	VTR	Unité	Source	Année de révision	Justification du choix de la VTR
<b>Composés organiques volatils et HAP</b>								
<i>Acétaldéhyde</i>	75-07-0	Inhalation	Augmentation de l'incidence des adénocarcinomes et des carcinomes des cellules squameuses de la cloison nasale	<b>2,20E-06</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	US EPA	1991	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Acroléine</i>	107-02-8	Inhalation	<b>Aucune VTR de disponible</b>					
<i>Benzène</i>	71-43-2	Inhalation	Leucémies aiguës	<b>2,60E-05</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	ANSES	2013	VTR de l'ANSES
<i>1,3-Butadiène</i>	106-99-0	Inhalation	Tumeurs pulmonaires (bronchiolaires et alvéolaires)	<b>1,70E-04</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	OEHHA	2005	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Formaldéhyde</i>	50-00-0	Inhalation	Carcinomes au niveau des cavités nasales	<b>6,00E-06</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	OEHHA	2005	Dernière VTR parue
<i>Benzo(a)pyrène</i>	50-32-8	Inhalation	Incidence des tumeurs (type non spécifié) du tractus respiratoire supérieur (cavités nasales, larynx et trachée)	<b>1,10E-03</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	OEHHA	2005	Dernière VTR parue
<b>Métaux</b>								
<i>Arsenic</i>	7440-38-2	Inhalation	Cancers pulmonaires	<b>4,30E-03</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	US EPA	1998	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Baryum</i>	7440-39-3	Inhalation	<b>Aucune VTR de disponible</b>					
<i>Cadmium</i>	7440-43-9	Inhalation	Cancers de l'appareil respiratoire	<b>4,20E-03</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	OEHHA	2005	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Chrome VI</i>	7440-47-3	Inhalation	Cancers pulmonaires	<b>4,00E-02</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	OMS	2000	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Mercuré</i>	7439-97-6	Inhalation	<b>Aucune VTR de disponible</b>					
<i>Nickel</i>	7440-02-0	Inhalation	Cancers pulmonaires	<b>3,80E-04</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	OMS	2000	VTR recommandée par l'INERIS
<i>Plomb</i>	7439-92-1	Inhalation	Tumeurs rénales	<b>1,20E-05</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	OEHHA	2005	Seule VTR disponible
<b>Autres polluants</b>								
<i>Particules diesel</i>	-	Inhalation	Cancers pulmonaires	<b>3,40E-05</b>	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] <sup>-1</sup>	OMS	1996	Seule VTR disponible
<i>Particules PM10</i>	-	Inhalation	<b>Aucune VTR de disponible</b>					
<i>Particules PM2.5</i>	-	Inhalation	<b>Aucune VTR de disponible</b>					
<i>Dioxyde d'azote</i>	10102-44-0	Inhalation	<b>Aucune VTR de disponible</b>					
<i>Dioxyde de soufre</i>	7446-09-5	Inhalation	<b>Aucune VTR de disponible</b>					
<i>Monoxyde de carbone</i>	630-08-0	Inhalation	<b>Aucune VTR de disponible</b>					

**Étape n°3 : Évaluation des expositions**

L'exposition d'une population à une substance toxique dépend de deux facteurs :

- La concentration de la substance dans les compartiments environnementaux et son comportement physico-chimique ;
- Les voies et conditions d'exposition des individus en contact avec cette substance.

En pratique, à partir des rejets du trafic, il s'agit d'établir un schéma décrivant les voies de passage des polluants depuis les différents compartiments environnementaux jusque vers les populations cibles.

On identifie ensuite les voies de pénétration des polluants dans l'organisme.

Celles-ci sont de trois types (ingestion, inhalation et contact cutané). Seule l'inhalation est étudiée dans cette partie.

On identifie également les modes de transfert des polluants dans les différents compartiments environnementaux.

Le devenir d'une substance dépend de ses propriétés physico-chimiques ainsi que des conditions environnementales.

À partir d'un compartiment donné, le composé considéré peut, soit :

- Être dispersé/transporté vers un autre compartiment ;
- Être transformé ;
- S'accumuler.

L'évaluation des expositions se déroule selon plusieurs étapes. Tout d'abord, il est nécessaire de déterminer les niveaux d'exposition à l'aide de mesures réalisées sur site ou à l'aide de la modélisation.

Ensuite, il s'agit de définir pour les cibles et/ou les populations identifiées, ainsi que pour les voies d'exposition identifiées, des scénarios d'exposition cohérents visant à considérer essentiellement : soit les expositions de type chronique, soit les expositions récurrentes ou continues correspondant à une fraction significative de la durée de vie.

Dans la situation étudiée, seul le scénario d'exposition sportif est considéré :

- **Effets à seuils :**
  - **Retraité** : ce scénario considère les personnes vivant dans la maison de retraite située dans la bande d'étude ;
  - **Sportif** : ce scénario considère les sportifs fréquentant les terrains de sport situés dans la bande d'étude ;
  - **Écoliers** : ce scénario considère les enfants fréquentant les établissements scolaires situés dans la bande d'étude ;
- **Effets sans seuils :**
  - **Sportif** : ce scénario considère les sportifs fréquentant les terrains de sport situés dans la bande d'étude ;

- **Écoliers** : ce scénario considère les enfants fréquentant les établissements scolaires situés dans la bande d'étude.

L'étape suivante consiste à estimer les quantités de substance absorbées par les individus du domaine examiné. Pour l'inhalation, la dose journalière est en fait une concentration inhalée. Comme on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour.

Celle-ci se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$CI = \left( \sum_i (Ci \times ti) \right) \times F \times \frac{T}{Tm}$$

CI	Concentration moyenne inhalée	[µg/m <sup>3</sup> ]
ti	Fraction du temps d'exposition à la concentration CI pendant une journée	[Sans dimension]
F	Fréquence ou taux d'exposition => nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours	
T	Nombre d'années d'exposition	[années]
Tm	Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée	[année]

Pour les polluants avec effets « à seuil », l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition, soit T = Tm.

Alors que pour les effets « sans seuils », Tm sera assimilé à la vie entière prise conventionnellement égale à 70 ans.

Les scénarios d'exposition ainsi que les paramètres associés sont retrouvés ci-après.

**Tableau 50: Scénario d'exposition « Retraité » et paramètres considérés**

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
<b>RETRAITE</b>		<b>En continu</b>	
<b>Années d'exposition : 5 ans</b>	Domicile	24 h/jour 7 jours/semaine 52 semaines/an	Concentration calculée au niveau de l'établissement



Tableau 51 : Scénario d'exposition « Sportif » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
SPORTIF Années d'exposition : 30 ans	Séances de sport		
	Terrain de sport en extérieur	10 h/semaine 50 semaines/an	Concentration calculée au niveau du site
	Hors séances de sport		
	Domicile	158 h/semaine 50 semaines/an	Concentration centile 90

Tableau 52: Scénario d'exposition « Écolier » et paramètres considérés

Scénario d'exposition	Lieu fréquenté	Durée d'exposition retenue	Concentration considérée pour les calculs
ECOLIER Années d'exposition : 8 ans	En semaine		
	École primaire	9 h/jour – 4 jours/semaine – 36 semaines /an	Concentration calculée au niveau de l'établissement
		5 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an	
	Domicile	15 h/jour – 4 jours/ semaine – 36 semaines /an	Concentration centile 90
		19 h/jour – 1 jour/ semaine – 36 semaines /an	
		24 h/jour – 5 jours/ semaine – 16 semaines /an	
	Week-end		
Domicile	24 h/jour – 2 jours/semaine – 52 semaines/an	Concentration centile 90	

## Étape n°4 : Caractérisation des risques

La caractérisation des risques est réalisée à l'aide du calcul des indices de risques. Ces indices diffèrent selon que l'on examine les effets « à seuils » ou « sans seuils ». Pour les effets toxiques « à seuils », l'expression déterministe de la survenue d'un effet toxique dépend du dépassement d'une valeur : la Valeur Toxique de Référence [VTR]. On calcule alors un **Quotient de Danger** [QD], qui correspond au rapport de la dose journalière exposition sur la VTR.

$$QD = CMI/CAA$$

CMI Concentration Moyenne Inhalée [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]CAA Concentration Admissible dans l'Air / concentration de référence [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Lorsque le QD est inférieur à 1, cela signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger, et ce, même pour les populations sensibles, compte tenu des facteurs de sécurité utilisés.

Si, au contraire, le QD est supérieur ou égal à 1, cela signifie que l'effet toxique peut se déclarer sans qu'il soit possible de prédire la probabilité de survenue de cet événement.

Pour les effets toxiques sans seuils, on calcule l'excès de risque individuel [ERI] par inhalation, en rapportant l'excès de risque unitaire [ERU] vie entière (conventionnellement 70 ans) à la dose journalière d'exposition [DJE] pour la voie orale ou à la concentration atmosphérique inhalée [CI] pour l'inhalation.

$$ERI = ERU_i \times CMI$$

CMI Concentration Moyenne Inhalée [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]ERU<sub>i</sub> Excès de Risque Unitaire par inhalation [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]<sup>-1</sup>

L'interprétation des résultats s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables. Il n'existe pas bien entendu de seuil absolu d'acceptabilité, mais la valeur de 10<sup>-6</sup> (soit un cas de cancer supplémentaire sur un million de personnes exposées durant leur vie entière) est considérée aux Etats-Unis comme le seuil de risque négligeable et 10<sup>-4</sup> comme le seuil de l'inacceptable en population générale.

**En France, l'InVS utilise la valeur de 10<sup>-5</sup>.** Ce seuil de 10<sup>-5</sup> est souvent retrouvé dans la définition des valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air par l'OMS.

Les effets conjugués sont pris en considération dans l'EQRS car les individus sont rarement exposés à une seule substance.

Afin de prendre en considération les effets des mélanges, on procède comme suit :

- Pour les effets à seuils : les QD sont additionnés uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- Pour les effets sans seuils : la somme des ERI est effectuée, quel que soit l'organe cible.

❖ Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets à seuil : Quotient de danger

Les concentrations moyennes inhalées sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 53: Concentrations moyennes inhalées – effets à seuil – scénario « Retraité »

Scénario Retraité				
Unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2015	2018	2020	2035
	Actuel	Liaison RD65-RD9	Liaison RD9-RD8N	Tous projets
Acéaldéhyde	2.30E-02	1.90E-02	2.03E-02	1.81E-02
Acroléine	1.14E-02	9.67E-03	1.05E-02	9.58E-03
Arsenic	6.98E-07	7.10E-07	8.38E-07	9.08E-07
Baryum	1.27E-04	1.30E-04	1.54E-04	1.69E-04
Benzène	4.03E-02	2.63E-02	2.42E-02	1.37E-02
Butadiène	8.92E-03	6.10E-03	5.87E-03	4.09E-03
Cadmium	9.17E-06	9.31E-06	1.10E-05	1.17E-05
Chrome	5.51E-05	5.65E-05	6.70E-05	7.32E-05
Formaldéhyde	4.52E-02	3.65E-02	3.87E-02	3.39E-02
Mercure	6.96E-05	6.79E-05	7.86E-05	7.93E-05
Nickel	2.09E-05	2.13E-05	2.51E-05	2.72E-05
PM2.5	2.53E-01	1.69E-01	1.47E-01	4.06E-02
Plomb	3.87E-08	2.70E-08	4.73E-08	5.10E-08

Tableau 54: Concentrations moyennes inhalées – effets à seuil – scénario « Sportif »

Scénario Sportif				
Unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2015	2018	2020	2035
	Actuel	Liaison RD65-RD9	Liaison RD9-RD8N	Tous projets
Acéaldéhyde	3.39E-02	2.82E-02	2.92E-02	2.67E-02
Acroléine	1.68E-02	1.43E-02	1.50E-02	1.42E-02
Arsenic	1.03E-06	1.05E-06	1.20E-06	1.34E-06
Baryum	1.87E-04	1.92E-04	2.21E-04	2.50E-04
Benzène	5.93E-02	3.88E-02	3.47E-02	2.02E-02
Butadiène	1.31E-02	9.01E-03	8.43E-03	6.04E-03
Cadmium	1.35E-05	1.38E-05	1.57E-05	1.73E-05
Chrome	8.10E-05	8.36E-05	9.62E-05	1.08E-04
Formaldéhyde	6.64E-02	5.40E-02	5.56E-02	5.01E-02
Mercure	1.03E-04	1.00E-04	1.13E-04	1.17E-04
Nickel	3.08E-05	3.15E-05	3.61E-05	4.02E-05
PM2.5	3.72E-01	2.50E-01	2.11E-01	6.01E-02
Plomb	5.69E-08	4.87E-08	6.78E-08	7.55E-08

**Tableau 55: Concentrations moyennes inhalées – effets à seuil – scénario « Écolier »**

Scénario Écolier - École primaire du Pont de l'Arc				
Unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2015	2018	2020	2035
	Actuel	Liaison RD65-RD9	Liaison RD9-RD8N	Tous projets
Acétaldéhyde	3.99E-02	3.31E-02	3.20E-02	2.93E-02
Acroléine	1.98E-02	1.68E-02	1.65E-02	1.55E-02
Arsenic	1.21E-06	1.23E-06	1.32E-06	1.47E-06
Baryum	2.21E-04	2.26E-04	2.43E-04	2.73E-04
Benzène	6.99E-02	4.56E-02	3.81E-02	2.21E-02
Butadiène	1.54E-02	1.06E-02	9.25E-03	6.61E-03
Cadmium	1.59E-05	1.62E-05	1.73E-05	1.90E-05
Chrome	9.55E-05	9.81E-05	1.06E-04	1.18E-04
Formaldéhyde	7.82E-02	6.34E-02	6.10E-02	5.48E-02
Mercure	1.21E-04	1.18E-04	1.24E-04	1.28E-04
Nickel	3.62E-05	3.69E-05	3.96E-05	4.40E-05
PM2.5	4.38E-01	2.93E-01	2.31E-01	6.58E-02
Plomb	6.71E-08	5.66E-08	7.45E-08	8.26E-08
Scénario Écolier - École primaire des Floralties				
Unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2015	2018	2020	2035
	Actuel	Liaison RD65-RD9	Liaison RD9-RD8N	Tous projets
Acétaldéhyde	3.21E-02	2.67E-02	2.75E-02	2.51E-02
Acroléine	1.59E-02	1.35E-02	1.42E-02	1.33E-02
Arsenic	9.74E-07	9.97E-07	1.13E-06	1.26E-06
Baryum	1.77E-04	1.82E-04	2.08E-04	2.34E-04
Benzène	5.62E-02	3.68E-02	3.27E-02	1.89E-02
Butadiène	1.24E-02	8.54E-03	7.94E-03	5.66E-03
Cadmium	1.28E-05	1.30E-05	1.48E-05	1.62E-05
Chrome	7.68E-05	7.91E-05	9.07E-05	1.01E-04
Formaldéhyde	6.29E-02	5.11E-02	5.24E-02	4.69E-02
Mercure	9.71E-05	9.49E-05	1.06E-04	1.10E-04
Nickel	2.91E-05	2.98E-05	3.40E-05	3.77E-05
PM2.5	3.53E-01	2.36E-01	1.99E-01	5.63E-02
Plomb	5.39E-08	4.60E-08	6.39E-08	7.07E-08

Les quotients de dangers sont calculés par polluants et par organes-cibles à partir de ces concentrations. Les graphiques suivants présentent les quotients de dangers calculés par organe cible.

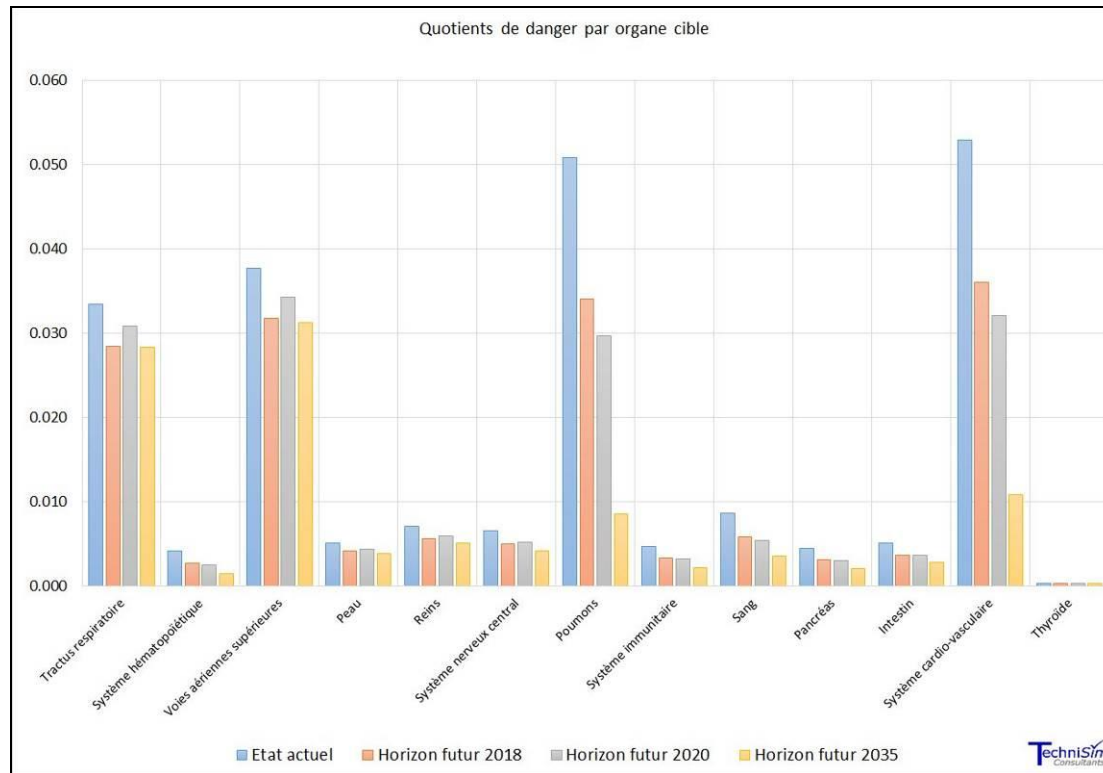


Figure 57: Quotients de dangers par organe cible – Scénario «Retraité»

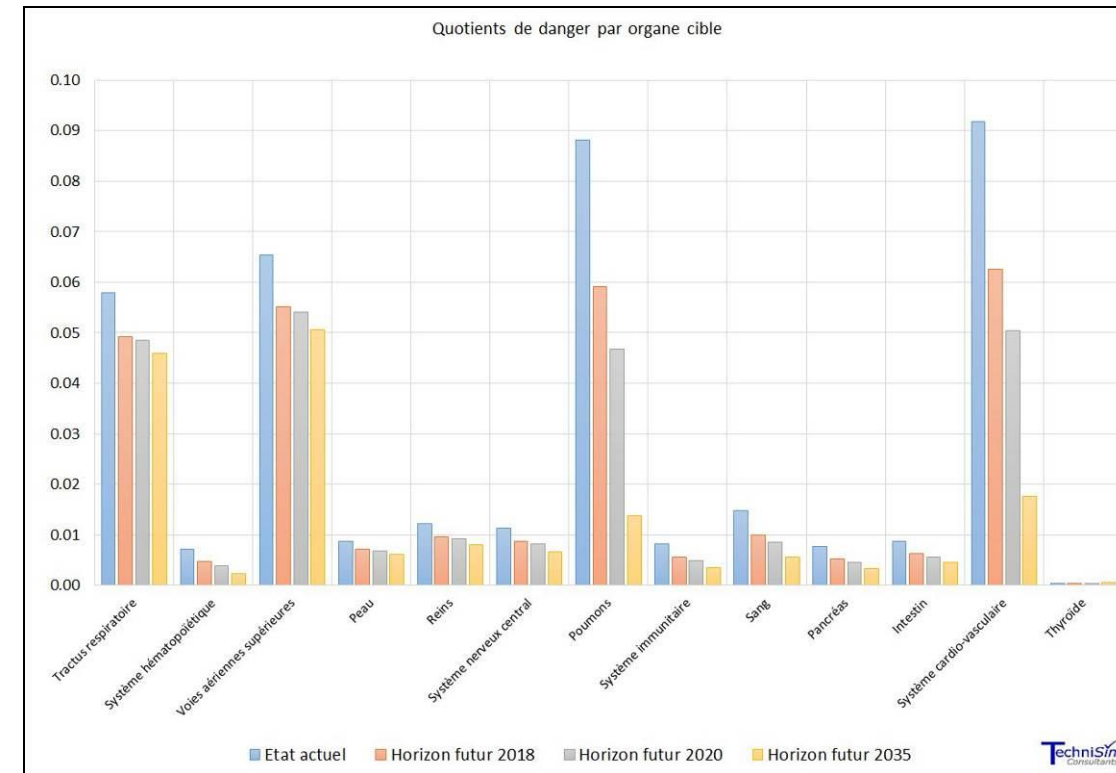


Figure 59: Quotients de dangers par organe cible – Scénario «Écolier - École primaire du Pont de l'Arc»

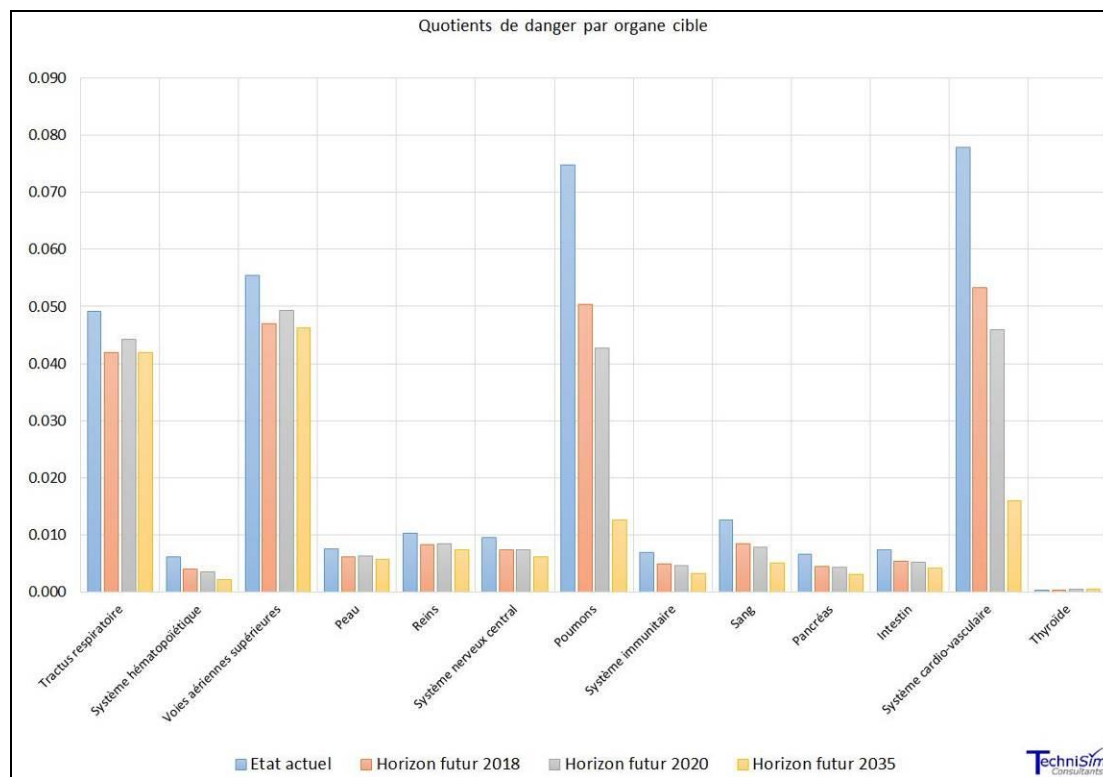


Figure 58: Quotients de dangers par organe cible – Scénario «Sportif»

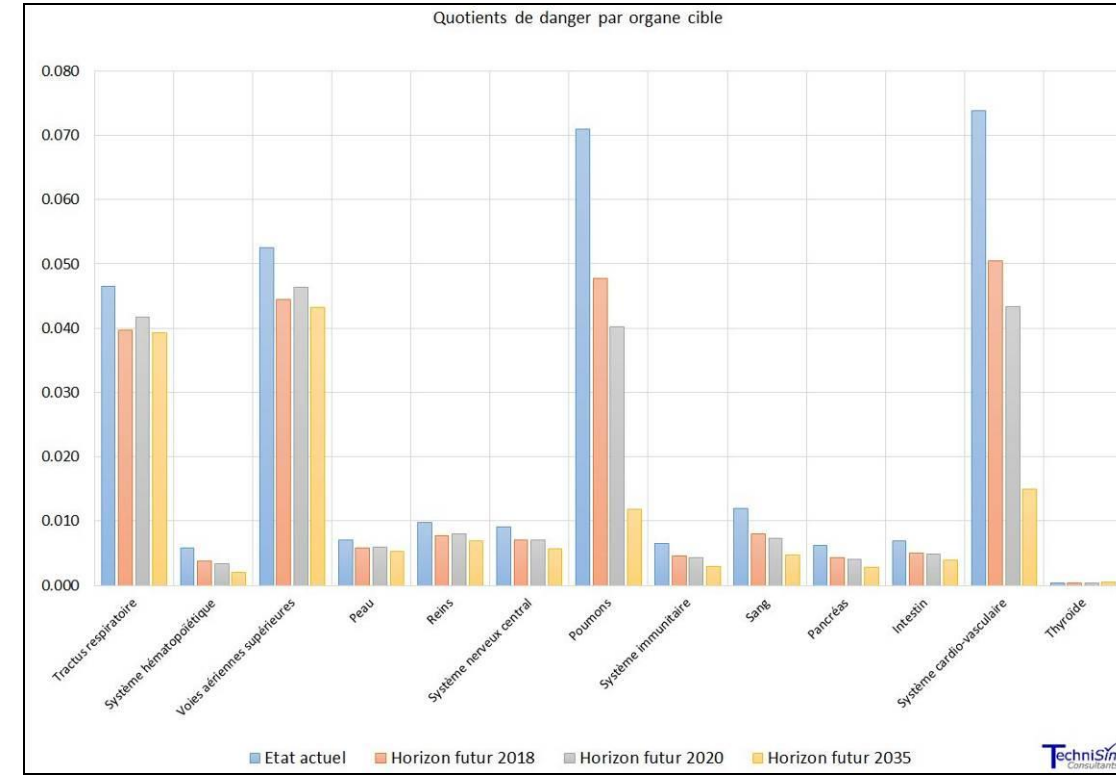


Figure 60: Quotients de dangers par organe cible – Scénario «Écolier - École primaire des Floraliés»

Tableau 56: Quotients de danger –scénario « Retraité »

Scénario Retraité				
Quotients de danger	2015	2018	2020	2035
	Actuel	Liaison RD65-RD9	Liaison RD9-RD8N	Tous projets
Acétaldéhyde	1.6E-04	1.4E-04	1.5E-04	1.3E-04
Acroléine	3.3E-02	2.8E-02	3.0E-02	2.7E-02
Arsenic	4.7E-05	4.7E-05	5.6E-05	6.1E-05
Baryum	1.3E-04	1.3E-04	1.5E-04	1.7E-04
Benzène	4.1E-03	2.7E-03	2.5E-03	1.4E-03
Butadiène	4.5E-03	3.1E-03	2.9E-03	2.0E-03
Cadmium	2.0E-05	2.1E-05	2.4E-05	2.6E-05
Chrome	5.5E-04	5.7E-04	6.7E-04	7.3E-04
Formaldéhyde	5.0E-03	4.1E-03	4.3E-03	3.8E-03
Mercure	2.3E-03	2.3E-03	2.6E-03	2.6E-03
Nickel	2.3E-04	2.4E-04	2.8E-04	3.0E-04
PM2.5	5.1E-02	3.4E-02	2.9E-02	8.1E-03
Plomb	7.7E-08	5.4E-08	9.5E-08	1.0E-07

Tableau 57: Quotients de danger – scénario « Sportif »

Scénario Sportif				
Quotients de danger	2015	2018	2020	2035
	Actuel	Liaison RD65-RD9	Liaison RD9-RD8N	Tous projets
Acétaldéhyde	2.4E-04	2.0E-04	2.1E-04	1.9E-04
Acroléine	4.8E-02	4.1E-02	4.3E-02	4.1E-02
Arsenic	6.8E-05	7.0E-05	8.0E-05	8.9E-05
Baryum	1.9E-04	1.9E-04	2.2E-04	2.5E-04
Benzène	6.1E-03	4.0E-03	3.6E-03	2.1E-03
Butadiène	6.5E-03	4.5E-03	4.2E-03	3.0E-03
Cadmium	3.0E-05	3.1E-05	3.5E-05	3.8E-05
Chrome	8.1E-04	8.4E-04	9.6E-04	1.1E-03
Formaldéhyde	7.4E-03	6.0E-03	6.2E-03	5.6E-03
Mercure	3.4E-03	3.3E-03	3.8E-03	3.9E-03
Nickel	3.4E-04	3.5E-04	4.0E-04	4.5E-04
PM2.5	7.4E-02	5.0E-02	4.2E-02	1.2E-02
Plomb	1.1E-07	9.7E-08	1.4E-07	1.5E-07

Tableau 58: Quotients de danger – scénario « Écolier »

Scénario Écolier - École primaire du Pont de l'Arc				
Quotients de danger	2015	2018	2020	2035
	Actuel	Liaison RD65-RD9	Liaison RD9-RD8N	Tous projets
Acétaldéhyde	2.9E-04	2.4E-04	2.3E-04	2.1E-04
Acroléine	5.7E-02	4.8E-02	4.7E-02	4.4E-02
Arsenic	8.1E-05	8.2E-05	8.8E-05	9.8E-05
Baryum	2.2E-04	2.3E-04	2.4E-04	2.7E-04
Benzène	7.2E-03	4.7E-03	3.9E-03	2.3E-03
Butadiène	7.7E-03	5.3E-03	4.6E-03	3.3E-03
Cadmium	3.5E-05	3.6E-05	3.8E-05	4.2E-05
Chrome	9.6E-04	9.8E-04	1.1E-03	1.2E-03
Formaldéhyde	8.7E-03	7.0E-03	6.8E-03	6.1E-03
Mercure	4.0E-03	3.9E-03	4.1E-03	4.3E-03
Nickel	4.0E-04	4.1E-04	4.4E-04	4.9E-04
PM2.5	8.8E-02	5.9E-02	4.6E-02	1.3E-02
Plomb	1.3E-07	1.1E-07	1.5E-07	1.7E-07
Scénario Écolier - École primaire des Floraliés				
Quotients de danger	2015	2018	2020	2035
	Actuel	Liaison RD65-RD9	Liaison RD9-RD8N	Tous projets
Acétaldéhyde	2.3E-04	1.9E-04	2.0E-04	1.8E-04
Acroléine	4.5E-02	3.9E-02	4.1E-02	3.8E-02
Arsenic	6.5E-05	6.6E-05	7.6E-05	8.4E-05
Baryum	1.8E-04	1.8E-04	2.1E-04	2.3E-04
Benzène	5.8E-03	3.8E-03	3.4E-03	1.9E-03
Butadiène	6.2E-03	4.3E-03	4.0E-03	2.8E-03
Cadmium	2.8E-05	2.9E-05	3.3E-05	3.6E-05
Chrome	7.7E-04	7.9E-04	9.1E-04	1.0E-03
Formaldéhyde	7.0E-03	5.7E-03	5.8E-03	5.2E-03
Mercure	3.2E-03	3.2E-03	3.5E-03	3.7E-03
Nickel	3.2E-04	3.3E-04	3.8E-04	4.2E-04
PM2.5	7.1E-02	4.7E-02	4.0E-02	1.1E-02
Plomb	1.1E-07	9.2E-08	1.3E-07	1.4E-07

Il est constaté que tous les quotients de danger sont inférieurs à 1 (seuil d'acceptabilité), même en les additionnant par organe cible.

Par conséquent, et au regard des connaissances actuelles, les effets critiques n'apparaîtront pas *a priori* au sein de la population exposée.

Il est constaté que tous les quotients de danger sont inférieurs à 1 (seuil d'acceptabilité), cela même en les additionnant par organe cible.

Par conséquent, et au regard des connaissances actuelles, les effets critiques n'apparaîtront pas *a priori* au sein de la population exposée.

❖ Évaluation de l'indicateur sanitaire pour les effets sans seuil : calcul de l'excès de risque individuel (ERI)

Cet indicateur représente la probabilité de survenue d'une pathologie pour les individus exposés, compte tenu du scénario construit.

On parle d'excès de risque car cette probabilité est liée à l'exposition au polluant considéré et s'ajoute au risque de base présent dans la population.

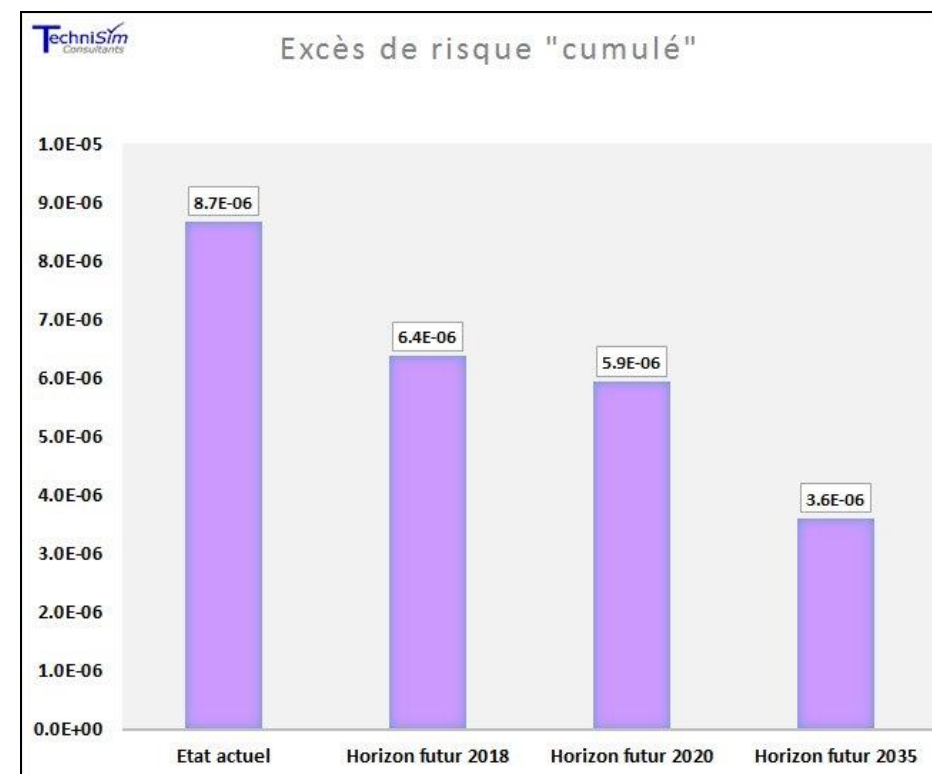
Les résultats sont présentés dans les graphiques qui vont suivre.

Tableau 59: Excès de risque individuel cumulé – Scénario « sportif »

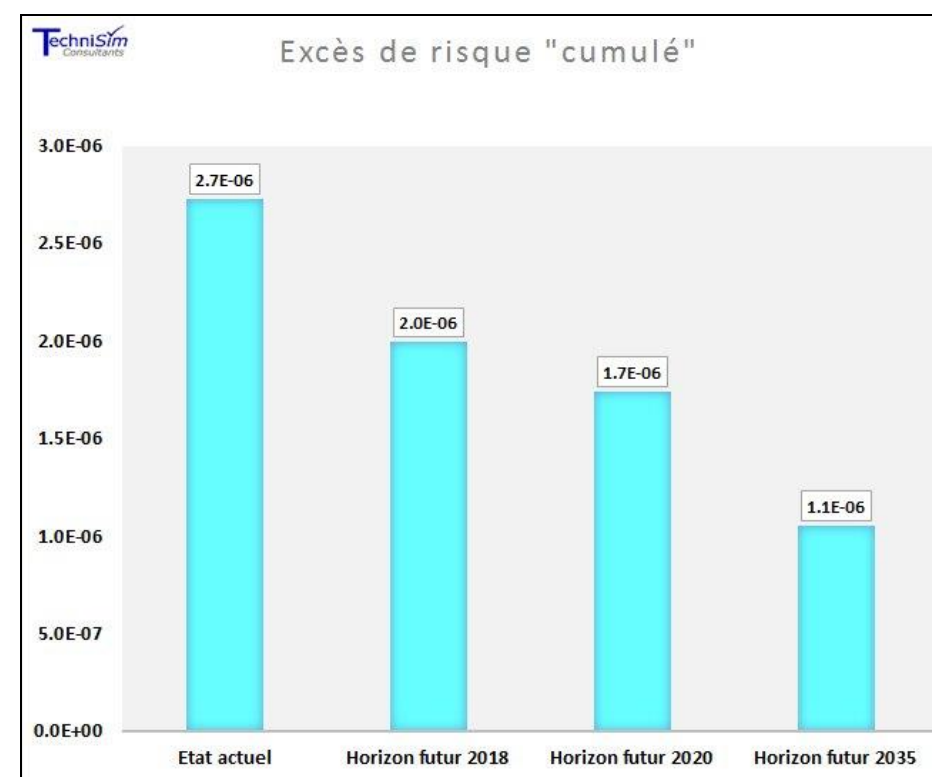
Excès de risque	État actuel	Horizon futur 2018	Horizon futur 2020	Horizon futur 2035
Acétaldéhyde	3.2E-08	2.7E-08	2.8E-08	2.5E-08
Arsenic	1.9E-09	1.9E-09	2.2E-09	2.5E-09
Benzo(a)pyrène	1.4E-08	1.5E-08	1.7E-08	1.9E-08
Benzène	6.6E-07	4.3E-07	3.9E-07	2.2E-07
Butadiène	9.5E-07	6.6E-07	6.1E-07	4.4E-07
Cadmium	2.4E-08	2.5E-08	2.8E-08	3.1E-08
Chrome	1.4E-06	1.4E-06	1.6E-06	1.9E-06
Formaldéhyde	1.7E-07	1.4E-07	1.4E-07	1.3E-07
Nickel	5.0E-09	5.1E-09	5.9E-09	6.6E-09
Plomb	2.9E-13	2.5E-13	3.5E-13	3.9E-13
Particules diesel	5.4E-06	3.6E-06	3.1E-06	8.8E-07
<b>Cumulé</b>	<b>8.7E-06</b>	<b>6.4E-06</b>	<b>5.9E-06</b>	<b>3.6E-06</b>

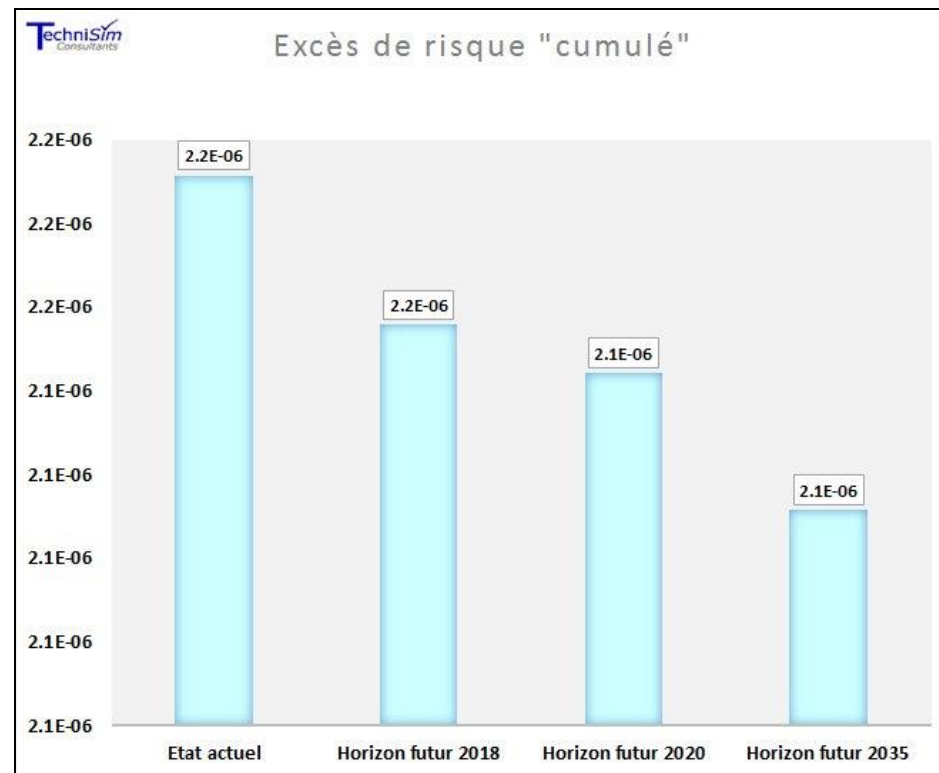
**Tableau 60: Excès de risque individuel cumulé – Scénario « écolier - École primaire du Pont de l'Arc »**

Excès de risque	État actuel	Horizon futur 2018	Horizon futur 2020	Horizon futur 2035
Acétaldéhyde	1.0E-08	8.3E-09	8.1E-09	7.4E-09
Arsenic	6.0E-10	6.1E-10	6.5E-10	7.2E-10
Benzo(a)pyrène	4.4E-09	4.6E-09	5.0E-09	5.7E-09
Benzène	2.1E-07	1.4E-07	1.1E-07	6.6E-08
Butadiène	3.0E-07	2.1E-07	1.8E-07	1.3E-07
Cadmium	7.6E-09	7.8E-09	8.3E-09	9.1E-09
Chrome	4.4E-07	4.5E-07	4.8E-07	5.4E-07
Formaldéhyde	5.4E-08	4.3E-08	4.2E-08	3.8E-08
Nickel	1.6E-09	1.6E-09	1.7E-09	1.9E-09
Plomb	9.2E-14	7.8E-14	1.0E-13	1.1E-13
Particules diesel	1.7E-06	1.1E-06	9.0E-07	2.6E-07
<b>Cumulé</b>	<b>2.7E-06</b>	<b>2.0E-06</b>	<b>1.7E-06</b>	<b>1.1E-06</b>

**Figure 61: Excès de risques individuel – Scénario « Sportif »****Tableau 61: Excès de risque individuel cumulé – Scénario « écolier - École primaire des Floraliés »**

Excès de risque	État actuel	Horizon futur 2018	Horizon futur 2020	Horizon futur 2035
Acétaldéhyde	8.1E-09	8.0E-09	8.0E-09	7.9E-09
Arsenic	4.8E-10	4.8E-10	4.8E-10	4.8E-10
Benzo(a)pyrène	3.5E-09	3.5E-09	3.6E-09	3.6E-09
Benzène	1.7E-07	1.6E-07	1.6E-07	1.6E-07
Butadiène	2.4E-07	2.4E-07	2.4E-07	2.3E-07
Cadmium	6.1E-09	6.1E-09	6.2E-09	6.2E-09
Chrome	3.5E-07	3.5E-07	3.5E-07	3.6E-07
Formaldéhyde	4.3E-08	4.3E-08	4.3E-08	4.2E-08
Nickel	1.3E-09	1.3E-09	1.3E-09	1.3E-09
Plomb	7.4E-14	7.3E-14	7.4E-14	7.5E-14
Particules diesel	1.4E-06	1.3E-06	1.3E-06	1.3E-06
<b>Cumulé</b>	<b>2.2E-06</b>	<b>2.2E-06</b>	<b>2.1E-06</b>	<b>2.1E-06</b>

**Figure 62: Excès de risques individuel – Scénario « Écolier de l'école primaire du Pont de l'Arc »**



**Figure 63: Excès de risques individuel – Scénario « Écolier de l'école primaire des Florales »**

En considérant les ERI par composés, il est constaté que les ERI sont tous inférieurs à la valeur seuil de  $10^{-5}$  pour les horizons futurs.

#### ❖ Incertitudes relatives à l'EQRS

L'évaluation quantitative des risques sanitaires est segmentée en quatre étapes qui sont respectivement sujettes à des incertitudes spécifiques [Hubert, 2003].

Le tableau qui va suivre reprend de façon schématique les différentes étapes et les incertitudes qui leur sont associées.

<p><b>Étape 1 : Identification du danger</b></p> <p><i>Quels sont les effets néfastes de l'agent et son mode de contact ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interaction de mélanges de polluants</li> <li>• Produits de dégradation des molécules mal connus</li> <li>• Données pas toujours disponibles pour l'homme ou même l'animal</li> </ul>
<p><b>Étape 2 : Choix de la VTR</b></p> <p><i>Quelle est la relation entre la dose et la réponse de l'organisme ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrapolation des observations lors d'expérimentation à dose moyenne vers les faibles doses d'exposition de populations</li> <li>• Transposition des données d'une population vers une autre (utilisation de données animales pour l'homme)</li> <li>• Analogie entre les effets de plusieurs facteurs de risques différents (analogie entre différents polluants)</li> </ul>
<p><b>Étape 3 : Estimation de l'Exposition</b></p> <p><i>Qui, où, combien et combien de temps en contact avec l'agent dangereux ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficulté à déterminer la contamination des différents médias d'exposition (manque ou erreur de mesure, variabilité des systèmes environnementaux, pertinence de la modélisation)</li> <li>• Mesure de la dose externe, interne et biologique efficace</li> <li>• Difficulté pour définir les déplacements, temps de séjours, activité, habitudes alimentaires de la population</li> </ul>
<p><b>Étape 4 : Caractérisation du risque</b></p> <p><i>Quelle est la probabilité de survenue du danger pour un individu dans une population donnée ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méconnaissance de l'action de certains polluants (VTR non validées)</li> <li>• Hypothèses posées en termes de dispersion des polluants influencent le résultat</li> <li>• Calcul de l'impact sanitaire qui rajoute un niveau d'incertitude</li> </ul>



### Identification des dangers

L'identification des dangers est une démarche qualitative qui est initiée par un inventaire des différents produits susceptibles de provoquer des nuisances d'ordre sanitaire. A ce stade, les incertitudes sont liées au défaut d'information et aux controverses scientifiques. Dans le cas présent, l'EQRS a porté sur les polluants dont les effets sont connus. Les autres ont été exclus de la démarche car les substances ont été jugées non pertinentes ou bien tout simplement car l'information n'existe pas.

Ces substances n'ont pas encore de facteurs d'émission, mais la proximité des valeurs de référence avec les teneurs ambiantes et/ou la sévérité des effets sanitaires conduisent les spécialistes à recommander des recherches sur leurs facteurs d'émission.

### Évaluation des incertitudes sur l'évaluation de la toxicité

L'identification exhaustive des dangers potentiels pour l'homme, le risque lié à des substances non prises en compte dans l'évaluation et la possibilité d'interaction de polluants tendent à sous-estimer le risque en raison du manque de connaissances et de données dans certains domaines.

Les études toxicologiques et épidémiologiques présentent des limites. Les VTR sont établies principalement à partir d'études expérimentales chez l'animal, mais également à partir d'études et d'enquêtes épidémiologiques chez l'homme. L'étape qui génère l'incertitude la plus difficile à appréhender est sans doute celle de la construction des relations dose-réponse, étape initiale de l'établissement des valeurs toxicologiques de référence [VTR]. Il est rappelé que pour le cas des produits cancérigènes sans effet de seuil, ces VTR sont considérées comme étant des probabilités de survenue de cancer excédentaire par unité de dose.

Lorsque les VTR sont établies à partir de données animales, l'extrapolation à l'homme se réalise en général en appliquant des facteurs de sécurité (appelés aussi facteurs d'incertitude ou facteurs d'évaluation) aux seuils sans effet néfaste définis chez l'animal.

Lorsque la VTR est établie à partir d'une étude épidémiologique conduite chez l'homme (par exemple sur une population de travailleurs), l'extrapolation à la population générale se fait également en appliquant un facteur de sécurité afin de tenir compte notamment de la différence de sensibilité des deux populations.

Ainsi, les facteurs de sécurité ont-ils pour but de tenir compte des incertitudes et de la variabilité liées à la transposition inter-espèces, à l'extrapolation des résultats expérimentaux ou aux doses faibles, et à la variabilité entre les individus au sein de la population.

Ces facteurs changent d'une substance à une autre. Pour certaines d'entre elles, il n'existe pas de facteur de quantification en l'état actuel des connaissances.

### Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition

Quatre types d'incertitudes peuvent être associés à l'évaluation de l'exposition :

- L'incertitude portant sur la définition des populations et des usages ;
- L'incertitude portant sur les modèles utilisés ;
- L'incertitude portant sur les paramètres ;
- L'incertitude portant sur les substances émises par les sources de polluants considérées.

Les phénomènes intervenant dans l'exposition des populations à une source de polluants dans l'environnement sont très nombreux. Le manque de connaissances et les incertitudes élevées autour de certains modes de transfert des polluants dans l'atmosphère amènent à utiliser des représentations mathématiques simples pour modéliser la dispersion. À noter que ces représentations mathématiques induisent des incertitudes difficilement quantifiables.

### Caractérisation du risque

Dernière étape de l'EQRS : la caractérisation du risque, ce dernier étant défini ici comme une « éventualité » d'apparition d'effets indésirables.

Pour les produits cancérigènes sans effet de seuil, la quantification du risque consiste à mettre en relation - pour les différentes voies d'exposition identifiées- les VTR et les doses d'exposition, afin d'arriver à une prédiction sur l'apparition de cancers parmi une population exposée. Les incertitudes inhérentes à cette étape concernent, outre les modèles conceptuels utilisés pour estimer les doses pour les voies d'exposition considérées, les valeurs numériques des facteurs d'exposition qui influencent les résultats des calculs de dose (facteur d'ingestion, fréquence et durée d'exposition, poids corporel, *et cætera*).

#### ❖ Synthèse de l'EQRS

L'EQRS a été menée conformément aux recommandations de l'Institut de Veille Sanitaire et de l'INERIS. Ainsi, il a été successivement présenté :

- Une identification des dangers liés aux substances « traceurs » retenues ;
- Une identification et une sélection des VTR ;
- Une caractérisation des risques sanitaires pour la voie inhalation ;

- Une identification des facteurs d'incertitude liés à l'évaluation menée.

Pour tous les scénarios étudiés, il est constaté que tous les *Quotients de Danger* sont inférieurs à 1 (seuil d'acceptabilité), même en les additionnant par organe cible.

De même l'*Excès de Risque Individuel cumulé* est inférieur au seuil de  $10^{-5}$  pour toutes les situations considérées.

#### 15.4. SYNTHÈSE – IMPACTS SUR PROJET SUR LA SANTE

Les émissions atmosphériques générées par le trafic automobile provoquent différents problèmes sanitaires.

D'une manière générale, le projet va entraîner une modification des flux de véhicules sur le domaine d'étude. Cependant, cela ne va pas engendrer de dégradation importante de la qualité de l'air. En effet, les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, ainsi que la mise en application des normes Euro 5 et Euro 6 associée au renouvellement du parc roulant vont compenser l'augmentation du trafic par rapport à 2015.

Seuls les polluants émis par l'usure des véhicules et des revêtements routiers augmentent avec les hausses de trafic sur la zone.

En définitive, les mises en services de différents projets ne vont pas entraîner de dégradation notable de la qualité de l'air sur la zone.

Compte tenu du renouvellement du parc roulant et des baisses des émissions associées qui compensent les augmentations de trafic liées à la création de l'échangeur, l'exposition des populations à la pollution d'origine automobile tend à baisser dans les horizons futurs.

Par ailleurs, les quotients de dangers ainsi que les excès de risque individuels sont inférieurs aux valeurs seuils d'acceptabilité du risque avec les concentrations calculées pour les horizons futurs au niveau des sites sensibles présents dans la bande d'étude

## 16. COÛTS COLLECTIFS DE L'IMPACT SANITAIRE

### 16.1. COÛTS LIÉS AUX ÉMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHÉRIQUES

Le décret n°2003-767 a introduit, à propos des infrastructures de transport, un nouveau chapitre de l'étude d'impact concernant une analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité.

La monétarisation des coûts s'attache à comparer avec une unité commune (l'Euro) l'impact lié aux externalités négatives (ou nuisances) et les bénéfices du projet.

Le Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP) recommande dans un rapport de septembre 2013 des valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique. Ces valeurs ne couvrent pas tous les effets externes, mais elles concernent néanmoins la pollution locale de l'air sur la base de ses effets sanitaires. Ainsi, le rapport fournit, pour chaque type de trafic (poids lourds, véhicules particuliers, véhicules utilitaires légers) et pour quelques grands types d'occupation humaine (urbain dense, urbain diffus, interurbain, etc.), une valeur de l'impact - principalement sanitaire - de la pollution atmosphérique.

Ces valeurs sont présentées dans le tableau qui va suivre.

**Tableau 62 : Coûts unitaires de la pollution atmosphérique générée par le transport routier en 2010**

Densité de population des zones traversées par l'infrastructure	URBAIN Très dense	URBAIN Dense	URBAIN	URBAIN Diffus	Inter URBAIN
Fourchette [hab/km <sup>2</sup> ]	> 4500	1500 - 4500	450 - 1500	37 - 450	< 37
Densité moyenne [hab/km <sup>2</sup> ]	6750	2250	750	250	25
<b>Valeurs tutélaires pour le transport routier (en €<sub>2010</sub> / 100 véhicules x km)</b>					
<b>Véhicule Particulier</b>	<b>15,8</b>	<b>4,3</b>	<b>1,7</b>	<b>1,3</b>	<b>0,9</b>
VP diesel	20,4	5,5	2,2	1,6	1,1
VP essence	4,5	1,3	0,6	0,5	0,5
VP GPL	3,6	1,0	0,4	0,3	0,2
<b>Véhicule Utilitaire Léger</b>	<b>32,3</b>	<b>8,7</b>	<b>3,4</b>	<b>2,4</b>	<b>1,6</b>
VU diesel	33,7	9,1	3,5	2,5	1,6
VU essence	6,3	1,9	0,9	0,8	0,8
PL Diesel	186,6	37,0	17,7	9,4	6,4
Deux-roues	8,7	2,5	1,0	0,8	0,5
Bus	125,4	24,8	11,9	6,3	4,2

Sur la zone d'étude, les coûts utilisés sont ceux correspondant à un milieu de type « **urbain** ». L'application des valeurs du CGSP et de leur règle d'évolution pour l'ensemble du trafic et du parc, considéré conduit aux évaluations suivantes (valeurs journalière et annuelle) :

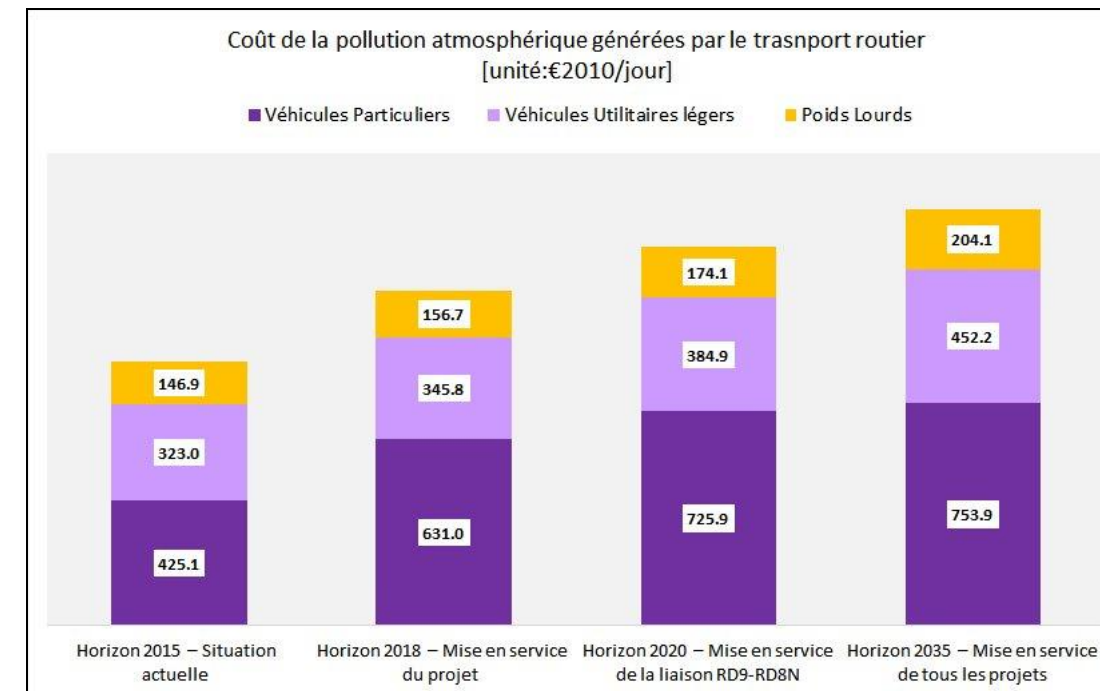
**Tableau 63 : Estimation des coûts de la pollution atmosphérique générée par le transport routier**

Type de véhicules	2015 Actuel	2018 Liaison RD65-RD9	2020 Liaison RD9-RD8N	2035 Tous projets
<b>Sur une journée [€2010]</b>				
Véhicules Particuliers	425.1	631.0	725.9	753.9
Véhicules Utilitaires légers	323.0	345.8	384.9	452.2
Poids Lourds	146.9	156.7	174.1	204.1
<b>Total</b>	<b>894.9</b>	<b>1133.5</b>	<b>1284.9</b>	<b>1410.2</b>

Le coût sanitaire de la pollution atmosphérique va augmenter en raison de la hausse du trafic pour les horizons futurs. Néanmoins, il est important de souligner, qu'à ce jour, lorsqu'elle est réalisée par les services instructeurs, l'estimation chiffrée des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique se base généralement sur les trafics sans retenir : ni la répartition spatiale de la population, ni les paramètres d'exposition.

Il devrait être possible d'affiner l'estimation des coûts sanitaires en s'intéressant à l'exposition de la population, dès lors que l'on se base sur le principe d'un lien de proportionnalité entre le coût sanitaire et l'Indice Pollution Population.

Le Cerema développe actuellement ce type de démarche.

**Figure 64 : Coût journalier de la pollution atmosphérique**

## 16.2. COÛTS LIÉS AUX ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Le coût social du carbone peut être considéré comme étant la valeur du préjudice qui découle de l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub>.

La monétarisation des conséquences de l'augmentation de l'effet de serre a été déterminée par une approche dite « tutélaire », dans la mesure où la valeur monétaire recommandée ne découle pas directement de l'observation des prix de marché mais relève d'une décision de l'État, sur la base d'une évaluation concertée de l'engagement français et européen dans la lutte contre le changement climatique.

Selon le document du Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP) intitulé « *Évaluation socioéconomique des investissements publics* » de septembre 2013, les valeurs à considérer pour une tonne d'équivalent CO<sub>2</sub> émise sont de 32 €<sub>2010</sub> en 2010 et de 100 €<sub>2010</sub> en 2030.

Dans le cadre de la loi relative à la transition énergétique, l'Assemblée nationale a fixé comme objectif de quadrupler entre 2016 et 2030 le prix carbone. Son prix, fixé à **22 euros la tonne de CO<sub>2</sub> en 2016**, passera à **56 euros en 2022**, puis à **100 euros en 2030**.

Sur la base de ces hypothèses et des règles d'évolution proposées par le CGSP, le coût des émissions des GES s'élève à :

**Tableau 64: Estimation des coûts des GES générés par le transport routier**

Unité temporelle	2015 Actuel	2018 Liaison RD65-RD9	2020 Liaison RD9-RD8N	2035 Tous projets
Sur une journée	175.0 €	331.0 €	527.8 €	1 076.3 €

La hausse du coût unitaire de la tonne de CO<sub>2</sub>, combinée aux augmentations des émissions des GES, explique les augmentations des coûts.

## 17. ANALYSE QUALITATIVE DES MESURES DE RÉDUCTION DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE DE PROXIMITÉ

La pollution atmosphérique dans le domaine des transports est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables.

Cependant, les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, la mise en application des normes Euro 5 et Euro 6 associée au renouvellement du parc roulant vont permettre une diminution des émissions, et donc une amélioration de la qualité de l'air.

## 18. EFFETS SUR LES SOLS ET LA VÉGÉTATION

La pollution atmosphérique a également des effets sur les végétaux et les sols. Dans le domaine des infrastructures routières interurbaines, il est estimé qu'environ 65 % des micropolluants émis par le trafic se dispersent autour de la route.

Ces derniers sont susceptibles de contaminer la végétation et les sols de manière directe aussi bien qu'indirecte.

### 18.1. EFFETS SUR LES SOLS

La pollution de l'air a deux effets sur les sols :

- La contamination des sols avec des substances potentiellement toxiques (les métaux lourds par exemple) ;
- L'acidification des sols.

La contamination du sol est due à la présence de polluants qui ont été dispersés, puis déposés sur le sol.

Des études ont montré que les dépôts de métaux lourds sont plus importants à proximité de la route (5 m à 25 m) et sont approximativement divisés par deux à 100 m de la route. Ces résultats ont été confirmés par d'autres études réalisées sur la contamination des végétaux implantés près des voies de circulation. Ces dernières indiquent que la contamination en métaux lourds (plomb, cadmium et zinc) est plus importante à proximité de la route (de 0,5 à 10 m) et devient beaucoup plus faible à une distance de 20 m. (Ward, 1994 ; Ylaranta, 1994 ; Malbreil, 1997 ; Garcia & Milan, 1998).

Les principaux effets de l'acidification sur la flore sont dus au dépôt de substances acidifiantes.

Les principaux polluants qui contribuent à l'acidification sont les suivants :

- Le dioxyde de soufre ;
- Les oxydes d'azote ;
- L'ammoniac.

Les effets de l'acidification varient géographiquement et dépendent d'une combinaison de deux facteurs : la quantité de dépôts (sec et humide) et la sensibilité naturelle du récepteur en question (sol et eau).

L'acidification réduit considérablement la fertilité des sols, en affectant essentiellement leur biologie, en décomposant les matières organiques et en provoquant la perte de substances nutritives. De plus, l'acidification des sols est un facteur déterminant de la libération de cations tels que le fer, l'aluminium, le calcium, le magnésium ou les métaux lourds (qui sont présents dans le sol en quantités significatives, mais de façon généralement très peu mobile). Cela a pour effet de réduire le pouvoir tampon des sols

(par la décomposition des minéraux argileux) et, partant, de modifier leur capacité à neutraliser l'acidité.

Ce phénomène se produit notamment sur les sols dotés d'un faible pouvoir tampon et constitue un problème grave, car irréversible.

Enfin, l'acidification des sols est étroitement liée à l'acidification de l'eau, qui peut affecter la vie aquatique, les eaux souterraines et l'approvisionnement en eau potable qui y est lié.

### 18.2. EFFETS SUR LA VÉGÉTATION

La pollution atmosphérique gazeuse et particulaire affecte la végétation.

La pollution gazeuse pénètre dans les plantes par des orifices situés sur les feuilles, les stomates. La plante réagit en fermant ces stomates et en fabriquant des enzymes. L'absorption des polluants entraîne des perturbations au niveau d'un grand nombre de processus physiologiques cellulaires. La plante, pour faire face à ce stress extérieur, y remédie en mettant en place des processus de rétablissement. Si ces processus s'avèrent insuffisants pour réparer ou compenser les dysfonctionnements cellulaires, des dommages apparaissent sur la plante. À fortes doses, ces dommages peuvent être irréversibles et causer des mortalités cellulaires et l'apparition de nécroses foliaires.

La pollution particulaire se dépose sur les sols et est ensuite absorbée par les racines des plantes. Les polluants sous forme soluble sont les plus toxiques car ils sont assimilables par les plantes. Absorbés par les racines, ils peuvent ainsi s'accumuler dans la plante et contaminer la chaîne alimentaire.

Les possibilités d'accumulation des métaux dans les plantes varient en fonction de nombreux paramètres, comme par exemple les propriétés du sol (pH, composition), le type d'élément, le type d'espèce et le type d'organe considérés. Par ailleurs, l'observation de caractéristiques différentes de routes montre que la contamination des sols varie selon la géométrie de l'infrastructure (remblai, déblai) et les conditions climatiques locales.

Les polluants primaires sont peu phytotoxiques. Les effets sur les végétaux sont provoqués essentiellement par la transformation en polluants secondaires :

- Pluies acides ;
- Formation d'ozone beaucoup plus phytotoxique (périodes chaudes).

Les concentrations en polluants secondaires sont faibles en milieu urbain. Ainsi, il y a peu d'effets sur la végétation. En milieu interurbain, les polluants (principalement l'ozone, généré en milieu urbain) se répartissent sur de larges zones. Les concentrations, même à faible niveau, entraînent une réaction de défense des végétaux. Les exploitations agricoles et forestières en subissent directement les conséquences par une diminution de leur rendement.

❖ Ozone (O<sub>3</sub>)

L'ozone est un oxydant puissant, qui réagit directement avec les composés chimiques présents à la surface des cellules végétales (parois et membranes).

L'ozone peut entraîner des dégâts foliaires entraînant un vieillissement prématuré des feuilles, et donc une photosynthèse moins longtemps efficace, aboutissant à une diminution de la croissance et de la production des plantes. Cependant, l'impact sur le fonctionnement des plantes reste limité si juste une faible proportion de la surface des feuilles est endommagée.

L'ozone peut également avoir pour conséquence des perturbations du métabolisme sans dégâts apparents, mais qui conduisent à une diminution de la croissance ou de la productivité des cultures :

Réduction de la photosynthèse ;

Augmentation de la respiration : une partie des sucres élaborés par la photosynthèse est consommée par la respiration pour fournir l'énergie nécessaire à la réparation des tissus abîmés par l'ozone.

❖ Particules en suspension (PM)

Les effets des poussières sur les écosystèmes sont encore assez peu connus.

Cependant, il est possible de citer plusieurs effets directs des particules sur la végétation :

- Blocage des échanges gazeux ;
- Dégradation ou abrasion de la cuticule ;
- Diminution de la photosynthèse ;
- Développement d'organismes pathogènes, comme les champignons.

Cela peut engendrer des stress sur les plantes, se traduisant par exemple par la multiplication des feuillaisons des arbres.

Les cultures maraîchères, fruitières et fourragères sont les plus exposées et présentent plus de risque de transfert vers l'animal et l'homme. Par ailleurs, les céréales sont relativement protégées par leur enveloppe.

La majorité des poussières ne présente qu'une contamination de surface qui peut être diminuée par le lavage des aliments. Néanmoins, les particules peuvent également avoir une action sur le milieu, notamment par l'eau et le sol. Ainsi, certains polluants, comme les métaux lourds, peuvent être assimilés par les racines des plantes et transmis aux parties comestibles.

Au niveau physiologique, les métaux lourds peuvent être divisés en deux groupes :

- Les éléments nécessaires au métabolisme, qui peuvent devenir toxiques en excès (comme le zinc) ;
- Les éléments non nécessaires (comme le plomb ou le cadmium) qui sont toxiques même à de faibles concentrations.

❖ Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Le dioxyde d'azote présente également des effets sur divers écosystèmes. Chaque écosystème possède des caractéristiques propres (notamment le type de sol) qui déterminent la vulnérabilité de ce dernier aux apports d'azote. Dans les écosystèmes pauvres en éléments nutritifs, l'apport d'azote modifie la compétition entre les espèces, au détriment des espèces adaptées aux substrats pauvres. D'importants changements sont ainsi observés dans la composition des espèces lorsque le milieu se sature peu à peu d'azote.

On peut également noter la modification du rapport partie 'aérienne'/partie 'racinaire' des plantes.

Les surfaces de captation des eaux (racines) diminuent par rapport aux surfaces de transpiration (feuilles).

Cela entraîne une augmentation de la sensibilité à la sécheresse et au froid de la plante, par conséquent une réduction de la croissance de la plante (et par extension, une réduction de rendement s'il s'agit de plantes agricoles).

# Conclusion et synthèse

Ce document constitue l'étude Air et Santé du projet de création d'une liaison routière entre la RD65 et la RD9 à Aix en Provence. Elle a été menée conformément aux préconisations de la circulaire interministérielle *DGS/SD 7 B n°2005-273 du 25 février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières*.

Compte tenu de la densité de population dans la bande d'étude et du trafic prévisible à l'horizon de mise en service, il a été conduit une étude de niveau II, rehaussée au niveau I au droit des sites sensibles à la pollution atmosphérique.

En accord avec la circulaire interministérielle du 25 février 2005, il a été réalisé :

- La qualification de l'état initial avec la conduite de mesures *in-situ* ;
- L'estimation des émissions de polluants au niveau du domaine d'étude ;
- L'estimation des concentrations dans la bande d'étude autour du projet à l'aide d'une simulation numérique ;
- La comparaison des horizons d'étude sur le plan de la santé *via* un indicateur sanitaire simplifié, l'Indice Pollution Population ;
- L'évaluation des risques sanitaires au niveau des sites sensibles ;
- L'analyse des coûts collectifs de l'impact sanitaire des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité ;
- Le rappel sommaire des effets de la pollution atmosphérique sur la santé, les sols et les végétaux.

Le projet s'inscrit dans une zone urbaine densément habitée. Selon les mesures et les études réalisées par AIR PACA, il en ressort que dans l'ensemble, la qualité de l'air de la zone est médiocre.

En vue de compléter les données d'Air PACA, et conformément aux prescriptions de la circulaire du 25 février 2005, il a été réalisé des mesures sur le site (« *in situ* »). Il s'est agi de mesurer le dioxyde d'azote, les BTEX et les poussières PM10 et PM2,5.

Deux types de mesures ont été effectués :

- Des mesures par tubes passifs pour le dioxyde d'azote [NO<sub>2</sub>], les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) sur une période de deux semaines (du 14 au 27 juin 2016) ;
- Des mesures ponctuelles des teneurs de particules PM10 et PM2,5 (les 14 et 27 juin 2016 sur une période d'environ 5 minutes par point pour chacun des types de particules).

Les résultats sont cohérents avec la configuration du site ; les valeurs les plus importantes étant obtenues à proximité des voies de circulation importantes. Toutes les concentrations mesurées sont inférieures aux normes sanitaires en vigueur.

Concernant l'étude des impacts, plusieurs scénarios ont été examinés :

- Horizon 2015 – Situation actuelle ;
- Horizon 2018 – Mise en service du projet ;
- Horizon 2020 – Mise en service de la liaison RD9-RD8N ;
- Horizon 2035 – Mise en service de tous les projets.

D'une manière générale, la mise en place de la liaison, ainsi que la mise en services des autres projets d'aménagement, vont provoquer un afflux de véhicules, qui se caractérise par des hausses des indices VK. Cependant, la mise en service de la liaison (horizon 2018), n'entraîne pas d'augmentation notable des émissions polluantes. Seuls les métaux, les HAP et le dioxyde de soufre augmentent par rapport à la situation actuelle.

Les comparaisons des émissions calculées pour les horizons 2020 et 2035 suivent cette même tendance.

À l'exception du dioxyde de soufre, les polluants provenant de la combustion de carburant ont tendance à diminuer pour les horizons futurs par rapport à la situation actuelle. Cela provient des améliorations technologiques associées au développement des véhicules électriques et/ou hybrides.

Les métaux, HAP et PM10 proviennent en partie de l'usure des véhicules ainsi que de l'usure des revêtements routiers. Par conséquent, les augmentations des émissions constatées pour ces composés proviennent de l'augmentation du flux de véhicules sur la zone.

Aussi les modifications des flux de véhicules sur le domaine d'étude ne vont pas engendrer de dégradation importante de la qualité de l'air. Cela se traduit par des baisses des Indices Pollution Population pour le benzène et pour le dioxyde d'azote à l'horizon 2035.

En outre, les indicateurs sanitaires (Quotients de Dangers et Excès de Risque Individuel) calculés au niveau des sites sensibles présents dans la bande d'étude, sont inférieurs aux valeurs-seuils de l'InVS.

**En conclusion, le projet de liaison, ainsi que les autres projets d'aménagement, ne vont entraîner ni de dégradation majeure de la qualité de l'air dans la zone d'étude, ni de risque sanitaire significatif.**






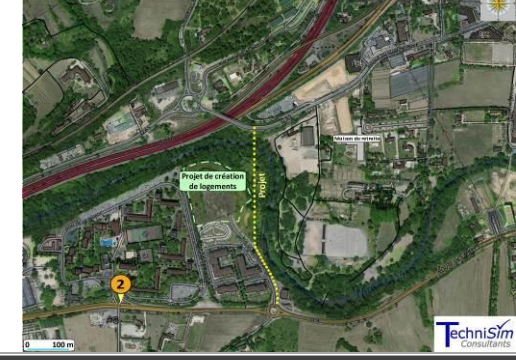
Thèmes	Avantages / Inconvénients
TRAFIC	Les mises en service des différents projets d'aménagement vont entraîner un afflux de véhicules sur la zone par rapport à la situation actuelle. Pour l'horizon 2018, la mise en service de la liaison RD65-RD9, va entraîner une augmentation de +6,7% de l'indice VK TV par rapport à celui calculé pour l'horizon 2015.
CONSOMMATION DE CARBURANT	Conséquemment à l'augmentation du trafic, les consommations en carburant sont plus élevées pour les horizons futurs.
ÉMISSIONS POLLUANTES	La mise en service de la liaison (horizon 2018), n'entraîne pas d'augmentation notable des émissions polluantes. Seuls les métaux, les HAP et le dioxyde de soufre augmentent par rapport à la situation actuelle. Les comparaisons des émissions calculées pour les horizons 2020 et 2035 suivent cette même tendance. À l'exception du dioxyde de soufre, les polluants provenant de la combustion de carburant ont tendance à diminuer pour les horizons futurs par rapport à la situation actuelle. Cela provient des améliorations technologiques associées au développement des véhicules électriques et/ou hybrides. Les métaux, HAP et PM10 proviennent en partie de l'usure des véhicules ainsi que de l'usure des revêtements routiers. Par conséquent, les augmentations des émissions constatées pour ces composés, proviennent de l'augmentation du flux de véhicules sur la zone.
ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	Les émissions en GES augmentent pour les horizons futurs.
CONCENTRATION DANS L'AIR AMBIANT	D'après les hypothèses considérées, les modifications des flux de véhicules sur le domaine d'étude ne vont pas engendrer de dégradation importante de la qualité de l'air.
INDICE POLLUTION-POPULATION [IPP]	Compte tenu du renouvellement du parc roulant et des baisses des émissions associées, les Indices Pollution Population pour les deux polluants étudiés sont minimaux pour l'horizon 2035, cela malgré la création des nouveaux logements. Pour le dioxyde d'azote, les créations de logements contrebalancent les baisses des concentrations dans l'air ambiant. Pour le benzène, il est observé une baisse constante de l'IPP pour les horizons futurs.
ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES [EQRS]	Tous les indicateurs calculés pour les scénarios futurs avec projet(s) respectent les seuils d'acceptabilité des risques sanitaires, même en considérant les effets cumulés.

Thèmes	Avantages / Inconvénients
COUT DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	Le coût sanitaire de la pollution atmosphérique va augmenter en raison de la hausse du trafic pour les horizons futurs. Néanmoins, il est important de souligner, qu'à ce jour, lorsqu'elle est réalisée par les services instructeurs, l'estimation chiffrée des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique se base généralement sur les trafics sans retenir : ni la répartition spatiale de la population, ni les paramètres d'exposition.
COUT DES GAZ A EFFET DE SERRE	Le coût des émissions de gaz à effet de serre augmente à l'horizon 2020 en raison de la valeur tutélaire du carbone qui croît de façon marquée.
EFFETS CUMULES AVEC D'AUTRES PROJETS	Les effets des autres projets d'aménagement ont été pris en considération dans les études de trafic et par conséquent dans le volet Air & Santé.
MESURE(S) COMPENSATOIRE(S)	La pollution atmosphérique dans le domaine des transports est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables. Les améliorations des motorisations et des systèmes épuratifs, la mise en application des normes Euro 5 et Euro 6 associée au renouvellement du parc roulant vont permettre une diminution des émissions, et donc, une amélioration de la qualité de l'air.

# Annexes

## ANNEXE N°1 : FICHES DESCRIPTIVES DES MESURES

Point n°1		LIAISON ROUTIERE ENTRE LA RD65 ET LA RD9 - PONT SUR L'ARC À AIX EN PROVENCE			
Caractérisation du site					
Description du lieu de pose		Coordonnées GPS WGS 84			
Route RD65		Latitude WGS 84		Longitude WGS84	
		43.51224 °N		5.42532 °E	
Conditions d'exposition					
Type de milieu	Périurbain	Support	Panneau de signalisation Hauteur : 1,5 m		
Distance de la voie la plus proche	1 m	Durée de la mesure	Début	Fin	Soit
			14 juin 2016 15h22	27 juin 2016 18h54	315,53h
					
					
Résultats					
Composé	N° du tube	Concentration [µg/m³]	Composé	N° du tube	Concentration [µg/m³]
NO <sub>2</sub>	FTS 127	38,1	Ethylbenzène	FTS 48	0,77
NO <sub>2</sub>	-	-	p-Xylène	FTS 48	1,40
Benzène	FTS 48	0,87	m-Xylène	FTS 48	1,36
Toluène	FTS 48	2,08	o-Xylène	FTS 48	0,93
PM <sub>10</sub>			PM <sub>2.5</sub>		
Date	Concentration moyenne	Concentration maximale	Date	Concentration moyenne	Concentration maximale
14/06/2016	3,3 µg/m³	12,3 µg/m³	14/06/2016	2,1 µg/m³	4,5 µg/m³
27/06/2016	6,4 µg/m³	22,4 µg/m³	27/06/2016	3,7 µg/m³	16,1 µg/m³

Point n°2		LIAISON ROUTIERE ENTRE LA RD65 ET LA RD9 - PONT SUR L'ARC À AIX EN PROVENCE			
Caractérisation du site					
Description du lieu de pose		Coordonnées GPS WGS 84			
Domaine de la Parade Proximité de la Route des Milles		Latitude WGS 84		Longitude WGS84	
		43.50821 °N		5.42112 °E	
Conditions d'exposition					
Type de milieu	Périurbain	Support	Panneau de signalisation Hauteur : 2,5 m		
Distance de la voie la plus proche	1 m	Durée de la mesure	Début	Fin	Soit
			14 juin 2016 16h00	27 juin 2016 18h01	314,02h
					
					
Résultats					
Composé	N° du tube	Concentration [µg/m³]	Composé	N° du tube	Concentration [µg/m³]
NO <sub>2</sub>	FTS 128	29,5	Ethylbenzène	FTS 49	0,65
NO <sub>2</sub>	-	-	p-Xylène	FTS 49	0,77
Benzène	FTS 49	0,67	m-Xylène	FTS 49	0,97
Toluène	FTS 49	1,67	o-Xylène	FTS 49	0,65
PM <sub>10</sub>			PM <sub>2.5</sub>		
Date	Concentration moyenne	Concentration maximale	Date	Concentration moyenne	Concentration maximale
14/06/2016	5,2 µg/m³	13,6 µg/m³	14/06/2016	9,8 µg/m³	16,0 µg/m³
27/06/2016	6,1 µg/m³	12,3 µg/m³	27/06/2016	4,3 µg/m³	16,9 µg/m³

Point n°3		LIAISON ROUTIERE ENTRE LA RD65 ET LA RD9 - PONT SUR L'ARC À AIX EN PROVENCE							
Caractérisation du site									
Description du lieu de pose		Coordonnées GPS WGS 84							
Rue de l'Hippodrome		Latitude WGS 84		Longitude WGS84					
		43.51014 °N		5.42437 °E					
Conditions d'exposition									
Type de milieu	Périurbain	Support	Panneau de signalisation Hauteur : 2,5 m						
Distance de la voie la plus proche	1 m	Durée de la mesure	Début	Fin	Soit				
			14 juin 2016 16h13	27 juin 2016 18h19	314,10h				
Résultats									
Composé	N° du tube	Concentration [µg/m³]		Composé	N° du tube	Concentration [µg/m³]			
NO <sub>2</sub>	FTS 129	17,6		Ethylbenzène	FTS 50	0,32			
NO <sub>2</sub>	FTS 130	17,2		p-Xylène	FTS 50	0,52			
Benzène	FTS 50	0,69		m-Xylène	FTS 50	0,69			
Toluène	FTS 50	1,05		o-Xylène	FTS 50	0,52			
PM <sub>10</sub>			PM <sub>2.5</sub>						
Date	Concentration moyenne		Concentration maximale		Date	Concentration moyenne		Concentration maximale	
14/06/2016	5,9 µg/m³	16,7 µg/m³	14/06/2016	6,7 µg/m³	10,2 µg/m³	14/06/2016	2,5 µg/m³	4,9 µg/m³	5,0 µg/m³
27/06/2016	4,6 µg/m³	8,5 µg/m³	27/06/2016	3,4 µg/m³	5,4 µg/m³	27/06/2016	3,3 µg/m³	5,0 µg/m³	5,0 µg/m³

Point n°4		LIAISON ROUTIERE ENTRE LA RD65 ET LA RD9 - PONT SUR L'ARC À AIX EN PROVENCE							
Caractérisation du site									
Description du lieu de pose		Coordonnées GPS WGS 84							
Chemin des Cavaliers		Latitude WGS 84		Longitude WGS84					
		43.51233 °N		5.43055 °E					
Conditions d'exposition									
Type de milieu	Périurbain	Support	Panneau de signalisation Hauteur : 2,5 m						
Distance de la voie la plus proche	1 m	Durée de la mesure	Début	Fin	Soit				
			14 juin 2016 16h32	27 juin 2016 18h35	314,05h				
Résultats									
Composé	N° du tube	Concentration [µg/m³]		Composé	N° du tube	Concentration [µg/m³]			
NO <sub>2</sub>	FTS 131	20,9		Ethylbenzène	FTS 51	0,46			
NO <sub>2</sub>	FTS 132	< 0,4 (blanc)		p-Xylène	FTS 51	0,94			
Benzène	FTS 51	0,45		m-Xylène	FTS 51	0,71			
Toluène	FTS 51	1,33		o-Xylène	FTS 51	0,74			
PM <sub>10</sub>			PM <sub>2.5</sub>						
Date	Concentration moyenne		Concentration maximale		Date	Concentration moyenne		Concentration maximale	
14/06/2016	5,0 µg/m³	13,5 µg/m³	14/06/2016	2,5 µg/m³	4,9 µg/m³	14/06/2016	2,5 µg/m³	4,9 µg/m³	5,0 µg/m³
27/06/2016	5,2 µg/m³	7,9 µg/m³	27/06/2016	3,3 µg/m³	5,0 µg/m³	27/06/2016	3,3 µg/m³	5,0 µg/m³	5,0 µg/m³

## ANNEXE N°2 : METROLOGIE DES POUSSIÈRES PM10 ET PM2.5

### ❖ Principe de la néphélogétrie pour la quantification des particules en suspension dans l'air

L'analyseur de poussières Thermo pDR-1500 est un néphélogétre qui permet une mesure en temps réel de la concentration massique des poussières en suspension dans l'air. Selon le choix de l'utilisateur, une séparation en taille des particules permet de mesurer différentes fractions réglementaires au moyen de deux cyclones :

- un cyclone adapté à la mesure de la fraction thoracique des poussières (PM10) ;
- un cyclone réservé à la mesure des particules fines (PM2,5) et très fines (PM1).

Une source émet un faisceau de lumière incidente, diffusée par les poussières captées. Cette lumière diffusée est ensuite détectée à un angle de 90° par rapport à la lumière incidente ; le signal de mesure émis par le photodétecteur est proportionnel à la concentration massique en particules en suspension dans l'air ambiant.

Le pDR-1500 bénéficie de l'expérience de Thermo dans le domaine de la néphélogétrie, en termes de métrologie et dispose de nombreuses fonctionnalités :

- débit régulé volumétriquement en fonction de la température et de la pression atmosphérique ;
- compensation de l'influence de l'hygrométrie ;
- gamme de mesure totale de quelques  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à  $400 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

Le pDR-1500 possède une mémoire interne autorisant le stockage de plus de 50 000 mesures. Chaque enregistrement comprend la concentration massique instantanée, la concentration moyennée et la valeur maxi sur la totalité de la période de mesure, la température, la pression atmosphérique, l'humidité relative, la date, l'heure, les paramètres de programmation, les codes erreur ainsi qu'un numéro permettant de repérer le lieu de la mesure.

La période de moyennage est programmable de 1 seconde à 1 heure.

Un logiciel fourni avec l'analyseur permet de programmer rapidement les différentes fonctions de l'analyseur ainsi que de transférer les données et les éditer sous forme de tableaux ou de graphes.

Il permet également de commander à distance l'analyseur au moyen d'un clavier virtuel.

Le pDR-1 500 dispose d'un port RS 232/USB ainsi que de sorties analogiques en courant et en tension.



Figure 65 : Photographie du Thermo pDR-1 500

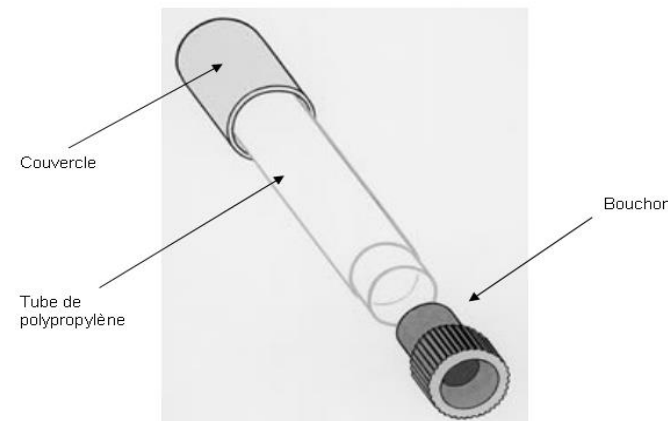
## ANNEXE N°3 : METROLOGIE DU DOIXYDE D'AZOTE ET DES BTEX

❖ Méthodologie du prélèvement passif et de l'analyse des composés mesurés

La campagne de mesures du NO<sub>2</sub> et des BTEX ont été menées à l'aide d'échantillonneurs passifs. L'échantillonneur passif est un tube poreux horizontal rempli d'une cartouche imprégnée d'une solution adaptée à la mesure du polluant désiré. Les tubes, à l'abri de la pluie, restent exposés pour une durée suffisamment longue. Le matériau d'absorption capte le polluant par diffusion moléculaire. Après la période d'exposition, le tube est conditionné puis envoyé au laboratoire d'analyses.

➤ Mesure du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

L'échantillonneur passif pour la mesure du dioxyde d'azote est basé sur le principe de la diffusion passive de molécules de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sur un absorbant, le triéthanolamine. Les échantillonneurs utilisés consistent en un tube de polypropylène de 7,4 cm de long et de 9,5 mm de diamètre. Pour protéger l'échantillonneur contre les intempéries, de même que pour diminuer l'influence du vent, un dispositif spécifique de protection est utilisé. Ce mode de prélèvement fournit une moyenne sur l'ensemble de la période d'exposition. Il permet une première appréciation de la typologie des sites de mesure et la mesure est seulement représentative pour l'endroit de mesure immédiat



**Figure 66 : Echantillonneur passif pour le dioxyde d'azote (Passam)**

La quantité de dioxyde d'azote absorbée par l'absorbant est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement. Après une exposition donnée, la quantité totale de dioxyde d'azote est extraite et déterminée par colorimétrie à 540 nm selon la réaction de Saltzman.

L'erreur relative donnée par le laboratoire est en moyenne de 7 %. La limite de détection est de 0,4 µg/m<sup>3</sup> lors d'une exposition de quatorze jours.

## Théorie : La loi de Fick

La diffusion ordinaire est définie comme un transfert de matière dû à un gradient de concentration, d'une région à une autre. Pendant l'échantillonnage, ce dernier s'établit dans le tube entre le milieu absorbant et l'extrémité ouverte de l'échantillonneur. Dans des conditions de température et de pression constantes, pour un régime fluide laminaire, le flux unidirectionnel (un seul axe) d'un gaz 1 à travers un gaz 2 est régi par la première loi de Fick :

$$F_{12} = -D_{12} \frac{dC_{12}}{dl} \quad \text{Équation 1}$$

Où :  $F_{12}$  : flux unidirectionnel du gaz 1 (le polluant) dans le gaz 2 (l'air) (mol.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>)

$D_{12}$  : coefficient de diffusion moléculaire du gaz 1 dans le gaz 2 (cm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>)

$dC_{12}/dl$  : gradient linéaire de concentration le long du trajet de diffusion

$C_{12}$  : concentration du gaz 1 dans le gaz 2 (mol.cm<sup>-3</sup>)

Pour un échantillonneur cylindrique, de longueur de diffusion L (cm) et de section interne S (πr<sup>2</sup>, avec r le rayon de la surface réactive) (cm<sup>2</sup>), présentant un gradient de concentration {C-C<sub>0</sub>} le long du capteur, la quantité Q de gaz 1 transférée (mol) est connue par intégration de l'équation (1) :

$$Q = F_{12} \cdot S \cdot t = -D_{12} \frac{(C_0 - C) \cdot S \cdot t}{L} \quad \text{Équation 2}$$

Où : C : concentration ambiante du gaz 1

C<sub>0</sub> : concentration du gaz 1 à la surface du réactif

(C<sub>0</sub> - C)/L : gradient de concentration le long de l'échantillonneur cylindrique de longueur L

En supposant que l'efficacité de captage du polluant par le milieu absorbant est de 100 %, les conditions limites des concentrations sont telles que C<sub>0</sub> = 0 au voisinage du piège d'où C - C<sub>0</sub> = C. L'équation (2) devient alors :

$$Q = D_{12} \frac{S}{L} C \cdot t \quad \text{Équation 3}$$

À partir de l'équation (3), la concentration s'écrit :

$$C = \frac{Q.L}{D_{12}.S.t} \quad \text{Équation 4}$$

Le coefficient de diffusion de NO<sub>2</sub> utilisé pour le calcul des concentrations est celui donné par Palmes et al. (1976) dans l'air, à 20°C et 1 atm : D(NO<sub>2</sub>) = 0,154 cm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Les dimensions du tube de Palmes considérées sont les suivantes (sources Gradko Ltd 1999) :

Longueur L = 7,116 (± 0,020) cm, Diamètre 2r = 1,091 (± 0,015) cm.

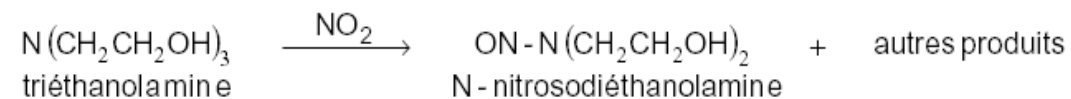
Brown et al. (1984) définissent le débit d'échantillonnage (en cm<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) par les équations suivantes :

$$D_{éch} = \frac{D_{12}.S}{L} = \frac{Q}{C.t}$$

D<sub>éch</sub> ne dépend que des dimensions de l'échantillonneur (S et L) et du coefficient de diffusion moléculaire D<sub>12</sub>.

#### Méthode de préparation des tubes

Bien que la chimie d'absorption du NO<sub>2</sub> soit encore mal connue, une stœchiométrie mole à mole existe entre NO<sub>2</sub> capté et NO<sub>2</sub><sup>-</sup> présent dans la solution d'extraction. D'après Volhardt (1990), NO<sub>2</sub> mis en présence de TEA (triéthanolamine) donne du N-nitrosodiéthanolamine :



Après extraction et analyse des ions NO<sub>2</sub><sup>-</sup> formés, la concentration en NO<sub>2</sub> (en µg.m<sup>-3</sup>) est déterminée par la première loi de Fick précédemment présentée.

Lors de la préparation des tubes avant l'exposition, l'ensemble du matériel le constituant est soigneusement nettoyé pour éviter toute contamination. Les modes de nettoyage varient. À titre d'exemple, le protocole de ERLAP (Atkins, 1978 ; Gerbolès et al. 1996) préconise un nettoyage des grilles par un traitement au détergent dans un bain aux ultrasons, puis un lavage à l'eau déminéralisée et un séchage à 100°C. Un autre exemple est donné par le protocole de l'EMD (Plaisance, 1998), pour lequel tous les composants du tube sont plongés dans un bécher rempli d'eau déminéralisée, placé sous agitation pendant 3 heures. L'eau est renouvelée 3 fois. Chaque partie est ensuite saisie à l'aide d'une pince brucelles, passée sous un jet d'eau déminéralisée avant d'être séchée à l'air comprimé.

Cette opération de lavage et séchage est répétée 3 fois. Le tube est assemblé au fur et à mesure du nettoyage de ses composants.

La solution d'imprégnation est préparée juste avant son utilisation. Elle se compose d'une solution aqueuse de TEA, du réactif de Brij 35 (éther laurique de polyoxyéthylène), et d'un composé hygroscopique ou mouillant qui a pour rôle de favoriser l'imprégnation de la solution sur les grilles. La solution préparée par les utilisateurs de tubes NO<sub>2</sub> a généralement la composition suivante (Plaisance, 1998 ; Atkins, 1978 ; Gerbolès et al., 1996) :

- 11,2 g de TEA dans une fiole jaugée de 100 ml (TEA à 10 % v/v) ;
- 0,309 g de Brij 35 (Brij 35 à 0,3 % v/v) ;
- complément à 100 ml avec de l'eau déminéralisée ;
- fermeture hermétique de la fiole jaugée et agitation, puis placement dans un bain à ultrasons jusqu'à dissolution totale du Brij 35.

Un volume de 30 µl de solution réactive est déposé au centre des grilles à l'aide d'une micropipette. Cette quantité est suffisante pour imprégner toute la surface des grilles. Certains déposent jusqu'à 40 à 50 µl de solution. Pour une imprégnation efficace, le tube, une fois fermé hermétiquement, est placé verticalement bouchon rouge vers le bas pendant quelques minutes (45 min préconisées par Plaisance, 1998). D'après Hangartner et al. (1989), si leur exposition n'est pas immédiate, les tubes peuvent être conservés à 4°C au réfrigérateur jusqu'à leur utilisation.

#### Analyse des tubes

Deux méthodes d'analyse des tubes sont proposées, l'une par colorimétrie et l'autre par chromatographie ionique. Elles ont toutes deux été utilisées directement ou indirectement par les réseaux.

##### ○ Méthode spectrométrique :

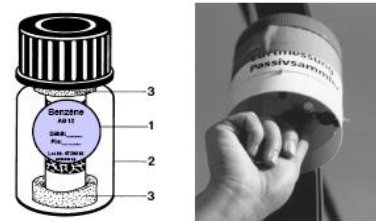
L'analyse colorimétrique utilise une variante de la méthode de Griess-Saltzman (Atkins, 1978) retenue par ERLAP. Une fois la capsule translucide retirée, l'on ajoute à l'aide d'une micropipette 3,15 ml d'une solution de sulfanilamide à 2 % (m/v) (masse/volume) et de NEDA (naphtyléthylènediamine) à 0,007 % (m/v) dans de l'acide orthophosphorique à 5 % (v/v). Cette solution est préparée au moment de son usage. Le tube est refermé hermétiquement puis agité. Le NO<sub>2</sub><sup>-</sup> formé à partir du NO<sub>2</sub> réagit avec l'acide et le sulfanilamide pour donner un sel de diazonium qui s'associe avec le dérivé de naphthalène pour former un colorant azoïque (complexe coloré). Après un temps de développement de la couleur de 30 min, la solution colorée est mesurée par spectrophotométrie à 542 nm. La quantité de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (donc celle de NO<sub>2</sub>) est mesurée à partir d'une courbe d'étalonnage, établie avec des solutions standards de NaNO<sub>2</sub>, de la forme A = f([NO<sub>2</sub><sup>-</sup>]) avec A l'absorbance de la solution et [NO<sub>2</sub><sup>-</sup>] la concentration en ions nitrite extraits. Compte tenu du fait qu'il se forme des ions nitrite dans les tubes témoins (tubes fermés), malgré les précautions prises, la quantité formée est prise en compte en la soustrayant systématiquement aux valeurs des tubes exposés.

○ *Méthode chromatographique :*

La chromatographie ionique est une méthode spécifique des ions en présence, contrairement à la méthode colorimétrique qui détermine l'absorbance d'une solution colorée. La capsule translucide du tube est enlevée puis 2,5 ml d'eau déminéralisée sont ajoutés dans le tube, ce qui permet de solubiliser entièrement les produits d'absorption du NO<sub>2</sub>. Le tube est refermé hermétiquement puis agité manuellement pendant 2 min. La quantité d'ions NO<sub>2</sub><sup>-</sup> formée est ensuite déterminée par chromatographie ionique.

➤ Mesure des BTEX

Le dispositif d'échantillonnage du BTEX est présenté dans la figure suivante :



**Figure 67 : Echantillonneur passif pour le BTEX (Passam)**

La récupération des substances fixées sur l'adsorbant se fait par thermo désorption. La faible concentration des BTEX à l'air ambiant impose une étape de préconcentration avant l'analyse. Elle est réalisée à froid sur un piège, en général rempli d'un ou de plusieurs adsorbants. Le piège peut être refroidi (à -30°C en général) par effet Peltier, par effet vortex ou par introduction de glace carbonique ou d'azote liquide. Les composés piégés sont ensuite transférés dans le système d'analyse (chromatographie en phase gazeuse) par désorption flash piège sous balayage du gaz vecteur. La séparation est réalisée par le passage des COV préconcentrés sur une colonne d'un chromatographe en phase gazeuse. La détection est réalisée soit par un détecteur à ionisation par flamme [FID], soit par un spectromètre de masse [MS].

Le calcul de la concentration dans l'air ambiant se fait selon l'équation suivante :

$$C_u = \frac{m_d - m_b}{SR \cdot t} \quad \text{Équation 5}$$

Avec : Cu : concentration ambiante [µg/ml] ;  
 m<sub>d</sub> : quantité absorbé [µg] ;  
 m<sub>b</sub> : valeur blanc [µg] ;  
 SR : vitesse de prélèvement [ml/min] ;  
 t : temps d'exposition [min].

La vitesse de prélèvement est 6,44 ml/min à 20°C



#### ANNEXE N°4: CONDITIONS METEOROLOGIQUES OBSERVEES DURANT LA CAMPNAGE DE MESURES PAR TUBES PASSIFS

Les données des paragraphes qui vont suivre proviennent de la station météorologique d'Aix-en-Provence (Coordonnées 45,51°N | 5,46°E).

##### ❖ Température

Les températures enregistrées lors de la campagne de mesure *in situ* ont été dans l'ensemble plus chaudes que les températures normales (période 1981-2010), en particulier pour les températures maximales postérieures au 19 juin.

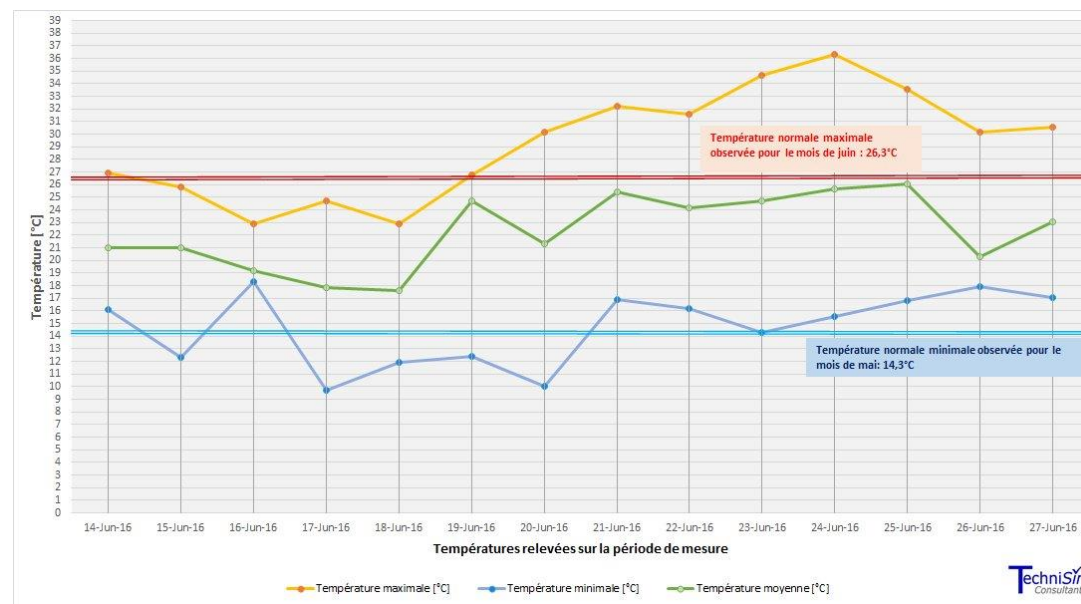


Figure 68 : Températures enregistrées lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016

##### ❖ Vents

Lors de la campagne de mesure, les vents enregistrés sont en majorité :

- Des vents de secteur Sud-Est;
- Des vents d'Ouest

Les vitesses moyennes horaires enregistrées sont en majorité inférieures à 10 km/h.

Les rafales ont été modérées, à l'exception du 14 juin.

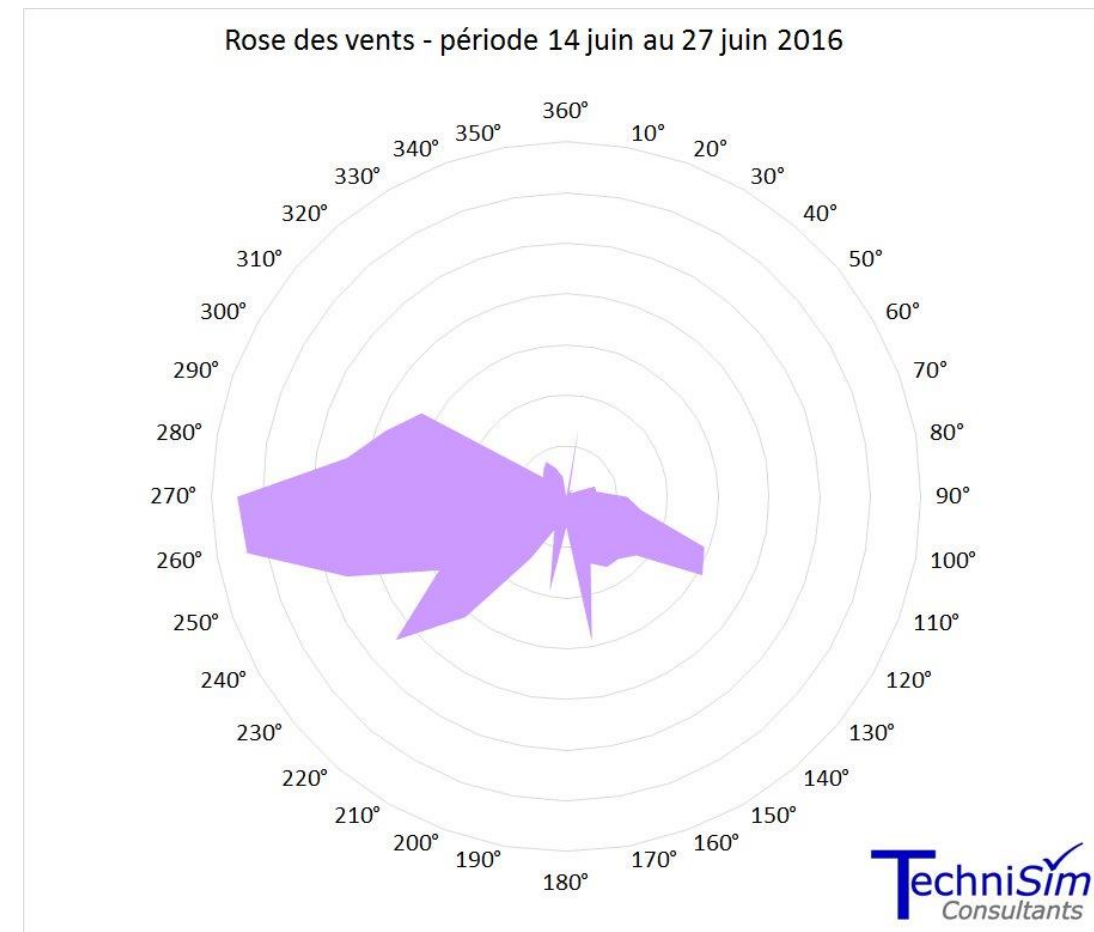


Figure 69: Origine des vents enregistrée lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016

**Tableau 65: Vitesses des vents enregistrées lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016**

Date	Vitesse de vents [km/h]			Rafales [km/h]		
	Moyenne	Maximale	Minimale	Moyenne	Maximale	Minimale
14-Juin-16	15.2	24.0	0.0	21.4	48.2	0.0
15-Juin-16	5.2	11.0	0.0	12.8	22.5	0.0
16-Juin-16	4.3	11.0	0.0	11.3	25.7	0.0
17-Juin-16	2.4	8.0	0.0	7.3	22.5	0.0
18-Juin-16	3.0	8.0	0.0	8.8	20.9	0.0
19-Juin-16	2.5	8.0	0.0	6.5	22.5	0.0
20-Juin-16	2.3	6.0	0.0	6.7	19.3	0.0
21-Juin-16	3.1	8.0	0.0	8.8	19.3	0.0
22-Juin-16	2.4	6.0	0.0	7.0	17.7	0.0
23-Juin-16	2.4	8.0	0.0	6.6	22.5	0.0
24-Juin-16	3.5	10.0	0.0	9.3	22.5	0.0
25-Juin-16	3.4	10.0	0.0	10.3	22.5	0.0
26-Juin-16	5.5	11.0	2.0	13.9	32.2	0.0
27-Juin-16	4.1	10.0	0.0	12.9	25.7	0.0

**Pour information**

Pour qualifier les vents, on peut utiliser l'échelle de Beaufort. C'est une échelle de mesure empirique de la vitesse moyenne du vent sur une durée de dix minutes, utilisée dans les milieux maritimes. L'échelle de Beaufort comporte 13 degrés (de 0 à 12).

Le degré Beaufort correspond à la vitesse moyenne du vent.

**Tableau 66 : Échelle de Beaufort**

Force	Termes	Vitesse en nœuds	Vitesse en km/h	Effets à terre
0	Calme	moins de 1	moins de 1	La fumée monte verticalement
1	Très légère brise	1 à 3	1 à 5	La fumée indique la direction du vent. Les girouettes ne s'orientent pas.
2	Légère brise	4 à 6	6 à 11	On sent le vent sur la figure, les feuilles bougent.
3	Petite brise	7 à 10	12 à 19	Les drapeaux flottent bien. Les feuilles sont sans cesse en mouvement.
4	Jolie brise	11 à 15	20 à 28	Les poussières s'envolent, les petites branches plient.
5	Bonne brise	16 à 20	29 à 38	Les petits arbres balancent. Les sommets de tous les arbres sont agités.
6	Vent frais	21 à 26	39 à 49	On entend siffler le vent.
7	Grand frais	27 à 33	50 à 61	Tous les arbres s'agitent.
8	Coup de vent	34 à 40	62 à 74	Quelques branches cassent.
9	Fort coup de vent	41 à 47	75 à 88	Le vent peut endommager les bâtiments.
10	Tempête	48 à 55	89 à 102	Assez gros dégâts.
11	Violente tempête	56 à 63	103 à 117	Gros dégâts.
12	Ouragan	égal ou supérieur à 64	supérieur à 118	Très gros dégâts.

**❖ Pluviométrie**

Lors des mesures *in situ*, le cumul des précipitations a été de 0,8 mm sur 14 jours.

La normale étant de 26,3 mm pour le mois de juin, la période a donc été « très sèche ».

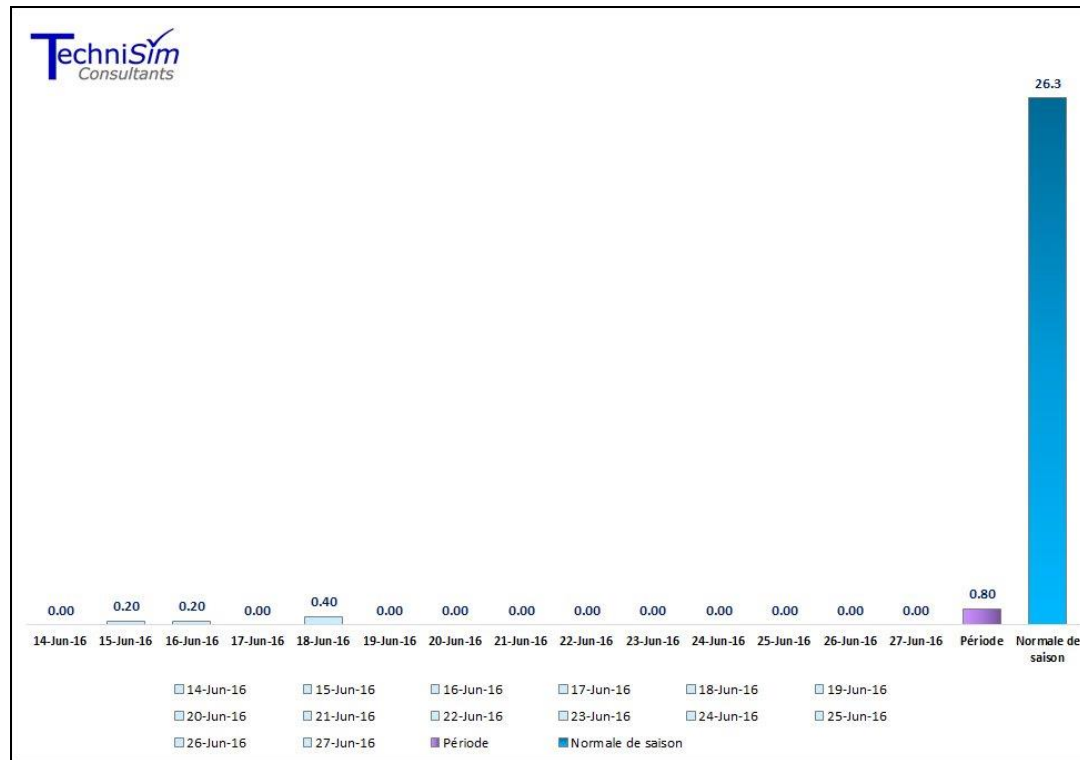


Figure 70: Pluviométrie enregistrée lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016 (unité : mm)

#### ❖ Ensoleillement

Lors des mesures *in situ*, l'ensoleillement total a atteint 116,3 heures ; ce qui est inférieur aux normales de saison.

En effet, l'ensoleillement normal est de 325,9 heures minutes pour le mois de juin (station Météo France).

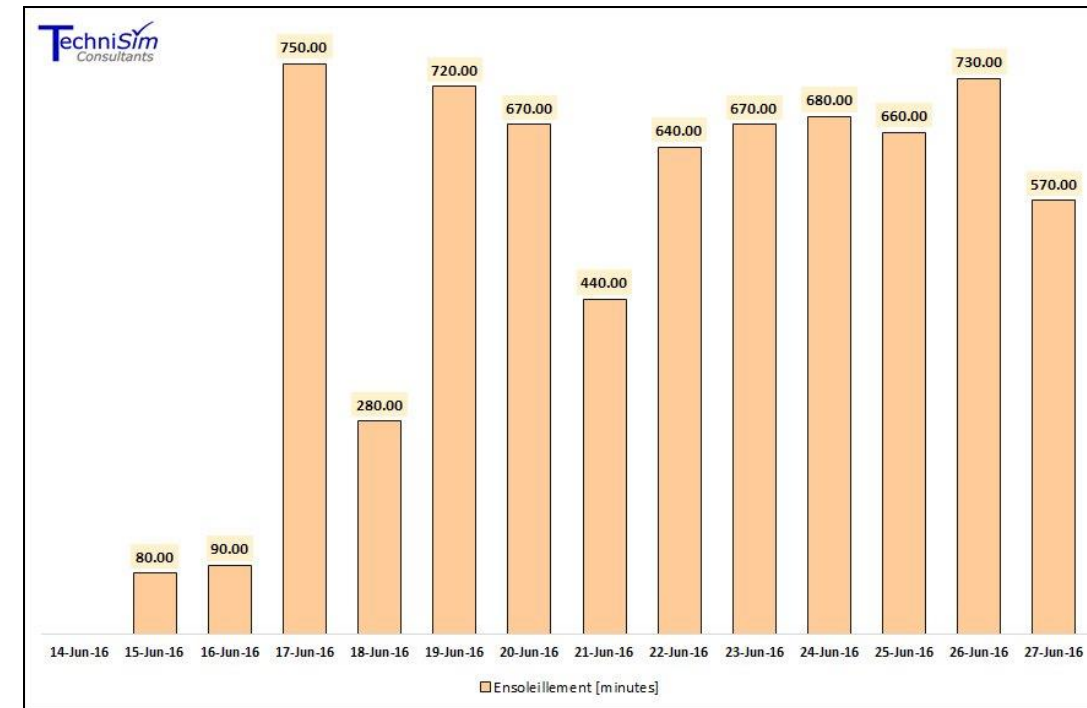


Figure 71: Ensoleillement enregistré lors de la période du 14 juin au 27 juin 2016

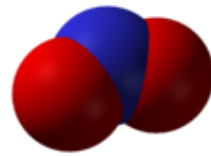
## ANNEXE N°5 : PRESENTATION DES SUBSTANCES MESUREES

❖ Oxydes d'azote [NOx]

Les oxydes d'azotes [NOx] comprennent le monoxyde d'azote [NO], le dioxyde d'azote [NO<sub>2</sub>]. La proportion de ces molécules varie avec la température. La principale source d'exposition est anthropique (lors d'émissions de véhicules diesel, combustibles fossiles, mais les NOx se forment aussi naturellement lors des orages ou des éruptions volcaniques). A température ambiante, le monoxyde d'azote est instable, et réagit avec l'oxygène pour former du dioxyde d'azote (INRS, 1996). Le dioxyde d'azote est présent en phase gazeuse dans l'atmosphère. Il réagit avec les radicaux hydroxyles, et subit des réactions photochimiques conduisant à la formation d'ozone.



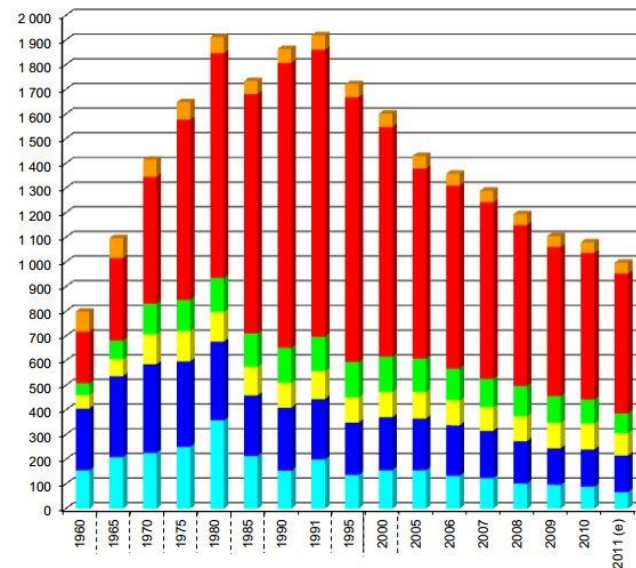
Molécule de monoxyde d'azote



Molécule de dioxyde d'azote

➤ Principales sources d'émission

Emissions atmosphériques par secteur  
en France métropolitaine d'oxydes d'azote [NOx]  
Unité: kilotonne



Source : CITEPA

Le transport routier est le 1er secteur émetteur de NOx (55 % des émissions de la Métropole en 2010).

Depuis 1993, la baisse observée dans ce secteur s'explique par le renouvellement du parc de véhicules et l'équipement progressif des véhicules en pots catalytiques.

➤ Effets sur la santé

Chez l'homme, la principale voie d'exposition au monoxyde d'azote et au dioxyde d'azote est l'inhalation. Le monoxyde d'azote est naturellement présent dans l'organisme : c'est un important médiateur physiologique, notamment pour la vasodilatation des vaisseaux sanguins. Néanmoins il a une action toxique au niveau des plaquettes. Il a également des effets respiratoires.

Les enfants exposés au NO<sub>2</sub> dans l'air intérieur ont des symptômes respiratoires plus marqués et des prédispositions à des maladies respiratoires chroniques d'apparitions plus tardives, sans pour autant qu'il y ait une augmentation de leur fréquence. Les études chez les adultes n'ont pas montré d'augmentation de la fréquence des symptômes respiratoires. Les enfants exposés au NO<sub>2</sub> dans l'air extérieur montrent un allongement de la durée des symptômes respiratoires. Pour les adultes, la corrélation entre exposition et pathologies respiratoires chroniques n'est pas claire.

➤ Effets sur l'environnement

Les oxydes d'azote participent aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, dont ils sont l'un des précurseurs, et à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique comme à l'effet de serre.

❖ Particules en suspension PM10 et PM2,5

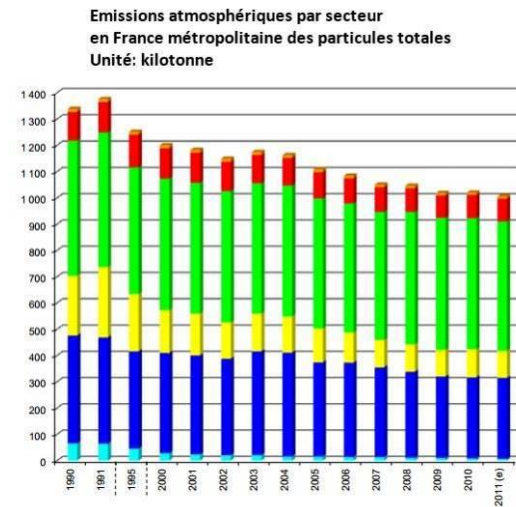
Les particules sont des entités liquides ou solides en suspension dans l'air (gaz) ; elles forment avec ce dernier un aérosol (gaz + particules en suspension).

Les particules en suspension sont considérées aujourd'hui comme l'un des principaux indicateurs de la qualité de l'air. Elles peuvent être d'origine naturelle (embruns océaniques, éruptions volcaniques, feux de forêts, érosion éolienne des sols) ou anthropique (combustion incomplète de matières fossiles, transport, agriculture, activités industrielles : sidérurgie, incinération...). Une partie d'entre elles, les particules secondaires, se forme dans l'air par réaction chimique à partir de polluants précurseurs provenant par exemple du trafic routier ou des épandages agricoles, comme les oxydes de soufre, les oxydes d'azote, l'ammoniac et les composés organiques volatils.

On distingue les particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM10), 2,5 microns (PM2,5) et 1 micron (PM1).

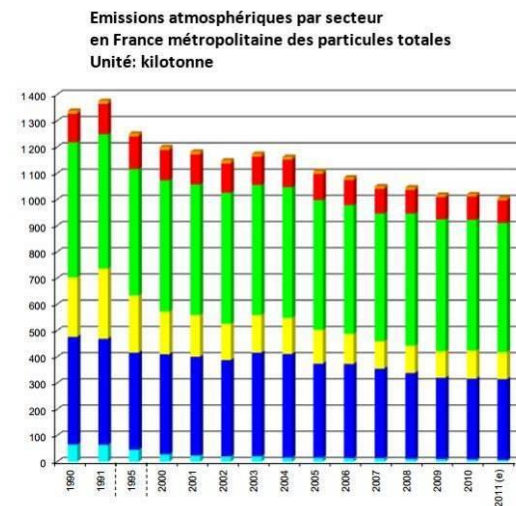
➤ Principales sources d'émission

**Particules totales**



Source : CITEPA

**Particules PM10**



Source : CITEPA

Parmi les secteurs émetteurs, les contributions aux émissions nationales sont variables en 2010. Il s'agit par ordre d'importance de :

- l'agriculture/sylviculture avec 49 % des émissions de la France métropolitaine en 2010 (499 kt), notamment du fait des cultures qui représentent 82 % du secteur,
- l'industrie manufacturière avec 30 % (308 kt), notamment du fait de la construction, avec les chantiers et le BTP qui représente 47,4 % du secteur.
- le résidentiel / tertiaire (10 %) du fait de la consommation de bois,
- le transport routier (9 %).

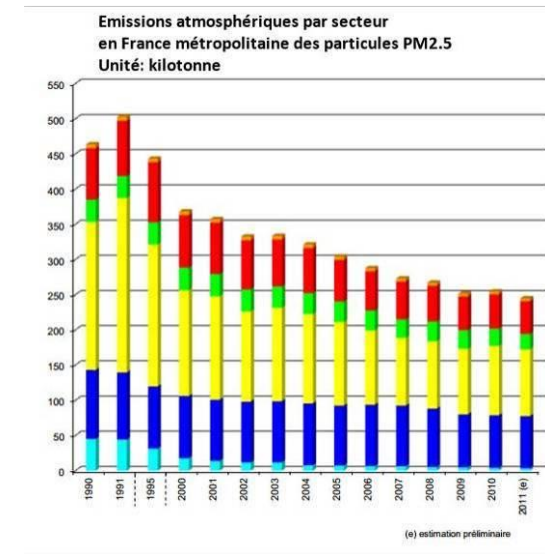
Les autres secteurs ont une contribution moindre en 2010 (moins de 2 % cumulés).

Tous les secteurs contribuent aux émissions de ce polluant, soit par ordre de prédominance en 2010 :

l'industrie manufacturière (33 %), en particulier le sous-secteur des minéraux non métalliques et des matériaux de construction (45,2 % du secteur) ;

- le résidentiel / tertiaire (27 %), du fait de la combustion du bois et, dans une moindre mesure, du charbon et du fioul ;
- l'agriculture / sylviculture (19 %) ;
- le transport routier (17 %) ;
- la transformation d'énergie (2 %) ;
- les autres transports (hors transport routier) (2 %).

**Particules PM2,5**



Source : CITEPA

Les émissions sont induites par tous les secteurs qui sont par ordre d'importance en 2010 :

- le résidentiel / tertiaire avec 39 % des émissions totales de la France métropolitaine ;
- l'industrie manufacturière 29 % ;
- le transport routier 19 % ;
- le secteur de l'agriculture/sylviculture 10 % ;
- la transformation d'énergie 2 % ;
- les autres transports (hors routier) 1 %.

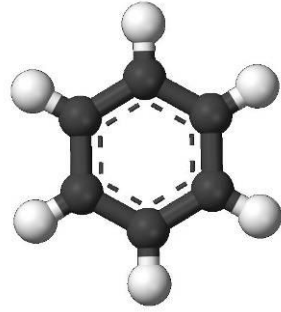
➤ Effets sur la santé

Leurs effets sur la santé dépendent de leur granulométrie et de leur composition chimique. Plus elles sont fines, plus elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire et plus leur temps de séjour y est important. Elles peuvent contenir des produits toxiques tels que des métaux ou des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont certains sont cancérigènes. Une corrélation a été établie entre les niveaux élevés de PM10 et l'augmentation des admissions dans les hôpitaux et des décès, liés à des pathologies respiratoires et cardio-vasculaires.

Les principaux émetteurs de PM10 en France en 2006 sont l'agriculture-sylviculture (30 %), l'industrie manufacturière et la construction (28 %) et le résidentiel-tertiaire (27 %). Le transport routier contribue pour 11 % aux émissions de PM10. Les émissions de PM10 ont diminué de 29 % entre 1990 et 2006. Cette baisse est engendrée en partie par les progrès réalisés par les techniques de dépolluissage en sidérurgie ainsi que par l'amélioration des technologies pour la combustion de la biomasse.

En 2006, 5 % des stations de mesure des PM10 ont dépassé plus de 35 jours la valeur limite pour la protection de la santé humaine ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière) contre 3 % en 2005. Or, cette valeur limite est applicable depuis 1er janvier 2005. Les plus fortes concentrations se rencontrent en hiver et près des grands axes de circulation.

Les préoccupations portent aujourd'hui sur des particules plus fines (PM2,5), émises majoritairement par le résidentiel-tertiaire (41 % des émissions en 2006), principalement par le chauffage au bois. Les émissions dues aux véhicules diesel sont significatives (12 % des émissions en 2006). Les concentrations en PM2,5 dans l'air ambiant sont désormais réglementées par la directive 2008/50/CE. C'est pourquoi, parallèlement à la surveillance des PM10, une surveillance des PM2,5 a déjà été mise en place en France à travers une cinquantaine de stations de mesures.

❖ **Benzène [C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>]**

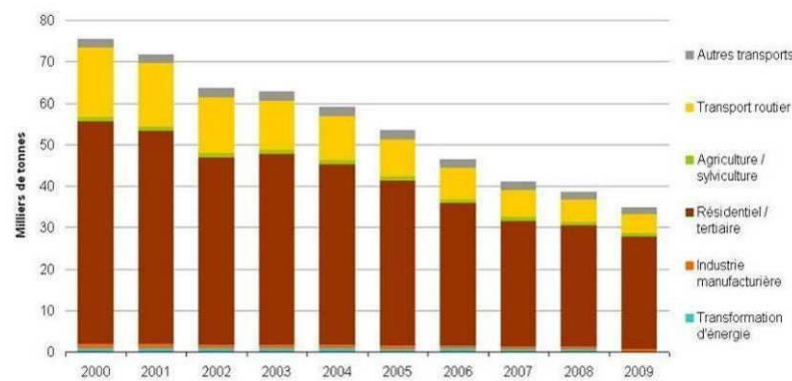
Molécule de benzène

La présence de benzène dans l'environnement est naturelle (feux de forêts, activités volcaniques) ou anthropique.

L'automobile est en grande partie responsable de la pollution atmosphérique par le benzène (gaz d'échappement, émanations lors du remplissage des réservoirs).

➤ Principales sources d'émission

Les émissions de benzène dans l'atmosphère en France



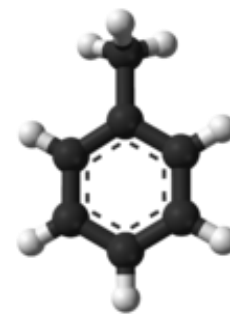
Notes : France métropolitaine.  
Source : Citepa (Coralie, format Secten, mise à jour avril 2011).

Les émissions de benzène ont baissé de 53 % entre 2000 et 2009, essentiellement dans les secteurs du transport routier (-72 %), du résidentiel-tertiaire (-49 %) et de la transformation d'énergie (-38 %).

➤ Effets sur la santé

L'inhalation d'un taux très important de benzène peut causer la mort, tandis que des taux élevés peuvent occasionner des somnolences, des vertiges, une accélération du rythme cardiaque, des maux de tête, des tremblements, la confusion ou la perte de connaissance. Une exposition de cinq à dix minutes à un taux de benzène dans l'air de 2 % environ suffit pour entraîner la mort. La dose létale par ingestion est de 50 mg/kg. L'ingestion de nourriture ou de boissons contenant des taux élevés de benzène peut occasionner des vomissements, une irritation de l'estomac, des vertiges, des somnolences, des convulsions, une accélération du rythme cardiaque, voire la mort.

De nombreuses études ont mis en évidence des effets hémotoxiques et immunotoxiques. L'effet principal d'une exposition chronique au benzène est un endommagement de la moelle osseuse, qui peut occasionner une décroissance du taux de globules rouges dans le sang et une anémie. Il peut également occasionner des saignements et un affaiblissement du système immunitaire. L'effet du benzène sur la fertilité de l'homme ou le bon développement du fœtus n'est pas connu. Enfin, le benzène est reconnu comme étant une substance cancérigène. Les propriétés cancérigènes du benzène proviennent de ce qu'il se comporte comme un agent intercalant (c'est-à-dire qu'il se glisse entre les bases nucléotidiques des acides nucléiques, dont l'ADN, provoquant des erreurs de lecture et/ou de réplication).

❖ **Toluène [C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CH<sub>3</sub>]**

Molécule de toluène

Le toluène, en air ambiant extérieur, est émis en grande partie par le trafic automobile. En effet, son adjonction aux supercarburants leur donne des propriétés antidétonantes qui permettent le bon fonctionnement des véhicules automobiles (amélioration de l'indice d'octane). Enfin, il peut également être dû aux industries qui le produisent ou l'utilisent. Il intervient par exemple dans la fabrication du Nylon ou de produits pharmaceutiques et cosmétiques, etc.

A l'intérieur des locaux, les plus fortes concentrations se rencontrent lors de l'utilisation de produits courants (peinture, colles, encres...) dans lesquels il sert de solvant. La fumée de tabac est également source de toluène.

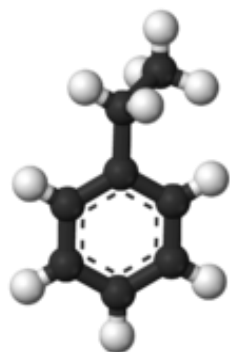
➤ Principales sources d'émission

L'essence automobile, qui contient de 5 à 7 % de toluène, est à l'origine d'environ 65 % du toluène anthropique présent dans l'air. Le reste provient essentiellement de l'industrie pétrolière et de procédés industriels utilisant le toluène, seulement 2 % résultent de la production. Presque tout le toluène rejeté dans l'environnement se retrouve dans l'air du fait de sa pression de vapeur.

Les volcans et les feux de forêt constituent par ailleurs des sources naturelles d'émission.

➤ Effets sur la santé

Les effets du toluène sur la santé varient selon le degré auquel vous y êtes exposés, la durée pendant laquelle vous y êtes exposés et de votre propre sensibilité au produit chimique. Il a été démontré que le toluène provoque l'irritation des yeux, du nez et de la gorge, des maux de tête, des étourdissements et une sensation d'ivresse lors d'études en laboratoire et en milieu de travail. Le toluène a également été associé à des effets neurologiques, y compris une baisse de la performance dans les tests de mémoire à court terme, d'attention et de concentration, de balayage visuel et dans l'accomplissement d'activités physiques, ainsi qu'à des effets négatifs sur la vision des couleurs et la capacité auditive.

❖ Ethylbenzène [C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>]

Molécule d'éthylbenzène

L'éthylbenzène est un hydrocarbure aromatique. Il est un composant naturel du pétrole dont il peut être extrait en mélange avec les xylènes. Comme la plupart des composés issus du pétrole, l'éthylbenzène est un constituant de base des produits chimiques et pétrochimiques. L'éthylbenzène présent dans l'atmosphère l'est uniquement sous forme de vapeur. Il est dégradé par réactions photochimiques avec les radicaux hydroxyles et on considère que sa durée de vie dans l'air est inférieure à 3 jours (INERIS, 2005). Bien que l'éthylbenzène soit présent de façon naturelle dans l'environnement (feux de forêt, pétrole brut...), les rejets sont essentiellement d'origine humaine

➤ Principales sources d'émission

Sa principale source de rejet est liée au trafic routier (INERIS, 2005). La production et les utilisations industrielles d'éthylbenzène constituent également des sources de rejet importantes.

➤ Effets sur la santé

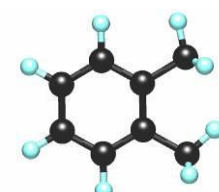
L'éthylbenzène est bien absorbé par toutes les voies d'exposition et se distribue largement. Après métabolisation, il est éliminé dans l'urine en un grand nombre de métabolites. Chez l'homme, les métabolites principaux sont l'acide mandélique et l'acide phénylglyoxylique.

L'éthylbenzène est bien absorbé par inhalation chez l'homme et par voie cutanée. Après inhalation, il se distribue dans tout l'organisme, les quantités les plus importantes étant situées au niveau du foie, du tractus gastro-intestinal et des os. Un taux plus faible est mesuré dans le tissu adipeux. Il peut également traverser la barrière placentaire.

L'éthylbenzène est essentiellement considéré comme un irritant cutané et muqueux pouvant entraîner une dépression du système nerveux central. Une atteinte hématologique et hépatique a plus rarement été rapportée. Il n'est pas toxique pour la fertilité.

❖ Xylènes

Les xylènes sont un groupe d'hydrocarbures aromatiques dérivés méthylés du benzène. Ce groupe est constitué de trois isomères structuraux : 1,2-diméthylbenzène, 1,3-diméthylbenzène et 1,4-diméthylbenzène (appelés respectivement ortho-diméthylbenzène, méta-diméthylbenzène et para-diméthylbenzène).



Molécule de o-xylène



Molécule de m-xylène



Molécule de p-xylène

➤ Principales sources d'émission

Bien que les xylènes puissent être présents de façon naturelle dans l'environnement (feu de forêt, pétrole brut...), les rejets sont essentiellement d'origine humaine. Comme les autres COV, le xylène est en très grande majorité rejeté dans l'environnement vers l'atmosphère (INERIS, 2005), en particulier à cause de sa forte présence dans les essences. Dans ce cas, le xylène est émis soit directement lors de la vaporisation des essences (station essence, transport et stockage des carburants...), soit dans les gaz d'échappements des véhicules à essences (imbrûlés, volatilisation...). Les autres émissions proviennent des vapeurs de xylène utilisé comme solvant et des rejets de production (INERIS, 2005).

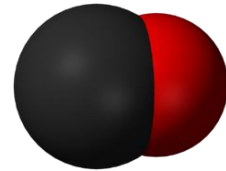
➤ Effets sur la santé

Le xylène a un effet nocif sur le cerveau. Des niveaux d'expositions élevés pour des périodes même courtes peuvent entraîner des maux de tête, un défaut de coordination des muscles, des vertiges, la confusion et des pertes du sens de l'équilibre. Des expositions à des taux élevés pendant de courtes périodes de temps peuvent également occasionner une irritation de la peau, des yeux, du nez et de la gorge, des difficultés de respiration, des problèmes pulmonaires, une augmentation des temps de réaction, des pertes de mémoires, des irritations d'estomac et des altérations du fonctionnement du foie et des reins. Des taux d'exposition très élevés peuvent entraîner la perte de conscience voire la mort.

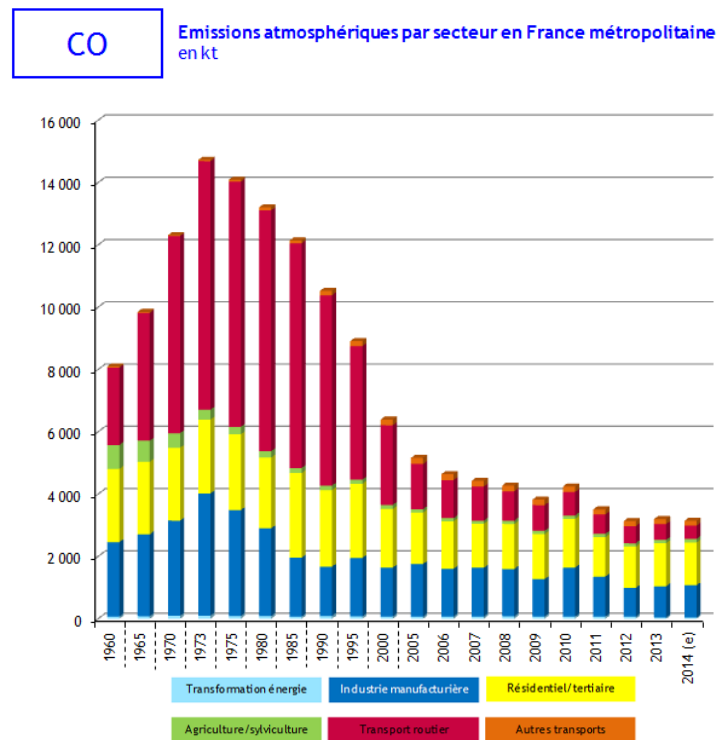
Des études sur des animaux ont montré que des concentrations de xylène élevées entraînent une augmentation du nombre d'animaux mort-nés, ainsi que des retards de croissance et de développement. Dans beaucoup de cas, ces mêmes concentrations ont également des effets négatifs sur la santé des mères. L'effet d'expositions de la mère à de faibles concentrations de xylène sur le fœtus n'est pas connu à l'heure actuelle.

❖ Monoxyde de carbone [CO]

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore et inodore essentiellement formé de manière anthropique. Il provient de la combustion incomplète des combustibles et des carburants généralement due à des installations mal réglées (c'est particulièrement le cas des toutes petites installations). Il est aussi présent dans les rejets de certains procédés industriels (agglomération de minerai, aciéries, incinération de déchets) ainsi que dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles.



Molécule de monoxyde de carbone

➤ Principales sources d'émission

Source : CITEPA

Actuellement, le principal secteur émetteur de CO est le résidentiel/tertiaire (43 % des émissions de la Métropole en 2013).

Les teneurs sont en baisse depuis 1973, s'expliquant par l'apparition de normes environnementales et la généralisation des pots catalytiques pour les véhicules.

➤ Effets sur la santé

Le CO se fixe sur l'hémoglobine du sang avec une affinité 200 fois supérieure à celle de l'oxygène. Les organes les plus sensibles à cette diminution de l'oxygénation sont le cerveau et le cœur. L'inhalation de CO entraîne des maux de tête et des vertiges. Nausées

et vomissements apparaissent à forte concentration. En cas d'exposition prolongée à des niveaux élevés en milieu confiné, ce polluant peut avoir un effet asphyxiant mortel.

➤ Effets sur l'environnement

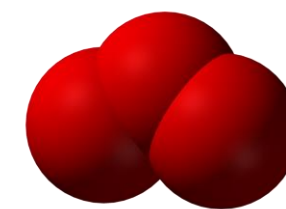
Du point de vue environnemental, ce gaz participe à l'acidification de l'air, des sols et des cours d'eau, ce qui affecte les écosystèmes. Le CO peut contribuer à la formation de l'ozone troposphérique, celui que nous respirons. Il peut aussi par réaction chimique se transformer en CO<sub>2</sub>, l'un des principaux gaz responsables de l'effet de serre.

❖ Ozone [O<sub>3</sub>]

Dans la haute atmosphère (stratosphère), l'ozone protège les organismes vivants en absorbant une partie des rayons UV. Mais à basse altitude, c'est un polluant qui irrite les yeux et l'appareil respiratoire, et qui a des effets sur la végétation (formation de nécroses sur les feuilles).

L'ozone est un polluant qui pose problème essentiellement en été. En effet, ce polluant n'est pas directement émis dans l'atmosphère mais se forme par réaction chimique à partir d'autres polluants, en particulier les oxydes d'azote et des hydrocarbures, sous l'action des rayons UV du soleil.

La formation d'ozone proprement dit nécessite un certain temps durant lequel les masses d'air se déplacent sous l'influence des vents dominants. Cela explique pourquoi il est observé en zone rurale des niveaux plus élevés qu'à proximité des voies importantes de trafic routier. De ce fait, l'ozone présente plutôt une problématique régionale que locale.



Molécule de monoxyde de carbone



## ANNEXE N°6 : EFFETS SANITAIRES DES POLLUANTS GENERES PAR LE TRAFIC ROUTIER

Tableau 67 : Effets sanitaires redoutés avec seuil – Voie inhalation

<b>Acétaldéhyde</b>	Chez l'homme, l'acétaldéhyde, en tant que métabolite de l'éthanol, induit des altérations hépatiques, des rougeurs de la face et des effets sur le développement lors de la consommation d'alcool.
<b>Acroléine</b>	L'acroléine est un irritant des voies respiratoires supérieures et des yeux chez les humains.
<b>Benzène</b>	De nombreuses études ont mis en évidence des effets hématologiques et immuno-toxiques. La plupart des effets sanguins ont été associés à des expositions par inhalation.
<b>Butadiène (1,3)</b>	Chez l'homme, la toxicité s'observe essentiellement par inhalation. Des effets hématologiques minimes sont retrouvés et potentiellement des effets cardiovasculaires.
<b>Formaldéhyde</b>	Les principaux effets observés, chez l'homme, sont des effets locaux au niveau des voies aériennes supérieures avec une irritation des yeux, du nez et de la gorge, et des lésions de l'épithélium nasal.
<b>Benzo(a)pyrène</b>	La littérature ne rapporte que des effets par contact cutané.
<b>Arsenic</b>	La grande majorité des informations disponibles, relatives à l'exposition par inhalation à l'arsenic, provient de situations professionnelles (fonderies, mines ou usines de produits chimiques) et rapporte des effets principalement au niveau de : - l'appareil respiratoire (emphysème, pneumoconiose), - du système cardiovasculaire (maladie de Raynaud) - de la peau (hyperkératose et hyperpigmentation) - du système nerveux périphérique (neuropathies, diminution de la conduction nerveuse).
<b>Baryum</b>	Parmi les populations professionnelles de mineurs exposées aux composés insolubles de baryum par inhalation, de nombreux cas de barytose ont été décrits.
<b>Cadmium</b>	Chez l'homme, le rein est la principale cible. L'exposition chronique au cadmium entraîne une néphropathie irréversible, pouvant conduire à une insuffisance rénale. Des troubles respiratoires sont rapportés pour des expositions cumulées par inhalation. Ils sont liés aux effets irritants des particules de cadmium. Les atteintes pulmonaires sont des rhinites, bronchites, et emphysèmes. L'altération pulmonaire peut apparaître jusqu'à 20 ans après l'exposition. Des atteintes du squelette liées à une interférence avec le métabolisme du calcium sont observées lors des expositions aux doses les plus élevées. Cependant, la toxicité osseuse est établie également lors d'exposition n'induisant pas de lésions rénales.
<b>Chrome</b>	Les manifestations toxiques du chrome sont généralement attribuées aux dérivés hexavalents. Le chrome III est un composé naturel de l'organisme, mais il possède également une action toxique. Il n'y a pas d'étude rapportant les effets du chrome III seul chez l'homme, cependant il a été montré que lors d'exposition au chrome sous la forme hexavalente ce dernier est tout ou partiellement réduit en chrome trivalent. Le tractus respiratoire est l'organe cible des effets lors de l'exposition par inhalation aux dérivés du chrome III et du chrome VI.

<b>Mercur</b>	Chez l'homme, les deux principaux organes cibles du mercure élémentaire et du mercure inorganique sont le système nerveux central et le rein. Ainsi, les principaux symptômes d'intoxication par le mercure sont d'ordre neurologique comme des troubles de la psychomotricité, des troubles cognitifs et des modifications de la personnalité (comme de l'irritabilité, de l'anxiété). Le mercure atteint également les reins (lésions glomérulaires et tubulaires) et induit une protéinurie. Enfin, il est également observé des troubles cardiovasculaires (tachycardie, hypertension artérielle), respiratoires, hépatiques et immunologiques. Le mercure organique atteint essentiellement le cerveau.
<b>Nickel</b>	Les études chez l'homme (et l'animal) indiquent que le système respiratoire est la cible principale de la toxicité du nickel par inhalation. Une augmentation de l'incidence des décès par pathologie respiratoire a été trouvée chez des travailleurs exposés chroniquement au nickel. Les effets respiratoires étaient de type bronchite chronique, emphysème et diminution de la capacité vitale.
<b>Plomb</b>	Le plomb s'accumule dans l'organisme et il est reconnu qu'une exposition de longue durée (exposition chronique) à des composés inorganiques du plomb a des effets nocifs importants sur la santé. L'inhalation ou l'ingestion de composés inorganiques du plomb, y compris le plomb élémentaire, ont des effets à long terme sur la santé qui sont semblables. L'exposition professionnelle prolongée à de faibles concentrations de plomb cause des dommages au système nerveux central (SNC) ou aux fonctions cérébrales des travailleurs. Typiquement, les symptômes se produisent après une exposition faible ou modérée et ils comprennent la tendance à l'oubli, l'irritabilité, la fatigue, les maux de tête, la fatigue extrême, l'impuissance, une diminution de la libido (pulsion sexuelle), les étourdissements et la dépression. Des expositions répétées à des concentrations modérées ou élevées peuvent causer une encéphalopathie (une dégénérescence progressive de certaines régions du cerveau). Les symptômes précoces de l'encéphalopathie comprennent l'apathie, l'irritabilité, un raccourcissement du temps d'attention, des maux de tête, des tremblements musculaires, des pertes de mémoire et des hallucinations. Des symptômes plus graves se produisent pour des niveaux d'exposition très élevés et comprennent le délire, le manque de coordination, des convulsions, la paralysie, le coma et le décès. Des expositions répétées aux composés inorganiques du plomb peuvent avoir des effets sur le comportement. Des concentrations faibles ou modérées de plomb inorganique causent des dommages au système nerveux périphérique (les nerfs des bras et des jambes) des personnes qui y sont exposées par leur travail. On a observé des lésions rénales réversibles chez certains travailleurs ayant subi des expositions faibles répétées à des composés inorganiques du plomb. Le plomb inorganique peut avoir des effets nocifs sur certains types de globules sanguins.

<b>Particules diesel</b>	<p>Le dépôt des particules en suspension dans le système respiratoire dépend des propriétés physico-chimiques de l'aérosol (la taille, la forme, la surface, le caractère,...). Après leur dépôt, les particules et particulièrement les particules inférieures à 0,1 µm semblent transloquer facilement vers des sites extrapulmonaires et atteignent alors différents organes cibles.</p> <p>Les effets des particules sont dus à la fois par leurs dépôts dans le système respiratoire, mais aussi par les polluants qu'elles transportent (imbrûlés, HAP, etc.). Elles peuvent en effet véhiculer sur leur surface des substances toxiques capables de passer la barrière air/sang au niveau des alvéoles pulmonaires.</p> <p>Les principaux effets toxicologiques des polluants, en particulier sur les mécanismes de stress oxydatif ainsi que sur l'appareil cardio-vasculaire, sont mis en évidence par plusieurs études biologiques. D'autres études ont aussi montré que la fonction respiratoire diminuait lors d'une exposition chronique à long-terme aux particules. En augmentant le stress oxydatif, elles aggravent l'inflammation des BPCO (Bronco-Pneumopathies Chroniques Obstructives) et conduisent à leur exacerbation. De même, l'inflammation alvéolaire serait à l'origine d'une inflammation systémique contribuant à augmenter la coagulabilité sanguine elle-même responsable de l'initialisation et la progression de l'athérosclérose à l'origine de maladies cardiaques ischémiques aiguës et d'accidents vasculaires cérébraux. De plus, des lésions anatomopathologiques des bronches et des bronchioles, ainsi qu'un épaissement de la paroi artérielle ont été aussi associés à une exposition chronique aux particules. Les effets de la pollution aérienne sur la variabilité de la fréquence cardiaque ont été mis en évidence pour la pollution particulaire.</p>
<b>Oxydes d'azote</b>	<p>Chez l'homme, le monoxyde d'azote a une action toxique au niveau des plaquettes, et induit la formation de nitrosylhémoglobine et de méthémoglobine. Il a également des effets respiratoires.</p> <p>Les enfants exposés au dioxyde d'azote dans l'air intérieur ont des symptômes respiratoires plus marqués et des prédispositions à des maladies respiratoires chroniques d'apparitions plus tardives, sans pour autant qu'il y ait une augmentation de leur fréquence. Les études chez les adultes n'ont pas montré d'augmentation de la fréquence des symptômes respiratoires</p> <p>Les enfants exposés au dioxyde d'azote dans l'air extérieur montrent un allongement de la durée des symptômes respiratoires. Pour les adultes, la corrélation entre exposition et pathologies respiratoires chroniques n'est pas claire.</p>
<b>Dioxyde de soufre</b>	Plusieurs études effectuées chez les humains ont démontré que des expositions répétées à de faibles concentrations de SO <sub>2</sub> (moins de 5 ppm) causent une insuffisance pulmonaire permanente. Cet effet peut sans doute être attribué à des crises répétées de bronchoconstriction
<b>Monoxyde de carbone</b>	Les signes d'appel d'une intoxication chronique sont les mêmes que dans le cas d'une intoxication subaiguë débutante: céphalées, vertiges et asthénie, parfois associés à des troubles digestifs. Les études conduites afin d'évaluer l'effet sur le myocarde indiquent que l'oxyde de carbone favorise le développement d'une ischémie myocardique à l'effort chez les sujets ayant une coronaropathie préexistante sans favoriser l'apparition de trouble du rythme. Ces effets ont été observés pour les expositions répétées à faibles doses.

Tableau 68 : Effets sanitaires redoutés sans seuil – Voie inhalation

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
<b>Acétaldéhyde</b>	Chez l'homme, une seule étude épidémiologique montre une augmentation de l'incidence des cancers toutes causes confondues chez des travailleurs exposés à l'acétaldéhyde mais le faible nombre de cas ne permet pas de conclure.	Chez l'animal, l'acétaldéhyde passe la barrière placentaire. Des effets tératogènes, de type retard de croissance, d'ossification ou augmentation du nombre de résorptions sont rapportés pour des expositions intrapéritonéales ou intraveineuses. L'acétaldéhyde a été étudié par l'Union Européenne mais il n'a pas été classé.
<b>Acroléine</b>	La seule étude épidémiologique relevée (Bittersohl, 1975) est jugée inadéquate pour l'évaluation de la cancérogénicité de l'acroléine chez les humains puisqu'elle ne se limite qu'à des observations qualitatives. Elle ne présente aucune analyse quantitative par site de tumeur avec une population témoin, normalisée en fonction de l'âge et du sexe. Par ailleurs, les travailleurs étudiés avaient été exposés en même temps à plusieurs autres substances.	L'acroléine est difficile à tester en mutagenèse car elle a une grande réactivité qui l'empêche d'atteindre sa cible et une forte cytotoxicité qui gêne l'expression de la mutation. Cependant, elle peut être considérée comme un mutagène faible in-vivo, en absence d'activation métabolique dans les tests bactériens.
<b>Benzène</b>	Plus de 25 études ont rapporté une augmentation des taux de cancer au cours des expositions professionnelles au benzène. La leucémie aiguë est l'affection la plus souvent rapportée dans les études de cas mais l'épidémiologie retrouve une association significative avec les leucémies de tout type voire d'autres affections du tissu hématopoïétique comme les lymphomes non hodgkiniens.	Le benzène passe la barrière placentaire et est retrouvé dans la moelle osseuse du fœtus à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux mesurés chez la mère exposée par inhalation. Ependant les effets par inhalation sur la reproduction et le développement ne sont pas suffisants pour établir une relation causale.
<b>Butadiène (1,3)</b>	Chez l'homme, il semble qu'il existe un lien entre la survenue de leucémies et les expositions au 1,3-butadiène	Le 1,3-butadiène a été étudié par l'Union Européenne mais n'a pas été classé. Aucune information n'est disponible quant aux effets sur la reproduction et le développement du 1,3-butadiène chez l'homme
<b>Formaldéhyde</b>	Le formaldéhyde a été classé dans le Groupe 1 par l'IARC en 2004, sur la base d'une preuve épidémiologique suffisante pour démontrer qu'il peut être à l'origine de cancers du nasopharynx chez l'homme. Il existe également une forte présomption, mais non suffisante,	Il n'existe pas, en l'état actuel des connaissances, de preuves suffisantes permettant de conclure à la toxicité du formaldéhyde sur la reproduction et le développement embryofœtal.

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
	pour établir un lien de causalité entre l'exposition professionnelle au formaldéhyde et l'apparition de leucémies. Bien que l'excès de risque noté pour les cancers pulmonaires soit faible, le rôle du formaldéhyde ne peut être exclu définitivement.	
<b>Benzo(a)pyrène</b>	Les études rapportées dans la littérature ne permettent pas de conclure quant au caractère cancérogène du benzo[a]pyrène à lui seul chez l'homme. Les études chez l'animal indiquent que le benzo[a]pyrène induit des tumeurs chez de nombreuses espèces animales par les trois voies d'exposition possibles : pulmonaire, orale et cutanée. Les effets rapportés correspondent, une action à la fois locale et systémique.	Il n'existe pas, en l'état actuel des connaissances, de preuves suffisantes permettant de conclure à la toxicité du formaldéhyde sur la reproduction et le développement embryofœtal. D'après la bibliographie, aucune étude n'a été effectuée chez l'homme pour rechercher un éventuel effet du benzo[a]pyrène sur la reproduction. Le benzo[a]pyrène est embryotoxique chez la souris.
<b>Arsenic</b>	L'arsenic a été l'un des premiers composés chimiques reconnus comme cancérogène : - par le CIRC (groupe 1), - par l'US EPA (classe A) - par l'Union Européenne (4 substances en Catégorie 1). Les principaux cancers liés à une exposition à l'arsenic sont les cancers de la peau, de la vessie, des poumons, des reins et du foie.	Ces effets ont été très peu étudiés chez l'homme. Toutefois pour des doses très faibles, avortements spontanés, mortalités fœtale et infantile tardive et faibles poids de naissance ont été mis en évidence ces dernières années. De même, des effets sur le développement intellectuel ont été observés. Chez l'animal, aucun effet sur la reproduction n'est observé; des effets sur le développement sont principalement mis en évidence par inhalation, avec des pertes post implantatoires et une diminution du nombre de fœtus viables. Seul l'arséniate de plomb est classé par l'Union Européenne en Catégorie 1 et 3.
<b>Baryum</b>	Aucune étude humaine n'a été réalisée pour connaître les effets cancérogènes, mutagène et reprotoxiques du baryum	
<b>Cadmium</b>	Chez l'homme, plusieurs études de cohorte ou des études cas témoin ont été menées afin de déterminer le risque de cancers lié à une exposition au cadmium en milieu professionnel. La plupart rapportent des cancers pulmonaires et de la prostate. Les études par inhalation chez le rat confirment les données rapportées chez l'homme.	Les études conduites chez l'homme ne montrent aucun effet sur la fertilité ou sur la fonction endocrinienne. Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France conclut à un retentissement faible du cadmium sur la fertilité de l'homme. Chez l'animal, le cadmium traverse la barrière placentaire, c'est un toxique pour le développement. Il induit une

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
		diminution du poids des fœtus, ainsi que des effets tératogènes et neuro développementaux.
<b>Chrome</b>	De nombreuses études épidémiologiques réalisées en Allemagne, en Italie, au Japon, au Royaume Uni ou aux Etats Unis sur des salariés de la production des chromates ont largement mis en évidence un excès de risque pour le cancer du poumon.	Les seules données connues concernant les effets toxiques du chrome sur la fonction de reproduction sont issues d'études réalisées chez la femme exposée professionnellement aux dichromates. Les résultats montrent une augmentation de l'incidence des complications au cours de la grossesse et de la naissance, une toxicose pendant la grossesse ainsi qu'une augmentation des hémorragies post-natales (Shmitova, 1978, 1980). Bien qu'ayant été pratiquées en présence d'un groupe témoin, ces études sont d'une qualité médiocre et ne permettent pas de conclure quant à l'effet du chrome sur la reproduction humaine.
<b>Mercur</b>	Les résultats contradictoires, concernant la cancérogénèse du mercure et de ses composés, ne permettent pas de statuer sur son caractère cancérogène, ce qui explique l'absence de classification européenne.	Il a clairement été montré un effet reprotoxique du mercure et du méthylmercure. En effet chez l'homme une exposition au mercure peut provoquer des avortements spontanés et des malformations (tératogénicité).
<b>Nickel</b>	Les différentes études épidémiologiques portant sur les effets cancérogènes du nickel ont été basées sur des études de cohorte de travailleurs de raffineries et ont mis en évidence une augmentation du risque de cancer du poumon et du nez.	Chez les femmes exposées, le taux de malformations était de 16,9 % contre 5,8 % chez les non-exposés. Les auteurs indiquent que la différence observée est statistiquement significative, cependant aucune précision supplémentaire n'est donnée.
<b>Plomb</b>	D'après le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), les données actuelles ne permettent pas d'établir la cancérogénicité des composés inorganiques du plomb chez l'humain; cet organisme a donc classé ces composés dans le groupe 2B, soit celui des substances pouvant avoir un effet cancérogène chez l'humain. Un examen détaillé de plus de vingt recherches chez les humains, auxquelles ont participé des travailleurs exposés à des composés inorganiques du plomb dans des fabriques de piles, des fonderies, des	Des effets nocifs sur l'appareil reproducteur ont été signalés chez des hommes exposés à des concentrations faibles ou modérées. Les effets correspondants chez la femme n'ont pas été démontrés dans les cas d'exposition faible ou modérée au plomb inorganique. Des effets nocifs sur l'appareil reproducteur ont été signalés chez l'homme et chez la femme à la suite d'exposition élevée.

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
	fabriques de pigments, des imprimeries et des fabriques de verre, a permis d'établir l'existence d'un risque excédentaire significatif de l'ensemble des cancers (cancers de l'estomac, du poumon et de la vessie), sauf du rein. L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a attribué au plomb élémentaire la cote de cancérogénicité A3 (cancérogénicité confirmée chez les animaux, mais inconnue chez l'humain).	
<b>Particules diesel</b>	Des études épidémiologiques ont montré un risque accru de risque accru de cancers pulmonaires pour des populations professionnellement exposées aux émissions des moteurs à combustion. Ces effets semblent se confirmer également expérimentalement mais certains résultats sont parfois contradictoires comme en témoigne des études de cancérogenèse expérimentales qui ont été menées sur des rats. Ainsi, "il est couramment admis par la communauté scientifique que les particules diesel sont responsables de la cancérogénicité expérimentale des émissions diesel " (SFSP, 1996). De surcroît, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) classe les particules diesel comme étant probablement cancérogènes chez l'Homme.	Certaines études chez l'animal semblent montrer des atteintes possibles au niveau de la spermatogenèse. Ces données sont cependant trop partielles et ne peuvent pas être extrapolées actuellement chez l'homme.
<b>Oxydes d'azote</b>	Le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote n'ont pas été classés cancérogènes par l'UE, l'US EPA et l'IARC ; le monoxyde n'a pas été étudié par l'UE. Différentes études ont montré des résultats positifs quant à la génotoxicité du dioxyde d'azote, néanmoins il n'a pas été classé par l'UE. Le monoxyde d'azote n'a pas été étudié.	Le monoxyde d'azote n'a pas été étudié par l'UE, et le dioxyde d'azote n'est pas classé reprotoxique. Chez l'animal, le dioxyde d'azote induit des effets neuro comportementaux, des signes d'embryotoxicité. En revanche, aucun effet tératogène ou sur la spermatogenèse n'est rapporté.

	Effets cancérogènes	Effets sur la reproduction et le développement
<b>Dioxyde de soufre</b>	Plusieurs études épidémiologiques ont évalué la possibilité que le dioxyde de soufre cause des cancers tels un cancer du poumon, un cancer de l'estomac ou des tumeurs cérébrales. Toutes les études comportaient des facteurs de confusion non contrôlés comme une exposition concomitante à d'autres produits chimiques. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a passé en revue ces études et décidé que les données actuelles ne permettent pas d'établir la cancérogénicité chez l'humain. Cependant, il y a quelques signes de cancérogénicité chez les animaux. Évaluation globale faite par le CIRC : Il est impossible de classer le SO <sub>2</sub> en fonction de sa cancérogénicité chez l'humain (groupe 3).	Un certain nombre d'études épidémiologiques ont indiqué qu'une exposition au SO <sub>2</sub> peut être reliée à des effets nocifs sur l'appareil reproducteur. Cependant, aucune de ces études n'a fourni des données indiquant clairement que le SO <sub>2</sub> soit responsable des effets observés. Aucune conclusion ne peut être tirée du peu d'information recueillie chez les animaux.
<b>Monoxyde de carbone</b>	Le monoxyde de carbone n'est pas classé par le CIRC.	L'oxyde de carbone ne modifie pas la fertilité et ne semble pas tératogène, mais il est nettement foetoxique. Lors d'une intoxication grave de la mère dans le coma, il peut y avoir mort du fœtus ou, sinon, de graves séquelles neurologiques. Si l'exposition est prolongée ou l'intoxication aigue moins importante, on peut observer un retard de croissance <i>in utero</i> et une augmentation de la mortalité néonatale. Si l'enfant survit, il ne semble pas y avoir de séquelles à long terme.