

## **ANNEXE 5**

### **EXTRAIT DE L'ETUDE D'IMPACT DE 2015 CONCERNANT L'ETUDE AIR ET SANTE – EFIS, MARS 2015**

La présente analyse a permis de définir l'impact acoustique du projet de ZAC Littorale sur le bâti riverain.

Les investigations menées ont montré que :

- La zone d'étude dans sa configuration actuelle est de type non modérée (les niveaux de bruits sont globalement supérieurs à 65 dB(A) de jour sur tout le périmètre d'étude).
- Le projet induit une modification de la géométrie de la voirie existante, une réorganisation des flux de circulation à l'échelle du périmètre étudié et la création de voirie nouvelle (en bordure des bâtiments projetés essentiellement).
- Les îlots de bâtiments situés en bordure de la rue de Lyon et sur le boulevard du Capitaine Gèze voient leurs niveaux de bruit à terme augmenter de façon significative de près de 2 dB(A).
- L'isolation de façade des bâtiments concernés dans le cadre du projet actuel est évalué à 0.5 M € HT.

Compte tenu des évolutions prévisibles de ce type de projet, un suivi acoustique des aménagements projetés dans les phases ultérieures du projet sera réalisé.

### 3.2.9.2. Effets sur la qualité de l'air

L'étude Air et santé a été réalisée par le bureau d'étude spécialisé Biomonitor.

#### Objectifs

L'objectif est de calculer les émissions polluantes des différents tronçons pris en compte et composant le domaine d'étude. Les émissions ont été ainsi inventoriées pour chaque polluant considéré et permettront in fine de caractériser les situations par :

- l'estimation globale des émissions engendrées par le trafic routier ;
- la détermination des coûts collectifs des pollutions et des nuisances ;
- la modélisation des concentrations imputables au trafic routier ;
- la réalisation d'un indice sanitaire.

Le réseau étudié est composé du projet et des tronçons pouvant varier de +/- 10% avec la mise en place du projet et dont les données sont disponibles. L'impact du projet d'aménagement de la ZAC Littorale de Marseille est ainsi étudié sur l'ensemble des tronçons pouvant être impactés directement ou indirectement.

En l'absence de projection sur une situation dite « fil de l'eau », les différentes estimations effectuées sont réalisées à :

- la situation actuelle sans aménagement (SA) ;
- la situation future avec aménagement de la ZAC (SF).

L'interprétation des tableaux et des graphiques ci-après s'oriente ainsi sur la comparaison des deux horizons ci-dessus. L'aménagement du projet ainsi que la variation du parc automobile entre 2012 et 2020 seront donc pris en considération.



Figure 178 - Tronçons sélectionnés lors de l'étude air

#### a) Calcul des émissions et de la consommation énergétique

Le bilan des émissions est utilisé pour l'analyse des coûts collectifs des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits par le projet pour la collectivité. Les sommes des émissions sur les tronçons étudiés sont calculés pour les deux variantes (SA et SF).

Les différents tableaux qui suivent présentent les quantités émises par chaque situation en valeurs brutes et présente également les variations en pourcentage constatées à la situation finale par rapport à la situation actuelle.

#### Le paramètre vitesse

La figure ci-après présente l'évolution des émissions de polluants en fonction de la vitesse. En effet, le paramètre vitesse a une incidence sur les facteurs d'émissions.

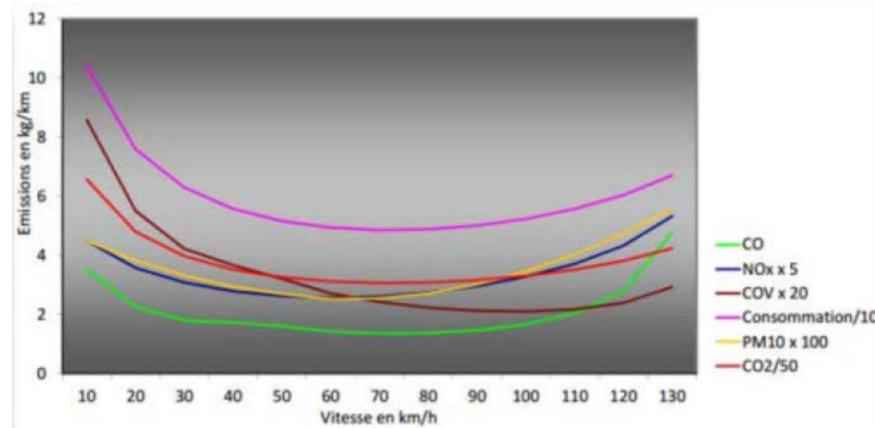


Figure 179 - Emissions de 1 000 véhicules particuliers en fonction de la vitesse (ASPA & CITEPA 2008)

Le profil émissif évolue de la même façon pour tous les polluants. La vitesse optimale pour la majorité des polluants est située entre 70 et 90 km/h. Les émissions les plus importantes sont observées pour les vitesses les plus faibles et pour les vitesses les plus élevées. La relation entre les émissions et la vitesse des véhicules sera ainsi prise en compte lors du calcul des bilans émissifs.

**Bilan des consommations énergétiques**

Le tableau ci-après présente les consommations en essence et diesel pour les deux scénarii étudiés (exprimées en kilogrammes consommés) sur le domaine d'étude considéré.

Variante	Essence (kg)	Diesel (kg)
SA	2 290	7 801
SF	1 853	8 436

Les variations mises en avant dans le tableau précédent sont représentées sur la figure ci-après.

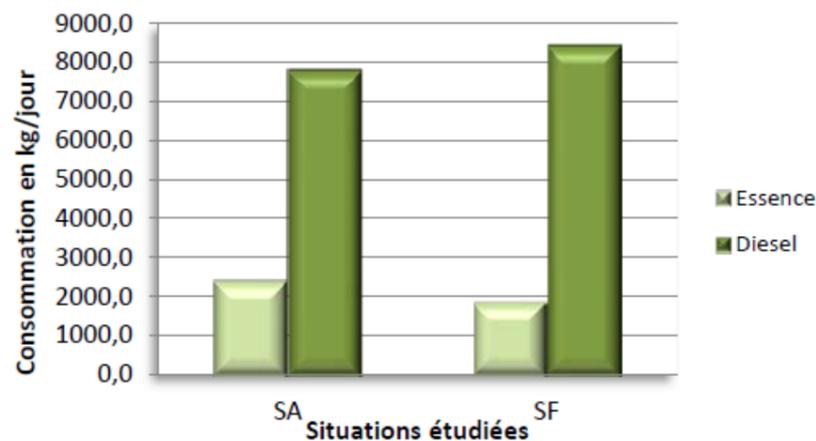


Figure 180 - Evolution des consommations énergétiques relatives aux trafics des tronçons étudiés

La consommation d'essence à la situation future connaît une baisse par rapport à la situation actuelle de l'ordre de 22,5 %, en lien avec la diésélisation du parc automobile. Ce constat couplé avec l'augmentation des trafics en 2020, est donc à l'origine d'une hausse de la consommation de diesel à la situation future, qui reste toutefois faible (8,1 %).

**Bilan des émissions liées au trafic**

Les émissions journalières de polluants sur le domaine sont présentées dans le tableau ci-après pour les deux situations étudiées (somme des émissions sur les différents tronçons étudiés).

Variante	CO (kg)	NOx (kg)	Part. (kg)	SO <sub>2</sub> (g)	Cd (mg)	Ni (mg)	HAP (g)	Benz (g)
SA	86,7	112,9	5,22	0,19	142,2	960,5	6,44	477,1
SF	34,7	70,0	1,96	0,20	148,0	995,2	7,66	116,4

A la situation future avec la mise en place du projet, les émissions de polluants seront globalement à la baisse (environ -20 %) par rapport à la situation actuelle sans projet. Les émissions de polluants varient suivant le composé étudié. En effet, les émissions de SO<sub>2</sub>, de Cd, de Ni et de HAP révèlent une légère hausse des émissions par rapport à la situation actuelle. A l'inverse, celles de CO, de NOx, des particules et du benzène seront à la baisse par rapport à 2012.

Les variations défavorables sont à mettre en lien avec l'évolution du parc automobile entre les deux horizons d'étude et aux variations de trafics sur les différents tronçons. Les variations favorables (baisse des émissions) sont liées aux améliorations technologiques et à l'aménagement du projet. Ce dernier sera à l'origine d'une optimisation des conditions de circulation par rapport à la situation actuelle, générant des émissions plus faibles pour les polluants concernés.

Les histogrammes présentés ci-après, mettent en avant l'évolution des bilans d'émissions pour deux des principaux traceurs de la pollution routière : le benzène et les oxydes d'azote (NOx).

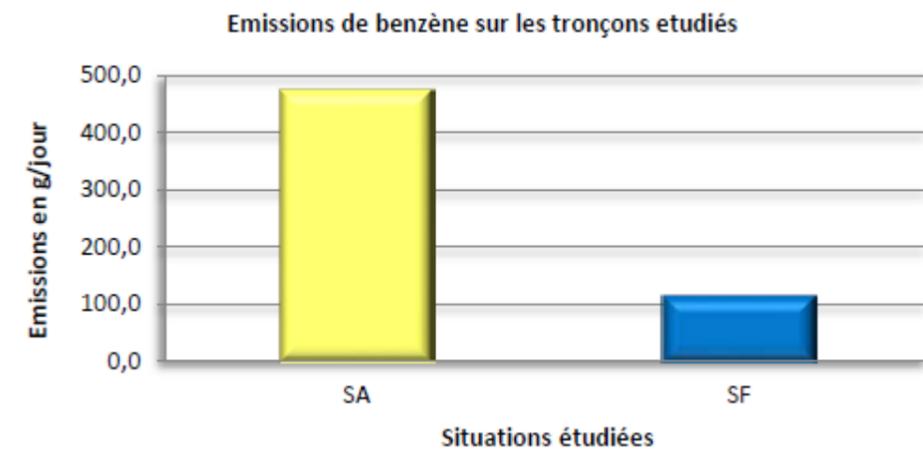


Figure 181 - Evolution des émissions de benzène relatives au trafic des tronçons étudiés

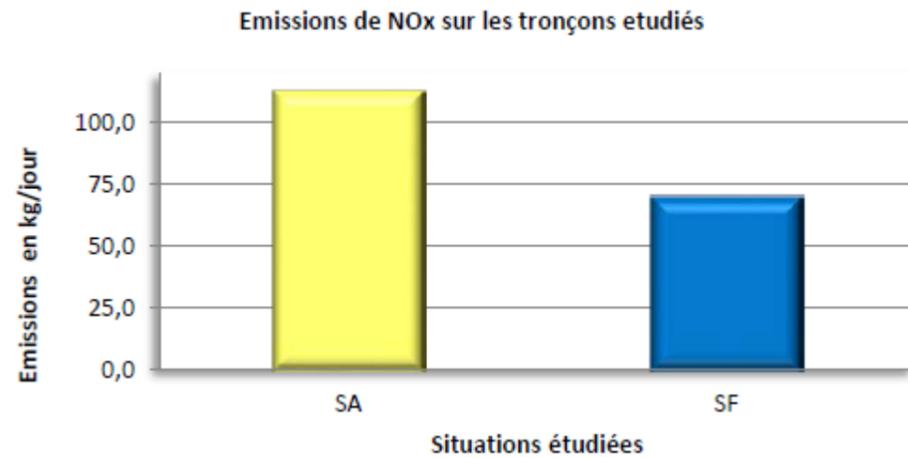


Figure 182 - Evolution des émissions de NOx relatives au trafic des tronçons étudiés

Les graphiques ci-dessus viennent corroborer les résultats présentés précédemment, les émissions des deux polluants sont à la baisse en 2020 avec l'aménagement du projet par rapport à la situation actuelle, diminution d'ailleurs plus marquée pour le benzène. Ces observations sont à mettre en relation avec les progrès technologiques qui auront, à l'horizon 2020, un effet bénéfique sur les émissions polluantes et/ou à la diésélisation du parc automobile français.

Les émissions des polluants pris en compte dans l'Etude des Risques Sanitaires présentent globalement des tendances similaires aux polluants traceurs de l'activité routière, à savoir une baisse entre 2012 et 2020.

**Bilan des émissions de Gaz à Effet de Serre (G.E.S) liées au trafic**

Les émissions de gaz à effet de serre sont également calculées en prenant en compte le dioxyde de carbone et deux autres polluants : le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) et le méthane (CH<sub>4</sub>). Ces deux derniers composés sont additionnés au CO<sub>2</sub>, en prenant en compte leurs P.R.G (Potentiel de Réchauffement Global) respectifs. Les émissions de gaz à effet de serre sont exprimées en équivalent CO<sub>2</sub> (T/jour eq. CO<sub>2</sub>). Elles sont représentées dans le tableau et la figure ci-après pour les deux scénarii.

Scénario	Emission de GES en T par jour (éq. CO <sub>2</sub> )
SA	37,5
SF	39,1

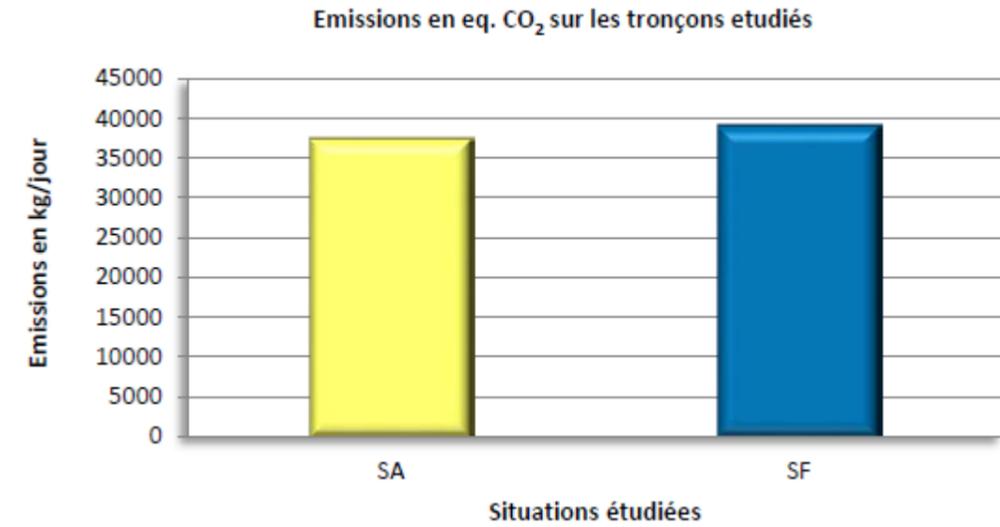


Figure 183 - Bilans d'émissions d'équivalent CO<sub>2</sub> relatifs aux trafics des tronçons étudiés

Les émissions de GES sont légèrement à la hausse lors de la situation future, de l'ordre de 4,4 %. Cette augmentation, qui reste toutefois peu significative est liée à l'augmentation des trafics en 2020 suite à la mise en place du projet.

**Cartographie des émissions**

Afin de mettre en avant les tronçons les plus sensibles en matière d'émissions polluantes, plusieurs représentations cartographiques sont proposées. Ainsi, les figures suivantes présentent les émissions linéiques pour le cas des NOx et du benzène (deux des principaux traceurs des émissions routières). Ces émissions linéiques (exprimées en kg/km/jour pour les NOx et en g/km/jour pour le benzène) permettant une comparaison visuelle et géographique des résultats obtenus sur les différents tronçons.

Les figures suivantes présentent respectivement la répartition des émissions de NOx et de benzène sur le domaine d'étude pour les tronçons étudiés à l'état initial.

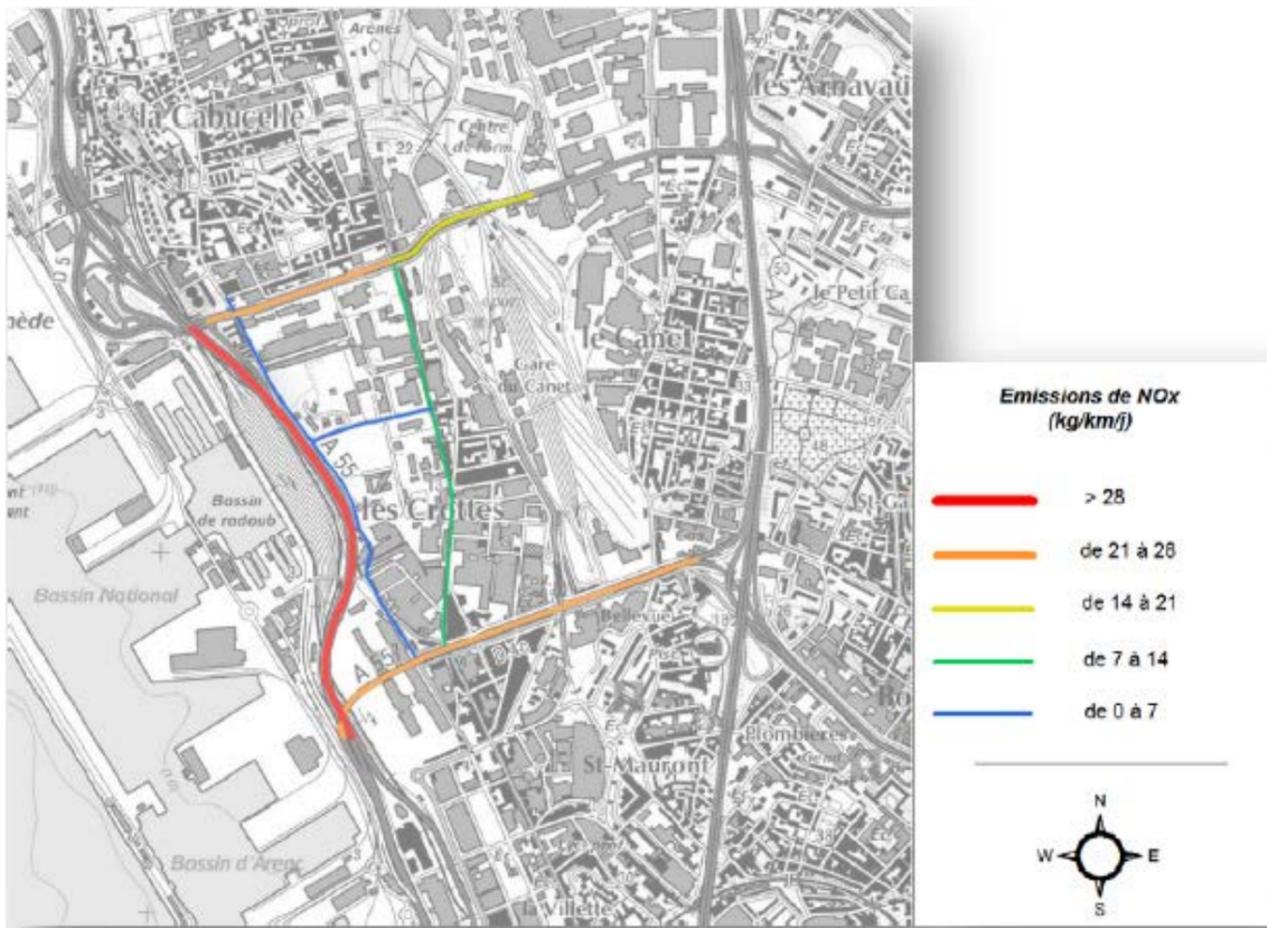


Figure 184 - Répartition géographique des émissions linéiques d'oxydes d'azote pour la situation actuelle (SA – 2012)

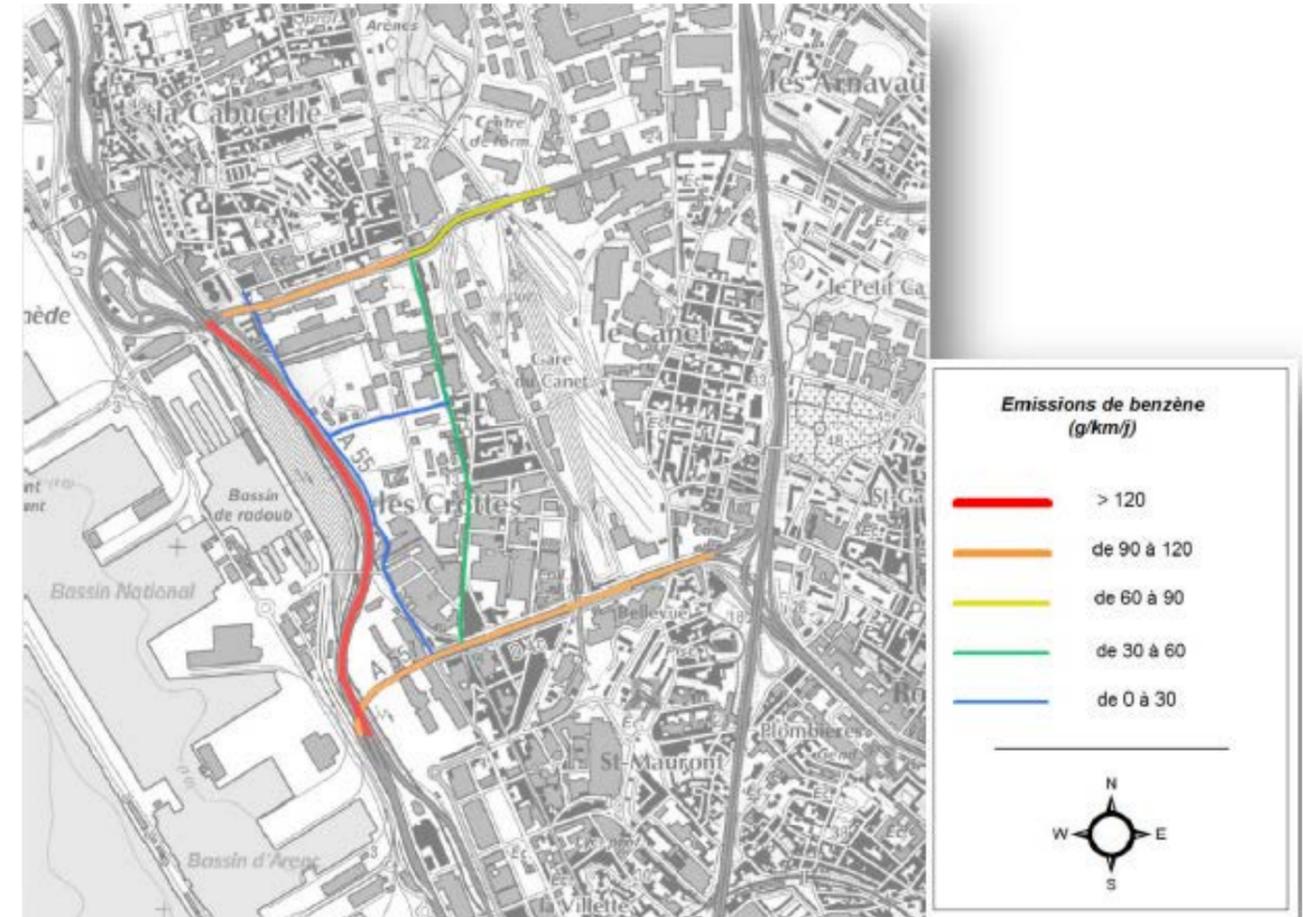


Figure 185 - Répartition géographique des émissions linéiques de benzène pour la situation actuelle (SA – 2012)

Les figures suivantes présentent respectivement la répartition des émissions de NOx et benzène sur le domaine d'étude à la situation future (SF-2020).

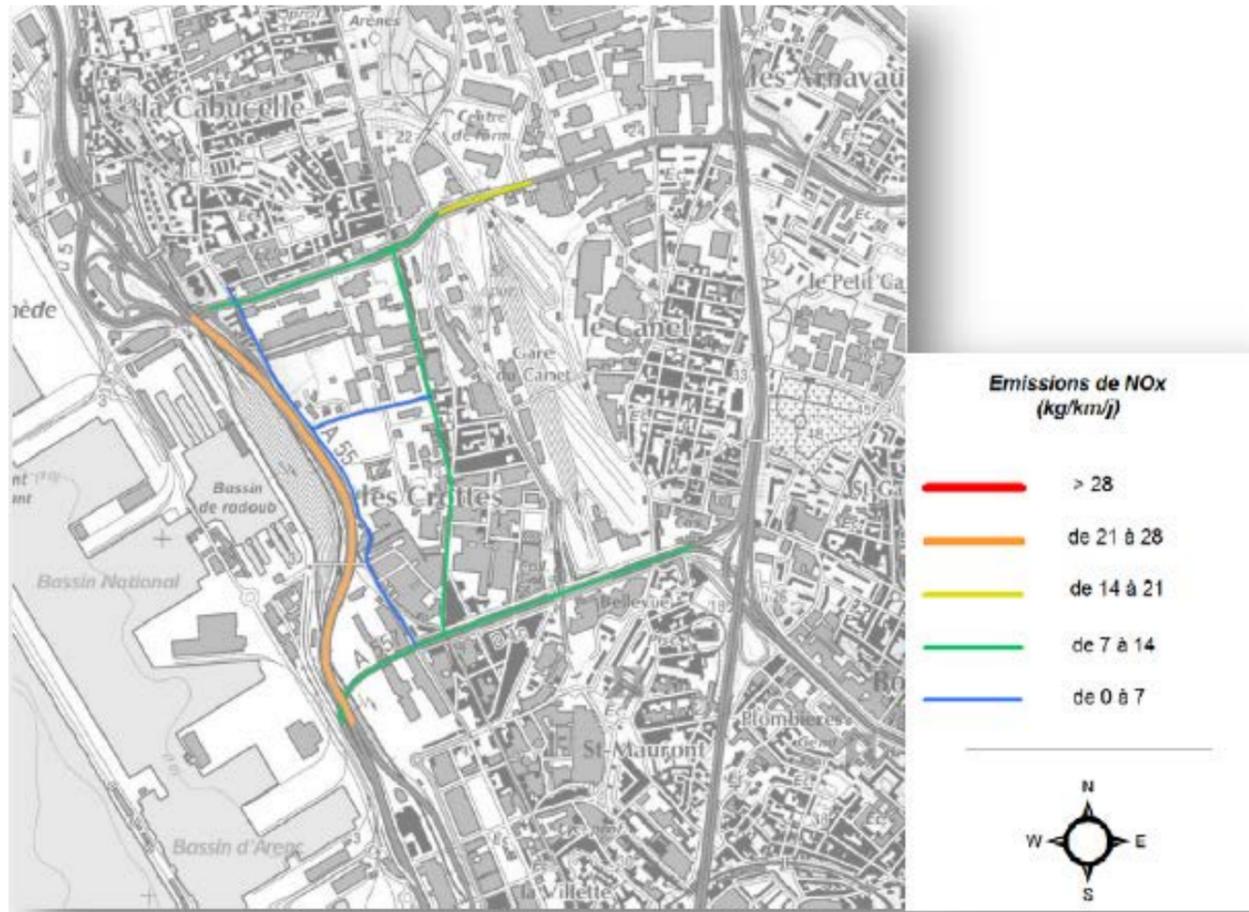


Figure 186 - Répartition géographique des émissions linéiques de NOx pour la situation future (SF – 2020) relatives aux trafics des tronçons étudiés

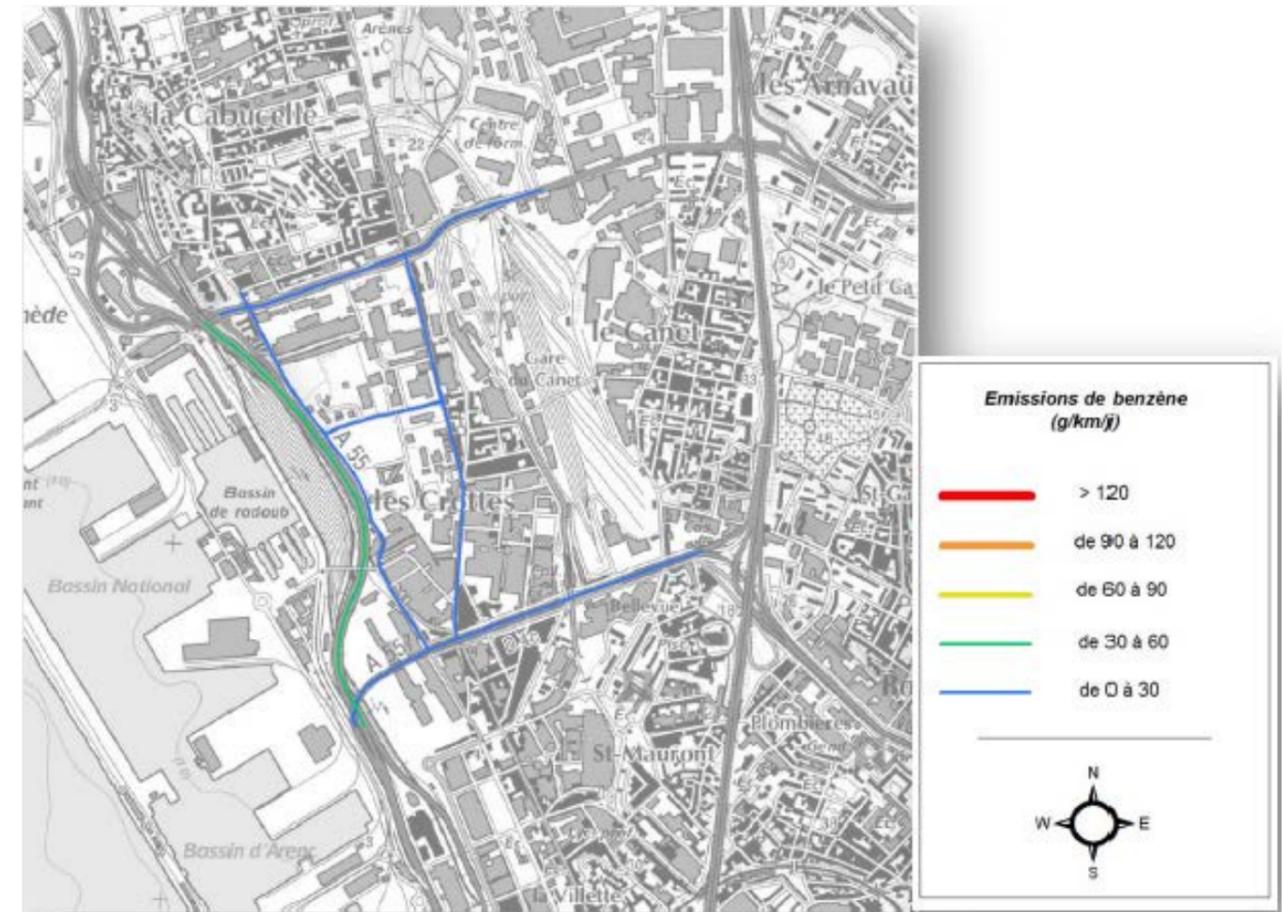


Figure 187 - Répartition géographique des émissions linéiques de benzène pour la situation future (SF – 2020) relatives aux trafics des tronçons étudiés

Entre la situation actuelle et la situation future avec projet, une baisse globale des émissions sur l'ensemble des tronçons est constatée pour les deux polluants traceurs de l'activité routière. Cette diminution est plus importante au niveau de l'autoroute A55, de l'A557 et de l'avenue du Cap Pinède. Le contraste entre les émissions des deux situations est plus marqué pour le benzène. A l'exception de l'autoroute A55, les émissions de benzène sur l'ensemble des tronçons sont inférieures à 30 g/km/j.

Comme vu précédemment, ces observations sont liées aux progrès technologiques et/ou à la diésélisation du parc automobile qui entraineront une baisse des émissions polluantes de ces deux composés.

## b) Analyse des coûts collectifs

**Cadre**

Le décret 2003-767 du 1er août 2003, modifiant le décret 77-1114 du 12 octobre 1977, introduit la nécessité d'analyser les coûts collectifs des pollutions et des nuisances pour la collectivité dans les études d'impact des infrastructures de transport. Ces coûts permettent de monétariser les effets liés à la pollution de l'air et à l'effet de serre.

**Principe**

Les coûts collectifs induits par le projet, par kilomètre et par véhicule, sont estimés à l'aide des valeurs présentées dans le tableau suivant. Les effets sur la santé de la pollution de l'air dépendent de la concentration de polluants et de la densité de la population dans les zones polluées. Ceci conduit à retenir des valeurs différentes en milieu urbain dense, en milieu urbain diffus et en rase campagne.

	Urbain dense (> 420 hab/km <sup>2</sup> )	Urbain diffus (entre 37 et 420 hab/km <sup>2</sup> )	Rase campagne (< 37 hab/km <sup>2</sup> )	Moyenne
VL	2,9	1,0	0,1	0,9
PL	28,2	9,9	0,6	6,2

Estimation des coûts collectifs en Euro pour 100 véhicules sur 1 km (année 2000)

Les valeurs appliquées correspondent à une fourchette d'estimation recommandée dans le rapport « Transport : pour un meilleur choix des investissements – Commissariat général du plan – Marcel Boiteux » - novembre 1994 mis à jour en juin 2001. Ces valeurs ont été validées par l'instruction cadre du 16 juin 2014<sup>1</sup> relative à l'évaluation des projets de transport. D'autre part, selon les horizons d'étude, les facteurs présentés sont pondérés par l'évolution à la baisse des émissions annuelles (5,5% pour les VL et 6,5 % pour les PL) et par la valeur de la vie humaine (1,4 %).

Les tronçons étudiés ici sont ceux en lien avec l'aménagement de la ZAC Littorale à Marseille. Les coûts induits pour la collectivité se rapportent donc à l'ensemble des tronçons étudiés en fonction de chaque scénario.

**Résultats concernant la pollution atmosphérique**

Pour cette étude, le projet étant situé en secteur urbain, la valeur relative à de « l'urbain dense » sera retenue pour le calcul des coûts collectifs. Le tableau ci-après présente les coûts collectifs engendrés sur l'ensemble du domaine d'étude pour la situation actuelle et la situation future.

<sup>1</sup> Instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport. Elle annule et remplace l'instruction-cadre du 24 mars 2004, mise à jour le 27 mai 2005, relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport. Sa date mise en application est le 1er octobre 2014.

Scénario	Coûts induits pour la collectivité (€ par jour)
SA	4 376
SF	3 458

**Monétarisation de la pollution sur les variantes et variation par rapport à SA**

L'aménagement du projet en 2020, révèle une baisse des coûts des dommages et des nuisances journaliers concernant l'aspect sanitaire (en relation avec la circulation automobile dans le domaine d'étude), de l'ordre de 21,0 %. Ce constat est à mettre en relation avec la baisse des émissions et de l'indice de coût collectif en 2020.

**Résultats concernant l'effet de serre**

La monétarisation des coûts est liée au niveau d'équivalents carbone rejetés dans l'atmosphère. La valeur retenue pour le carbone est fondée sur une relation coût-efficacité : il s'agit du niveau de taxation du carbone des émissions de gaz à effet de serre (GES) qui permettrait à la France de satisfaire aux engagements issus du protocole de Kyoto. Les coûts engendrés par les émissions de GES sont ainsi directement liés au prix de la tonne de carbone, présenté dans le tableau ci-après et à la consommation des véhicules.

2000 - 2010	Après 2010
100 €/tonne de carbone, soit 6,6 centimes d'€ par litre d'essence et 7,3 centimes d'€ par litre de diesel	+ 3 % / an

**Prix de la tonne de carbone**

Les résultats obtenus par le calcul d'émissions et les données du tableau précédent permettent de monétariser les émissions des GES. Le tableau ci-après présente les coûts collectifs engendrés sur l'ensemble du domaine d'étude pour les deux scénarii. Les consommations en kilogrammes ont été pondérées par les masses volumiques des carburants (essence et diesel), qui sont respectivement de 0,755 t/m<sup>3</sup> et 0,845 t/m<sup>3</sup> (source : Union Routière de France).

Scénario	Coûts relatifs aux GES (€ par jour)
SA	932
SF	1 197

**Coûts relatifs aux GES**

Les coûts liés aux émissions de GES révèlent une évolution défavorable, de l'ordre de 28,3 % à par rapport à la situation initiale, liée à la hausse des trafics et du prix de la tonne carbone en 2020.

c) *Modélisation de la dispersion*

**Choix des situations modélisées**

Les situations modélisées sont caractéristiques d'une situation moyenne annuelle, croisant les trafics moyens journaliers annuels à des conditions météorologiques moyennes annuelles. La situation actuelle ainsi que la situation future sont ainsi étudiées.

**Choix des polluants**

Les concentrations sont modélisées pour sept polluants déjà étudiés dans les calculs des émissions, à savoir le NO<sub>2</sub>, le SO<sub>2</sub>, les particules PM2.5, le CO, le benzène, le cadmium et le nickel. Par ailleurs, dans le but d'appréhender qualitativement la dispersion des polluants, des cartographies de la dispersion sont réalisées pour deux des polluants liés au trafic routier : **le NO<sub>2</sub> et le benzène**.

Pour tous les polluants précédemment cités, les modélisations réalisées caractérisent les concentrations autour des axes étudiés, combinant le bruit de fond ambiant et la contribution de la route. Les différentes modélisations ont été réalisées à partir des émissions polluantes calculées précédemment.

**Modalités d'interprétation des résultats**

Dans le cas spécifique du dioxyde d'azote et du benzène, des cartographies représentant la spatialisation des concentrations modélisées sont proposées. Ces deux polluants sont en effet considérés comme les deux principaux traceurs de la pollution atmosphérique d'origine routière et peuvent être comparés à des valeurs réglementaires à disposition.

Les résultats obtenus sur certains points spécifiques sont aussi intégrés à l'interprétation afin d'avoir un aperçu de l'impact à proximité des axes étudiés. Trois points localisés dans les zones les plus exposées ont ainsi été sélectionnés et sont complétés par un point d'impact maximum situé au centre de la voie (variable géographiquement) :

- Point 1 : au niveau de futurs logements (rue Allar) ;
- Point 2 : au niveau d'une future crèche (rue Cazemajou) ;
- Point 3 : au niveau d'un groupe scolaire (boulevard Ferdinand Lesseps).

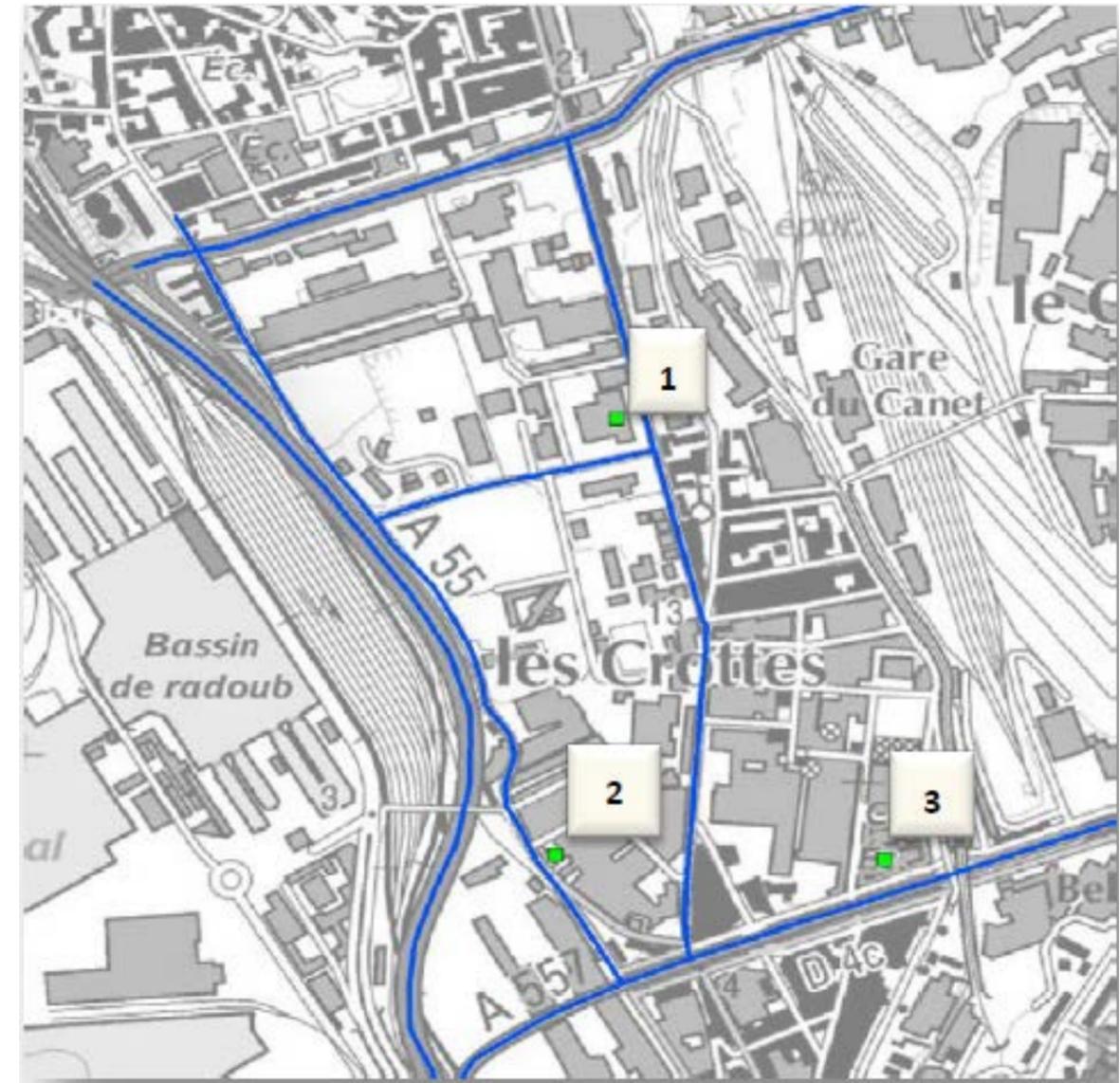
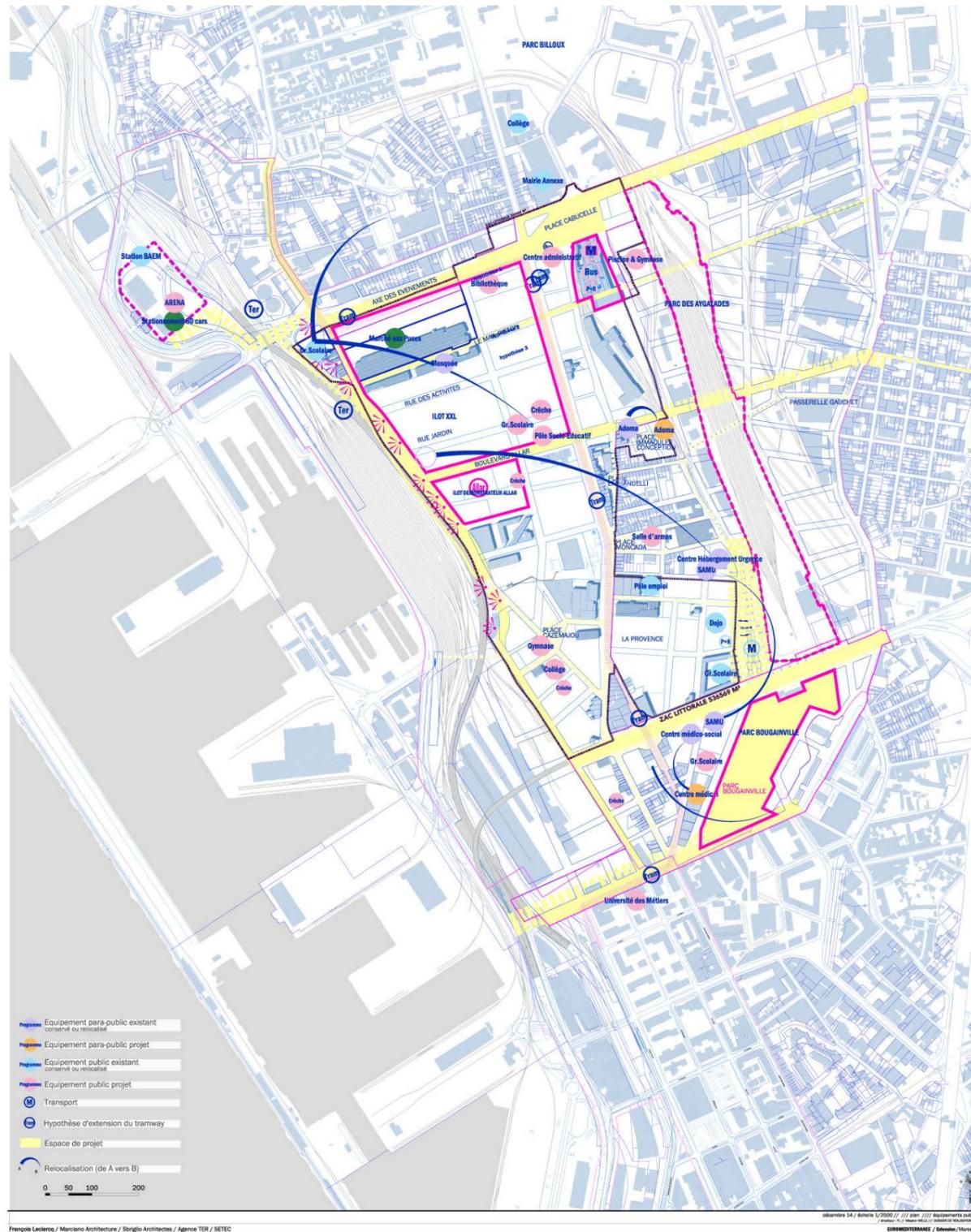


Figure 188 - Localisation des points récepteurs

Ces points de référence ont été sélectionnés car ils sont jugés représentatifs des plus fortes variations pouvant être induites par le projet à proximité de lieux sensibles. La figure ci-après détaille l'emplacement des futurs Etablissement Recevant du Public prévus sur l'ensemble du périmètre de la ZAC Littorale.



**Résultats relatifs au dioxyde d'azote et au benzène**

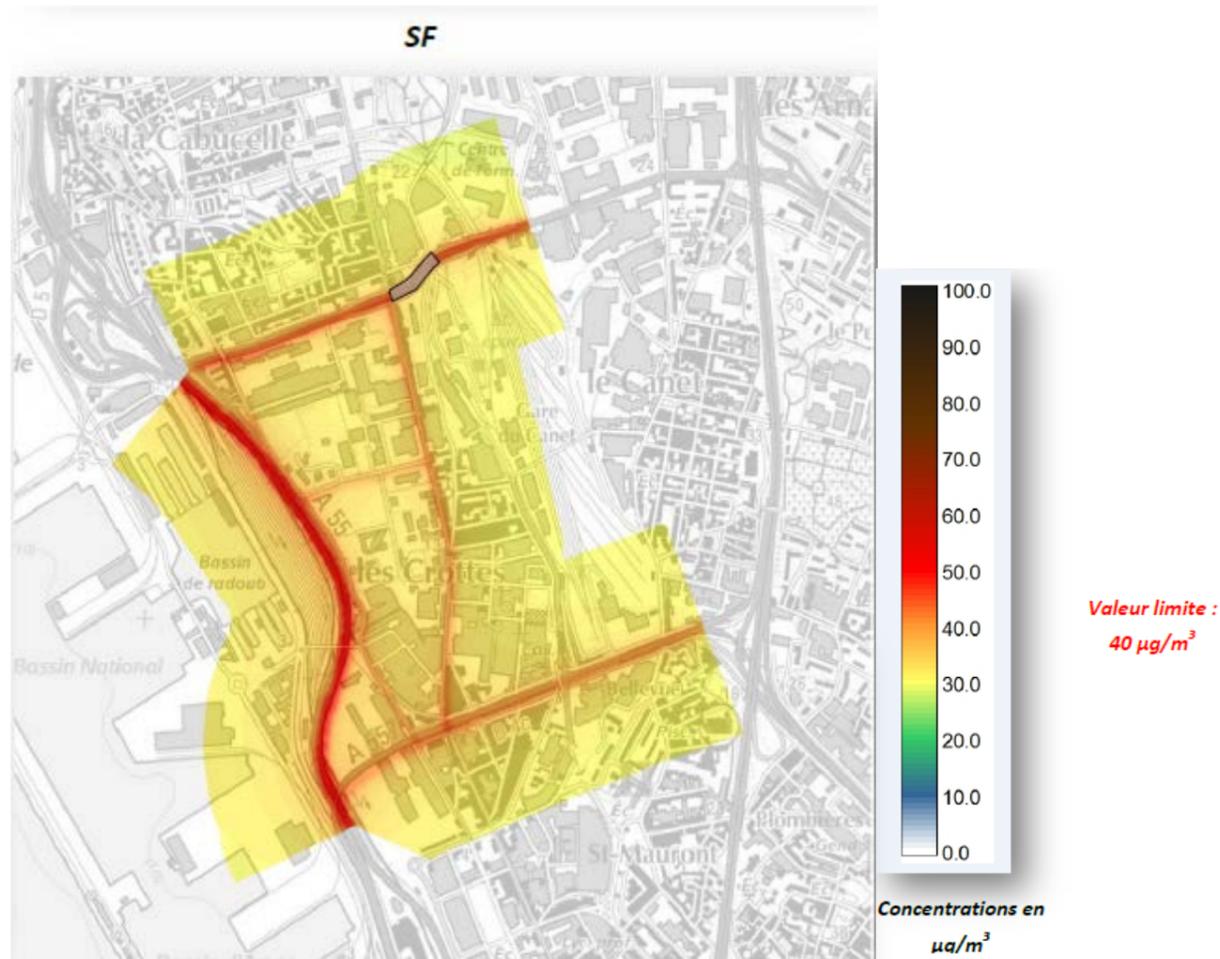
Pour ces deux polluants, les concentrations modélisées pour les différentes situations sont présentées sur les figures suivantes pour le dioxyde d'azote et pour le benzène.

*Nota : les croisements d'axes représentés sur les figures suivantes sont assimilés à des intersections ou des axes simples afin d'améliorer la lisibilité des cartographies.*

• **Cas du dioxyde d'azote**



Figure 189 - Établissements publics et para-publics prévus sur l'ensemble du périmètre de la ZAC Littorale



Horizons	Points d'intérêts	Moyennes annuelles (µg/m³)	P99,8
SA	<b>Pt Max.</b>	<b>59,5</b>	100,6
	Point 1	35,8	61,2
	Point 2	36,2	69,1
	Point 3	36,1	67,2
SF	<b>Pt Max.</b>	<b>56,1</b>	92,6
	Point 1	34,2	56,5
	Point 2	34,8	63,6
	Point 3	33,6	57,0
<b>Valeurs réglementaires</b>		<b>40,0</b>	<b>200,0</b>

Concentrations modélisées pour le dioxyde d'azote

**Figure 191 - Concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote sur les tronçons étudiés (SF)**

Entre les deux situations, une baisse des émissions est observée à l'horizon 2020. Les concentrations moyennes maximales modélisées pour la SA et la SF s'élèvent respectivement à 59,5 µg/m³ et 56,1 µg/m³ (tableau suivant), soit supérieures à la valeur limite réglementaire, fixée à 40 µg/m³. Les concentrations les plus importantes sont observées au niveau de l'A55, de l'avenue du Cap Pinède, du boulevard du Capitaine Gèze et de l'A557. Ce sont d'ailleurs sur ces tronçons que la baisse des émissions à l'horizon 2020 est plus marquée. En dehors de ces axes routiers principaux, les émissions sont inférieures à la valeur réglementaire. En effet, au niveau des trois points sélectionnés, les concentrations modélisées à la SA et SF sont équivalentes entre les deux situations et restent inférieures aux valeurs réglementaires. Ces observations viennent donc appuyer les résultats de la campagne de mesures réalisée lors de l'état initial.

• **Cas du benzène**

A la situation actuelle, la concentration moyenne maximale modélisée est de l'ordre de 1,5 µg/m<sup>3</sup> (tableau suivant). Elle est donc en deçà de l'objectif de qualité fixé 2 µg/m<sup>3</sup> et de facto à la valeur limite (5 µg/m<sup>3</sup>). Comme vu précédemment pour le dioxyde d'azote, les valeurs les plus élevées sont observées au niveau des axes routiers principaux : l'A55, l'avenue du Cap Pinède ainsi que l'A557. Les concentrations diminuent fortement dès que l'on quitte les axes pour rester de l'ordre du bruit de fond, déjà élevé. Ces résultats sont en concordance avec les mesures réalisées à l'état initial qui montraient des teneurs inférieures à la limite de quantification.

Une diminution nette des émissions est constatée à la situation future au niveau des axes routiers cités précédemment. Les concentrations modélisées restent de l'ordre du bruit de fond sur l'ensemble du domaine d'étude (1,2 µg/m<sup>3</sup> au point max).

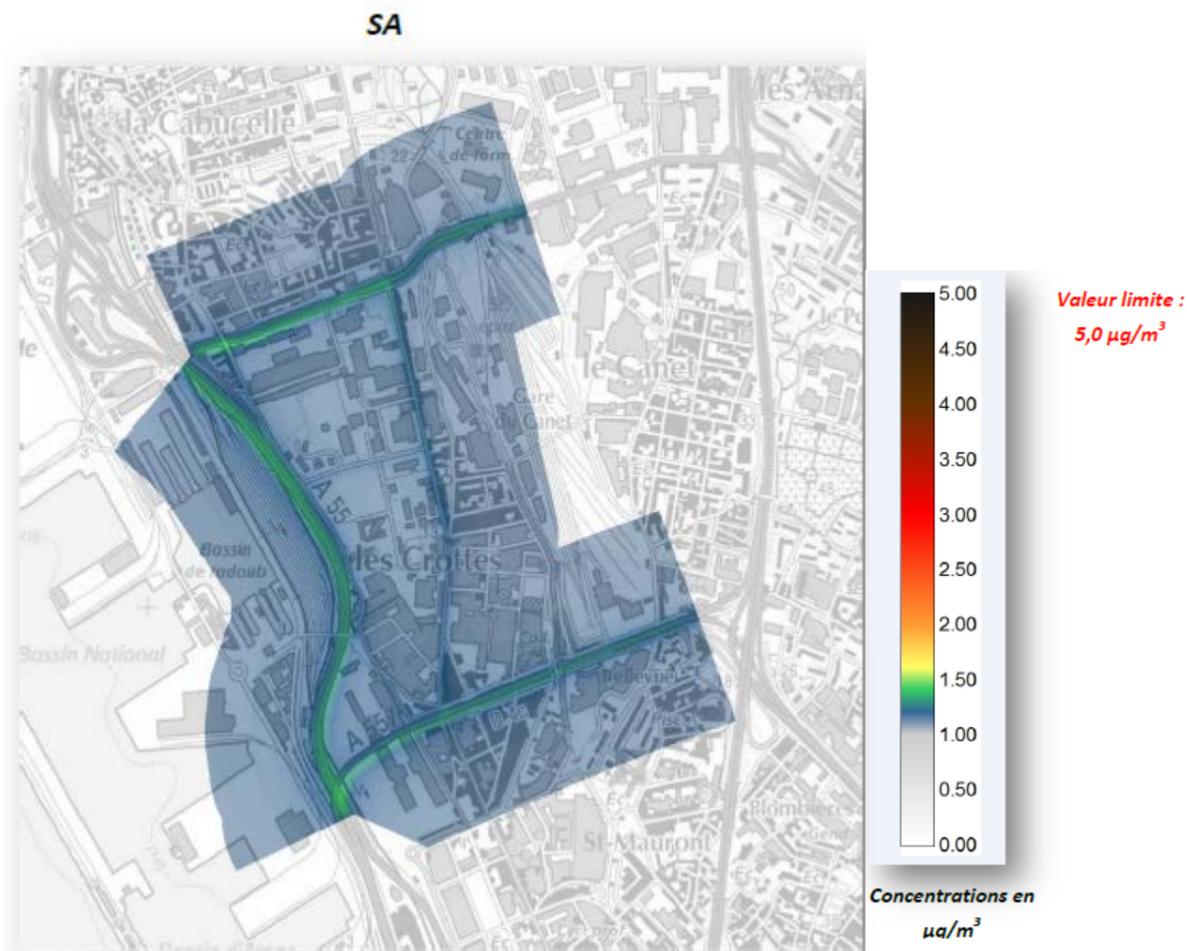


Figure 192 - Concentrations moyennes annuelles en benzène sur les tronçons étudiés (SA)

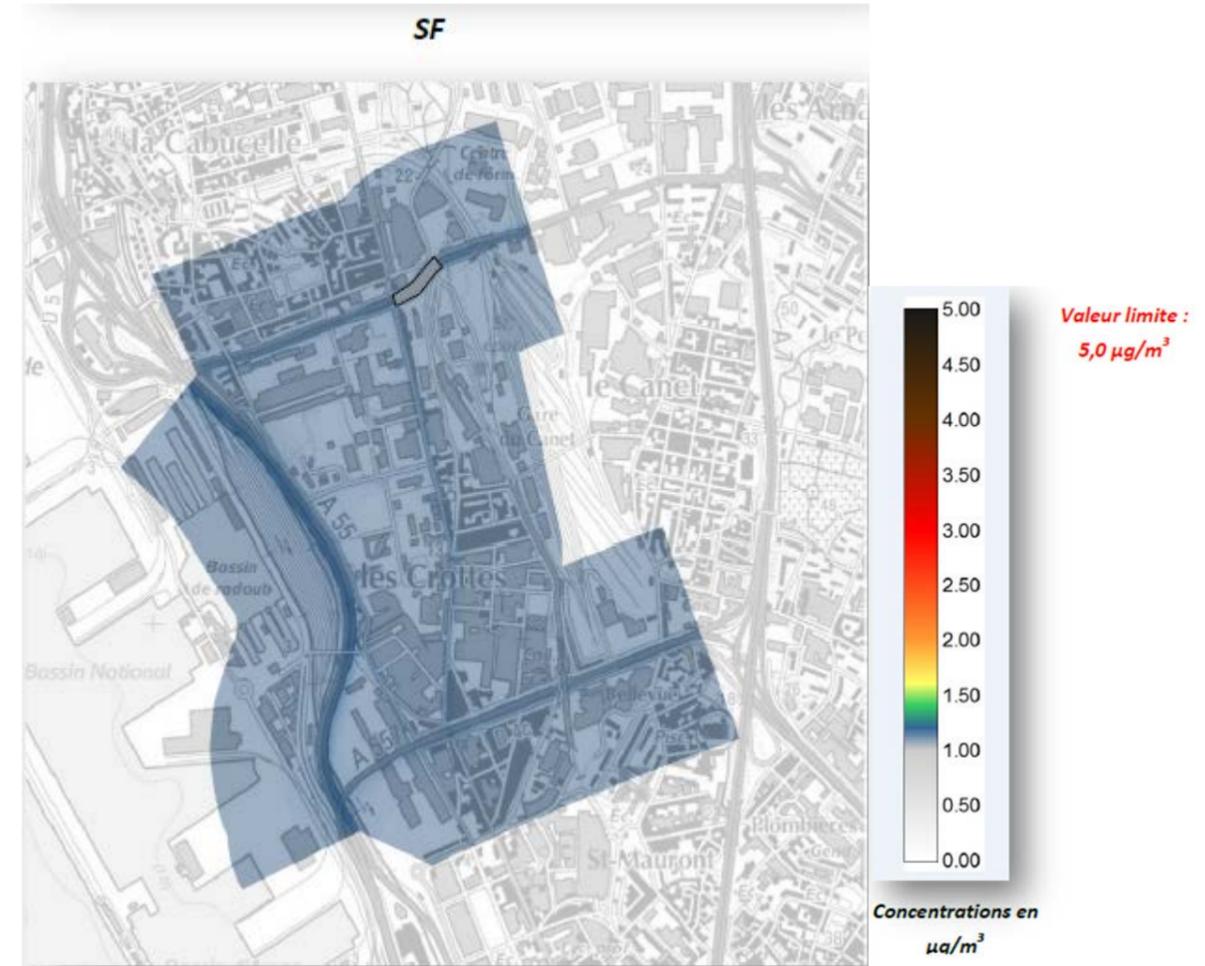


Figure 193 - Concentrations moyennes annuelles en benzène sur les tronçons étudiés (SF)

Les concentrations sur les points sensibles sont également présentées dans le tableau ci-après. Ces valeurs ne présentent pas d'évolution significative à la situation future.

Horizons	Moyennes annuelles (µg/m <sup>3</sup> )			
	Point max	Point 1	Point 2	Point 3
SA	1,5	1,2	1,2	1,2
SF	1,2	1,1	1,1	1,1
Objectif de qualité	2,0			
Valeur limite	5,0			

Figure 194 - Concentrations modélisées pour le benzène

**Résultats relatifs aux autres polluants**

Les tableaux qui suivent reprennent les concentrations des autres polluants modélisés. Ces concentrations sont imputables au trafic routier et intègrent le bruit de fond local aux abords des tronçons étudiés. Les concentrations sont également présentées au niveau du point d'impact maximum ainsi qu'au niveau des deux points d'intérêt sélectionnés à proximité du projet.

- **Cas du dioxyde de soufre**

Le tableau ci-après présente les teneurs en dioxyde de soufre modélisées sur le domaine d'étude.

Les concentrations modélisée à la situation future et actuelle, au point max et au droit des lieux sensibles, sont similaires entre elles et de l'ordre du bruit de fond ( $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et de facto nettement inférieure à la valeur réglementaire fixée à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (polluant d'origine industriel principalement).

Horizons	Points d'intérêts	Moyennes annuelles ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
		P99,7	P99,2 sur 24h	
SA	Pt Max.	1,1	1,8	1,4
	Point 1	1,0	1,1	1,1
	Point 2	1,0	1,2	1,1
	Point 3	1,0	1,2	1,1
SF E2	Pt Max.	1,2	2,0	1,5
	Point 1	1,0	1,2	1,1
	Point 2	1,0	1,2	1,1
	Point 3	1,0	1,2	1,1
<b>Valeurs réglementaires</b>		<b>50,0</b>	<b>350,0</b>	<b>125,0</b>

Figure 195 - Concentrations modélisées pour le dioxyde de soufre

- **Cas des particules diesel (assimilées aux PM2,5)**

Les concentrations en PM2,5 modélisées sur le domaine d'étude sont présentées dans le tableau ci-après.

Horizons	Moyennes annuelles ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	Point max	Point 1	Point 2	Point 3
SA	18,5	15,4	15,4	15,4
SF	16,6	15,2	15,2	15,1
<b>Valeur réglementaire</b>		<b>25</b>		

Figure 196 - Concentrations modélisées pour les particules

D'après les résultats de la modélisation, les concentrations moyennes maximales diminuent à l'horizon 2020. Au niveau des lieux sensibles, les concentrations sont similaires entre les deux situations.

L'ensemble des moyennes annuelles, pour les deux situations, sont inférieures à la valeur limite fixée par la directive 2008/50/CE.

- **Cas du monoxyde de carbone**

Le tableau suivant présente les concentrations en monoxyde de carbone modélisées sur la zone d'étude.

Horizons	Max. de la moyenne glissante sur 8h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	Point max	Point 1	Point 2	Point 3
SF E1	572	509	510	510
SF E2	543	504	505	503
<b>Valeur réglementaire</b>		<b>10 000</b>		

Les résultats de la modélisation révèlent une légère baisse des émissions en 2020 par rapport à la situation actuelle, plus marquée pour les concentrations maximales.

De plus, l'ensemble des valeurs sont nettement inférieures à la valeur réglementaire.

- **Cas du cadmium**

Les concentrations en cadmium modélisées sur la zone d'étude sont présentées dans le tableau ci-après.

Horizons	Moyenne annuelle ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )			
	Point max	Point 1	Point 2	Point 3
SA	0,31	0,23	0,23	0,23
SF E2	0,35	0,23	0,23	0,23
<b>Valeur réglementaire</b>		<b>5,00</b>		

L'ensemble des concentrations en cadmium modélisées est nettement inférieur à la valeur réglementaire. Les variations entre les deux situations sont peu significatives voire inexistantes au niveau des points sensibles.

- **Cas du nickel**

Le tableau suivant présente les résultats calculés sur l'ensemble du domaine considéré.

Horizons	Moyenne annuelle (ng/m <sup>3</sup> )			
	Point max	Point 1	Point 2	Point 3
SA	2,9	2,3	2,4	2,4
SF	3,1	2,4	2,4	2,3
<b>Valeur réglementaire</b>	<b>20,0</b>			

Le même constat que précédemment est réalisé pour les concentrations en nickel modélisées. Peu de variations se dégagent entre les deux situations et les résultats de la modélisation ne révèlent pas de dépassement de la valeur réglementaire en nickel quel que soit l'horizon d'étude.

d) **Réalisation d'un indice sanitaire simplifié IPP**

L'IPP (Indice Pollution Population) est un indicateur sanitaire qui permet de comparer différentes variantes avec la situation de référence. Cet indice intègre d'une part, les concentrations, d'autre part la répartition spatiale de la population sur le domaine d'étude.

L'IPP est considéré comme un outil de comparaison simplifié de situations et ne peut être utilisé comme un indicateur d'exposition absolue permettant de quantifier le risque encouru par la population. Sa réalisation est en lien étroit avec les hypothèses prises en compte et il reste un outil estimatif.

La circulaire 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 préconise d'utiliser le benzène ou le NO<sub>2</sub> dans le calcul de cet indicateur. En raison de la faible variabilité des concentrations benzéniques et de leur niveau inférieur à l'objectif de qualité suite à la modélisation, c'est le NO<sub>2</sub> qui est utilisé dans la méthodologie pour plus de lisibilité. Dans cette étude et conformément à la circulaire n°2005-273, la détermination de l'IPP est réalisée par croisement :

- des données de populations sur le secteur en fonction des IRIS Insee disponibles ou de la population par commune ;
- des concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (simulées dans la bande d'étude (ADMS Roads). Pour rappel, ces concentrations intègrent le bruit de fond urbain.

Les hypothèses de travail pour déterminer l'évolution théorique de la population entre la situation actuelle et la situation future sont basées sur une hausse de 11160 habitants (répartis dans les nouvelles résidences prévues dans la ZAC).

Un IPP est ensuite calculé en multipliant la concentration en dioxyde d'azote par le nombre d'habitants par maille.

La figure suivante met en avant la densité de population utilisée pour le calcul de l'indicateur d'exposition. Les zones les plus densément peuplées sont situées au nord de l'avenue du Cap Pinède et au sud-est de la ZAC. A l'état actuel c'est le cœur de la future ZAC qui présente une densité de population plus faible.



**Figure 197 - Répartition de la population à l'état actuel (données INSEE®)**

La figure ci-après présente la répartition de l'IPP pour la situation actuelle (SA). Elle met en avant les zones les plus sensibles d'un point de vue de la pollution étudiée. Cette figure traduit le produit entre la population et les concentrations en dioxyde d'azote. Un indice élevé peut être la conséquence soit d'une forte population, soit d'une concentration élevée.

Plus une maille est peuplée avec des concentrations élevées, alors plus elle est sensible d'un point de vue sanitaire (représentation par les couleurs chaudes). C'est le cas lorsqu'on se rapproche des axes principaux ou des secteurs plus densément peuplés. A l'inverse, certaines mailles plus distantes du centre de la voie et moins peuplées sont ainsi plus favorables d'un point de vue de l'indice sanitaire mis en place.

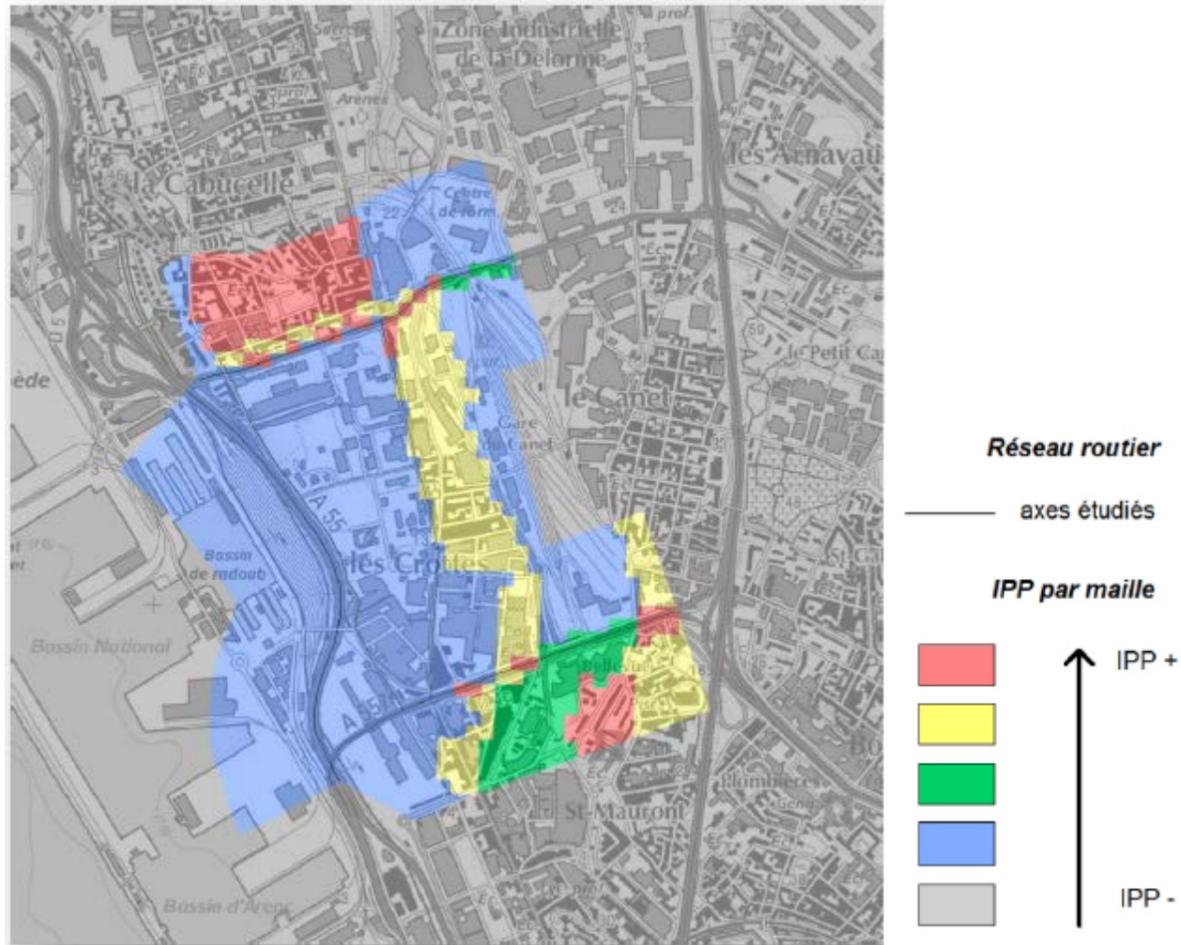


Figure 198 - Répartition de l'IPP à l'état actuel

Comme vu précédemment, les zones les plus sensibles (représentées par les couleurs chaudes) d'un point de vue sanitaire sont localisées au Nord de l'avenue du Cap Pinède et au sud-est de la ZAC mais également, dans une moindre mesure, à l'est de la rue de Lyon. Les mailles situées au niveau de l'A55 sont quant à elles plus favorables d'un point de vue de l'indice sanitaire mis en place.

Sur la base des hypothèses méthodologiques utilisées, au sein même du projet de ZAC, c'est la partie est de la rue de Lyon qui est le secteur le plus sensible par rapport à l'influence des tronçons étudiés.

#### L'Indice Pollution/Population global

Pour chaque situation étudiée, l'IPP global correspond à la somme des indices IPP calculés dans chaque maille. L'IPP global calculé pour chaque situation est présenté dans le tableau ci-après.

L'IPP est un indicateur représentatif des conséquences d'un bilan « santé » global vis-à-vis des populations exposées.

Scénario	SA	SF
IPP global	369591	742868

Le tableau précédent met en avant des IPP qui doublent entre la situation actuelle et la situation future avec projet.

Cette évolution défavorable suit la logique de développement de la ZAC. Ainsi, la création de logements lors de la situation future est à mettre en relation avec une exposition plus importante du nombre d'individus. Cette évolution se traduit par la hausse de l'IPP global, phénomène commun à toute création de ZAC incluant des nouveaux logements.

A noter que cela ne signifie pas que les nouveaux habitants seront confrontés à une pollution plus forte. Pour rappel, il s'agit ici uniquement d'un indice d'exposition simplifié et de comparaison repose uniquement sur les concentrations en dioxyde d'azote et ne traduit pas l'exposition de la population aux autres polluants.

#### Variations spatiales de l'Indice Pollution Population

La figure ci-après a été réalisée à partir des cadastres d'IPP pour SA et SF. Elle présente les différences d'exposition entre les situations pour les tronçons pris en compte et la population recensée dans la bande d'étude.

Les zones en rouge correspondent à une augmentation de l'IPP (ou de l'exposition cumulée), les zones en bleu correspondent à une diminution de l'IPP (amélioration de l'exposition des populations).

Les variations entre la SA et SF du fait de la réalisation du projet montrent que :

- les évolutions très favorables de l'IPP (< - 30 %) du fait de la création du projet ne sont pas identifiées dans la bande d'étude ;
- **les évolutions favorables mais peu significatives (> - 30 %) sont identifiées le long de l'A557, de l'avenue du Cap Pinède et au nord de la rue de Lyon. Cette évolution est à mettre en relation avec les émissions plus faibles lors de la mise en place du projet à l'état futur ;**
- les évolutions défavorables mais peu significatives (< + 30 %) du fait de la création du projet ne sont pas identifiées dans la bande d'étude ;
- **les évolutions les plus défavorables (> + 30 %) sont répertoriées au droit des secteurs concernés par la création de logements. Ils sont le reflet, non pas d'une augmentation des concentrations liée à la mise en place du projet, mais de l'arrivée d'une population exposée à des concentrations déjà existantes.**



Figure 199 - Variations de l'indice d'exposition entre la situation actuelle et future avec projet

Ce constat doit être impérativement complété par la figure ci-après qui montre que la majorité de la population prise en compte sera exposée à des valeurs inférieures à la valeur réglementaire relative au NO<sub>2</sub> (40 µg/m<sup>3</sup>).

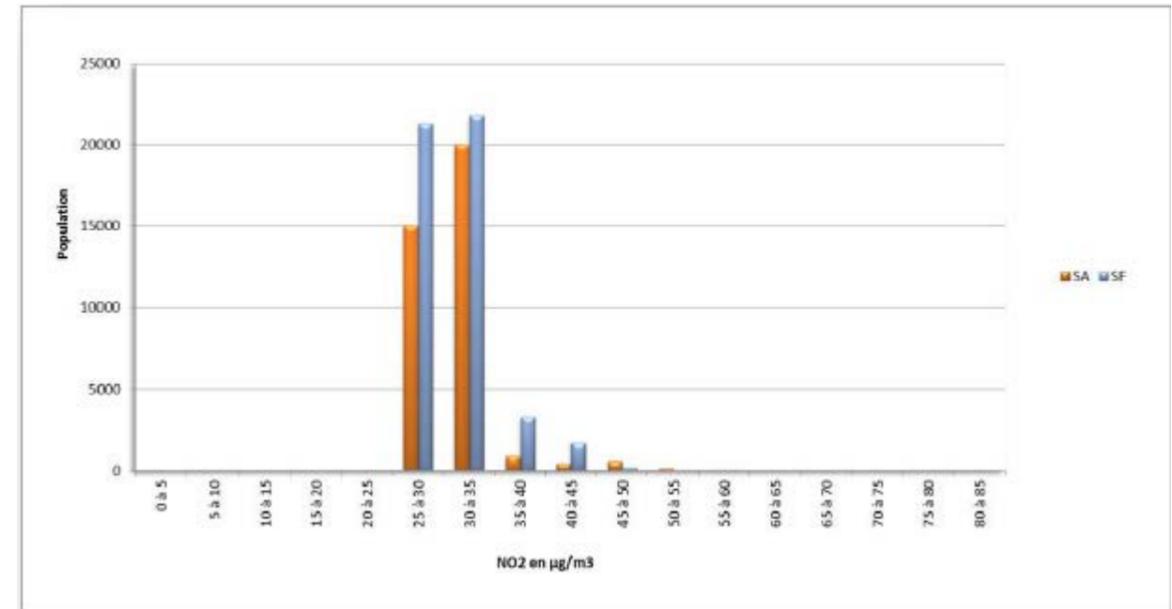


Figure 200 - Répartition de la population entre la situation actuelle et la situation future en fonction des concentrations

Le projet d'aménagement de la ZAC Littorale engendrera quant à lui une **surexposition d'une partie de la population à des concentrations supérieures à la valeur limite réglementaire du NO<sub>2</sub>**. Ce phénomène concernerait près de **800 personnes supplémentaires** exposées à des valeurs supérieures à 40 µg/m<sup>3</sup> à l'état futur par rapport l'état actuel.

e) *Evaluation des risques sanitaires*

L'évaluation des risques sanitaires est réalisée à partir des éléments fournis dans les chapitres précédents et sur la base de compléments spécifiques à certains polluants intégrés dans les études de niveau I.

L'étude sanitaire porte sur l'évaluation des expositions des populations soumises aux polluants atmosphériques. L'évaluation des risques sanitaires est réalisée au droit des lieux sensibles définis précédemment, qui seront prévus lors de l'aménagement de la ZAC littorale.

**Choix des polluants traceurs du risque**

- **Voie d'exposition retenue**

Les voies de transfert retenues dans la présente ERS sont l'inhalation ou « voie respiratoire » (aiguë et chronique) des gaz et particules émis. Les autres voies ne sont pas étudiées.

- **Sélection des traceurs**

Un groupe de travail piloté par l'InVS a sélectionné les agents dangereux à prendre en considération dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières. Ces polluants ont été repris dans la note méthodologique « air et santé » annexée à la circulaire du 25 février 2005 (tableau suivant).

Substance	Exposition aiguë	Exposition chronique par inhalation, effets cancérigènes	Exposition chronique par inhalation, effets non cancérigènes
1,3-butadiène		X	X
acétaldéhyde		X	X
Acroléine	X		X
Arsenic		X	
Benzène	X	X	X
Benzo[a]pyrène		X	
Cadmium		X	X
Chrome		X	
Dioxyde d'azote	X		X
Dioxyde de soufre	X		
Formaldéhyde		X	X
Nickel		X	X
PM <sub>2,5</sub> <sup>a</sup>		X	
Plomb			X

**Substances proposées pour leur prise en compte dans les évaluations du risque sanitaire par dans le cadre d'études d'impact d'infrastructures routières lors d'une exposition par inhalation et les effets sanitaires.**

*a Dans cette étude, les PM<sub>2,5</sub> seront pris en compte dans l'évaluation des infrastructures routières à la place des particules diesel comme préconisé dans le rapport d'expertise de l'ANSES de 2012.*

- **Identification des dangers**

L'identification du potentiel dangereux ou identification des dangers consiste à identifier les effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme.

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité dépend de la fréquence d'exposition, de la durée, de la voie d'exposition de l'organisme humain et surtout de la concentration de ce composé au contact de l'organisme.

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à des expositions courtes à des doses généralement élevées, et des effets subchroniques et chroniques susceptibles d'apparaître suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles.

Dans le cadre de la présente évaluation de risque sanitaire, les expositions aiguës et chroniques (supérieure à 7 ans pour l'US-EPA et supérieure à 1 an pour l'ATSDR) seront étudiées.

Pour chaque substance, différents effets toxiques peuvent être considérés. On distinguera les effets cancérigènes (apparition de tumeurs) des autres effets toxiques.

- **Définition des relations dose-réponse ou dose-effet**

Pour les polluants traceurs, une valeur toxicologique de référence (VTR) doit être fixée. Cette donnée constitue l'indice toxique qui permet d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique avec effet de seuil) ou une relation entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans effet de seuil). Cette valeur est établie par diverses instances internationales ou nationales sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques.

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu et pour les expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : les effets à seuil de dose (effets non cancérogènes et cancérogènes non génotoxiques) et les effets sans seuil de dose (substances cancérogènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les effets à seuil de dose, on dispose de seuils (NOEL, NOAEL, LOEL, LOAEL) issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie qui permettent de définir des CA (concentration admissible) applicables à l'homme en divisant les seuils précédents par des facteurs de sécurité. Les DJT (dose journalière tolérable) sont qualifiées de « valeur toxicologique de référence ». Elles sont exprimées en µg/m<sup>3</sup> pour l'inhalation. En dessous de cette VTR, l'exposition est réputée sans risque.

Pour les effets sans seuil de dose, les VTR sont exprimées au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Il correspond à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à 1 µg/m<sup>3</sup> (durant toute sa vie et 24H/24H) par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée. Par exemple, un ERU à 10<sup>-5</sup> signifie qu'un cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître si 100 000 personnes sont exposées à 1 µg/m<sup>3</sup> durant toute leur vie.

### **Évaluation de l'exposition par inhalation aux polluants atmosphériques**

- **Estimation des niveaux d'exposition à partir de la modélisation atmosphérique**

#### *Utilisation des modèles de dispersion*

Dans le cadre de cette étude, le modèle de dispersion atmosphérique (ADMS Roads) présenté dans le chapitre c) *Modélisation de la dispersion*, a été utilisé pour obtenir les concentrations pour les polluants non pris en compte dans l'étude de niveau II. Elles ont été estimées pour les deux horizons d'étude présentés au début du chapitre 3.2.9.2 *Effets sur la qualité de l'air*, à partir des estimations des émissions atmosphériques liées au trafic routier et d'un certain nombre de phénomènes physiques (conditions météorologiques, topographie, rugosité, ...). Des simulations ont été effectuées au droit de points spécifiques appelés « points sensibles ». Les concentrations en polluants ont été simulées en moyennes annuelles et en moyennes horaires.

La modélisation a donc permis de déterminer, selon le type d'exposition considéré (aiguë ou chronique) :

- pour les expositions de type aigu : les valeurs maximales (percentiles 100) horaires liées aux émissions routières en situation actuelle et en 2020 avec projet sur l'aire d'étude ;
- pour les expositions de type chronique : les concentrations moyennes annuelles liées aux émissions routières en situation actuelle et en 2020 avec projet au niveau des trois points sensibles.

La pollution de fond a été intégrée dans la majorité des cas dans les calculs de concentrations.

**Les concentrations de fond**

Comme le précise le « Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact » publié en 2000 par l'Institut de Veille Sanitaire : « l'évaluation des risques sanitaires portera non seulement sur les risques présentés par le projet lui-même mais, dans le cas où d'autres sources de nuisances existent déjà dans l'environnement, une évaluation sera faite également à partir des données disponibles sur ces sources afin d'étudier si le risque additionnel présenté par le projet n'amène pas l'ensemble des risques à un niveau trop élevé ». L'estimation des expositions va donc être effectuée en considérant le cumul des concentrations liées au bruit de fond local et aux émissions routières aux différents horizons d'étude.

Les concentrations de fonds sont présentées dans le tableau ci-après. Elles ont été considérées comme constantes entre les différents scénarii, actuel et futur.

	Substances	Pollution de fond en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tous scénarii
Polluants indicateurs majeurs	Oxydes d'azote	45,0
	Dioxyde d'azote	30,0
	PM10	27,0
	PM2,5	15,0
	Dioxyde de soufre	1,0
	Benzène	1,1
Polluants métalliques	Chrome	0*
	Cadmium	2,2E-04
	Nickel	2,3E-03
	Arsenic	3,3E-04
	Plomb	6,9E-03
Composés volatils	Acroléine	0*
	1,3 Butadiène	0*
	Formaldéhyde	0*
	Acétaldéhyde	0*
Hydrocarbure	Benzo(a)pyrène	2,4E-04

\* Concentrations sur lesquelles les mesures locales ne permettent pas d'établir la situation de fond.

Concentrations de fond en moyenne annuelle observées sur la zone d'étude (source : Air PACA)

**Scénarii d'exposition retenus pour la voie respiratoire**

Deux scénarii sont retenus :

- le scénario 1 qui considère que la personne fréquente de manière permanente le point d'exposition (cas du point situé rue Allar) ;

- le scénario 2 qui considère le temps de présence d'un élève au niveau des écoles. On considère ainsi le temps hors de la zone d'étude lors des vacances et des week-ends (cas du point situé Boulevard Ferdinand Lesseps) ;
- le scénario 3 qui considère le temps de présence d'un enfant au niveau d'une crèche. On considère ainsi le temps hors de la zone d'étude lors des congés des parents et des week-ends (cas du point situé rue Cazemajou).

**Les paramètres d'exposition étudiés**

- Durée d'exposition**

La durée d'exposition des individus s'exprime en années, elle correspond au temps de séjour des personnes dans le domaine d'étude. Les VTR pour les substances à effets cancérigènes sont définies pour une exposition vie entière (égale, par convention, à 70 ans). Aussi pour ce type d'effets, un facteur de pondération est introduit dans le calcul de la concentration moyenne inhalée pour les expositions de durée inférieure à 70 ans. Ce facteur de pondération est égal au rapport entre la durée d'exposition (DE), correspondant à la durée de séjour des personnes sur le site d'exposition, et le temps de pondération (Tm) égal à 70 ans.

Sur le point situé à proximité de la rue Allar, il est considéré une durée de fréquentation de 30 ans. Au niveau du futur groupe scolaire (scénario 2) et de la future crèche (scénario 3) il est considéré une durée de fréquentation respectivement de 2 et 8 ans.

Pour la voie d'exposition par inhalation, ces valeurs seront donc attribuées au paramètre d'exposition DE.

Les concentrations en polluants sont considérées identiques à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. Les incertitudes liées à cette hypothèse feront l'objet d'une discussion dans un chapitre consacré aux incertitudes.

- La fréquence d'exposition des individus**

Pour les expositions aiguës, les effets toxiques aigus correspondent à des expositions de courte durée (durée d'exposition proche de l'heure). Aussi, pour ce type d'exposition, nous considérerons que, quel que soit le scénario étudié, la fréquence d'exposition F est égale à 1.

Pour les expositions chroniques, dans le cadre d'un scénario 1, on considérera une fréquence d'exposition de 365 jours par an.

Dans le cas du scénario 2 : un enfant a passé 177 jours dans l'année à l'école si l'on comptabilise une absence les jours fériés, les week-ends et les vacances scolaires. La fréquence d'exposition sur l'année est alors égale à  $(177 \cdot 100 / 366) = 48,4$  %. Aussi, on considérera pour un scénario 2 que la fréquence d'exposition F est égale à 0,484 sur le site d'étude. Le reste de l'année, soit 51,6 % du temps, les individus sont exposés à la pollution de fond.

Dans le cas du scénario 3 : un enfant a passé 215 jours dans l'année à la crèche si l'on comptabilise une absence les jours fériés, les week-ends et les congés. La fréquence d'exposition sur l'année est alors égale à  $(215 \cdot 100 / 366) = 58,7$  %. Aussi, on considérera pour ce scénario que la fréquence d'exposition F est égale à 0,587 sur le site d'étude. Le reste de l'année, soit 41,3 % du temps, les individus sont exposés à la pollution de fond.

Dans ces deux derniers scénarios, on considère également les concentrations journalières d'inhalation lors de l'absence de l'école/crèche. Elles seront calculées sur la base des concentrations de fond présentées dans le tableau précédent.

- **Le taux d'exposition**

Le taux d'exposition (TE) est égal à 1 dans le cas du scénario 1. Pour les scénarios 2 et 3, on considère que l'enfant est présent 8 heures par jour à l'école/crèche. Le taux d'exposition est alors de 0,33.

- **Synthèse des paramètres d'exposition**

Les paramètres considérés sont présentés dans le tableau suivant.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Durée d'exposition (DE)	30 ans	8 ans	2 ans
Fréquence d'exposition (F)	1	0,484	0,587
Taux d'exposition (TE)	1	0,33	0,33

#### Présentation des résultats de calculs d'exposition

- **Cas des expositions aiguës :**

Le tableau ci-après présente les concentrations maximales horaires ou percentile 100 (CMH) mis en évidence lors des modélisations au niveau de l'aire d'étude.

#### Présentation des CMI (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour les expositions aiguës.

Substances	Concentrations moyennes annuelles maximales (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	2012	2020 avec projet
Dioxyde d'azote	101,8	92,6
Dioxyde de soufre	1,79	2,05
Benzène	3,06	1,74
Acroléine	8,9E-01	1,0E+00

- **Cas des expositions chroniques avec effets à seuil :**

Les tableaux suivants présentent les CMI calculés pour des expositions chroniques avec effets à seuil pour les trois scénarii d'exposition. Les CMA prennent en compte la pollution de fond.

#### Présentation des CMI (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour les expositions chroniques à seuil.

Substances	Concentrations moyennes inhalées (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	2012	2020 avec projet
Dioxyde d'azote	3,6E+01	3,4E+01
PM2,5	1,5E+01	1,5E+01
Benzène	1,2E+00	1,1E+00
Cadmium	2,3E-04	2,3E-04
Nickel	2,3E-03	2,4E-03
Plomb	7,4E-03	7,4E-03
Acroléine	2,2E-02	2,6E-02
1,3 Butadiène	1,0E-02	9,8E-03
Formaldéhyde	7,6E-02	9,0E-02
Acétaldéhyde	4,1E-02	4,8E-02

Substances	Concentrations moyennes inhalées (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	2012	2020 avec projet
Dioxyde d'azote	3,10E+01	3,06E+01
PM2,5	1,51E+01	1,50E+01
Benzène	1,11E+00	1,10E+00
Cadmium	2,22E-04	2,22E-04
Nickel	2,31E-03	2,31E-03
Plomb	6,98E-03	6,96E-03
Acroléine	3,75E-03	3,53E-03
1,3 Butadiène	1,72E-03	1,34E-03
Formaldéhyde	1,31E-02	1,23E-02
Acétaldéhyde	7,08E-03	6,53E-03

Substances	Concentrations moyennes inhalées (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	2012	2020 avec projet
Dioxyde d'azote	3,12E+01	3,09E+01
PM2,5	1,51E+01	1,50E+01
Benzène	1,11E+00	1,10E+00
Cadmium	2,22E-04	2,23E-04
Nickel	2,31E-03	2,31E-03
Plomb	7,00E-03	7,00E-03
Acroléine	4,51E-03	5,54E-03
1,3 Butadiène	2,19E-03	2,19E-03
Formaldéhyde	1,59E-02	1,93E-02
Acétaldéhyde	8,64E-03	1,03E-02

- **Cas des expositions chroniques avec effets sans seuil :**

Les tableaux suivants présentent les CMI calculés pour des expositions chroniques avec effets sans seuil pour les trois scénarii d'exposition. Les CMA prennent en compte la pollution de fond.

**Présentation des CMI (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour les chroniques chronique sans seuil.**

Scénario 1 : Rue Allar		Concentrations moyennes inhalées (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
Substances	2012	2020 avec projet	
Benzène	4,9E-01	4,8E-01	
Chrome	3,2E-05	4,7E-05	
Cadmium	9,8E-05	9,9E-05	
Nickel	1,0E-03	1,0E-03	
Arsenic	1,4E-04	1,4E-04	
1,3 Butadiène	4,3E-03	4,2E-03	
Formaldéhyde	3,2E-02	3,9E-02	
Acétaldéhyde	1,8E-02	2,0E-02	
Benzo(a)pyrène	1,1E-04	1,2E-04	

Scénario 2 : Rue Cazemajou - enfant		Concentrations moyennes inhalées (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
Substances	2012	2020 avec projet	
Benzène	1,3E-01	1,3E-01	
Chrome	1,4E-06	1,7E-06	
Cadmium	2,5E-05	2,5E-05	
Nickel	2,6E-04	2,6E-04	
Arsenic	3,8E-05	3,8E-05	
1,3 Butadiène	2,0E-04	1,5E-04	
Formaldéhyde	1,5E-03	1,4E-03	
Acétaldéhyde	8,1E-04	7,5E-04	
Benzo(a)pyrène	2,7E-05	2,7E-05	

Scénario 3 : Bvd Ferdinand Lesseps - enfant		Concentrations moyennes inhalées (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
Substances	2012	2020 avec projet	
Benzène	3,2E-02	3,2E-02	
Chrome	4,7E-07	6,9E-07	
Cadmium	6,3E-06	6,4E-06	
Nickel	6,6E-05	6,6E-05	
Arsenic	9,4E-06	9,4E-06	
1,3 Butadiène	6,3E-05	6,3E-05	
Formaldéhyde	4,6E-04	5,5E-04	
Acétaldéhyde	2,5E-04	2,9E-04	
Benzo(a)pyrène	6,9E-06	6,9E-06	

**Caractérisation des risques sanitaires**

- **Effets aigus :**

Les risques sanitaires pour les effets aigus sont présentés dans le tableau 37 ci-après en considérant les concentrations mentionnées dans le tableau situé page précédente

Substances	QD max au niveau de l'aire d'étude	
	2012	2020 avec projet
Dioxyde d'azote	5,1E-01	4,6E-01
Acroléine	3,5E-01	4,1E-01
Benzène	1,1E-01	6,0E-02
Dioxyde de soufre	6,0E-02	6,8E-02

La population exposée sur la zone d'étude est théoriquement hors de toute possibilité d'apparition d'effets délétères sur la santé, d'après les calculs de QD réalisés pour la toxicité aiguë, et ce quel que soit l'horizon d'étude. Pour le cas spécifique du dioxyde d'azote, cela signifie que l'exposition sera inférieure à la valeur limite par le décret n°2010-1250.

Aucune variation significative n'est constatée entre les deux horizons d'études.

- **Effets chroniques à seuil :**

Les risques sanitaires pour les effets chroniques avec effets à seuil sont présentés dans les tableaux suivants. Ils considèrent les concentrations mentionnées dans les tableaux présentés page précédente qui prennent en compte le bruit de fond.

Scénario 1 : Rue Allar		QD – Effets à seuil	
Substances	2012	2020 avec projet	
Dioxyde d'azote	8,95E-01	8,55E-01	
PM2,5	1,54	1,52	
Benzène	1,15E-01	1,11E-01	
Cadmium	5,09E-04	5,14E-04	
Nickel	2,60E-02	2,62E-02	
Plomb	1,48E-02	1,47E-02	
Acroléine	6,20E-02	7,40E-02	
1,3 Butadiène	4,99E-03	4,91E-03	
Formaldéhyde	7,57E-03	8,99E-03	
Acétaldéhyde	4,56E-03	5,31E-03	

Dans le cadre du scénario majorant, le scénario 1, un dépassement de la valeur seuil est observé uniquement pour les particules PM2,5. Concernant les autres substances, le dioxyde d'azote révèle le QD le plus élevé sans toutefois atteindre le seuil sanitaire. Globalement entre les deux situations, le projet n'entraînera pas de surexposition significative par rapport à la situation 2012.

Scénario 2 : Bd Ferdinand Lesseps		QD – Effets à seuil	
Substances	2012	2020 avec projet	
Dioxyde d'azote	7,74E-01	7,64E-01	
PM2,5	1,51	1,50	
Benzène	1,11E-01	1,10E-01	
Cadmium	4,92E-04	4,92E-04	
Nickel	2,56E-02	2,56E-02	
Plomb	1,40E-02	1,39E-02	
Acroléine	1,07E-02	1,01E-02	
1,3 Butadiène	8,62E-04	6,72E-04	
Formaldéhyde	1,31E-03	1,23E-03	
Acétaldéhyde	7,86E-04	7,26E-04	

Scénario 3 : Rue Cazemajou		QD – Effets à seuil	
Substances	2012	2020 avec projet	
Dioxyde d'azote	7,80E-01	7,73E-01	
PM2,5	1,51	1,50	
Benzène	1,11E-01	1,10E-01	
Cadmium	4,93E-04	4,95E-04	
Nickel	2,57E-02	2,57E-02	
Plomb	1,40E-02	1,40E-02	
Acroléine	1,29E-02	1,58E-02	
1,3 Butadiène	1,09E-03	1,09E-03	
Formaldéhyde	1,59E-03	1,93E-03	
Acétaldéhyde	9,60E-04	1,15E-03	

Les scénarios 2 et 3 révèlent les mêmes tendances que le scénario 1, en effet les QD associés aux PM2,5 révèlent un dépassement du seuil utilisé. Pour ce paramètre, la situation n'évolue pas malgré la mise en place du projet.

Concernant les autres substances, les QD sont globalement plus faibles que ceux calculés pour le scénario 1 et de facto toujours inférieurs à la valeur seuil. Comme précédemment, les résultats ne révèlent pas de variations entre les deux horizons d'études.

Selon les conditions d'expositions considérées dans ce scénario, qui tiennent notamment compte de l'absence des écoles/crèches pendant les week-ends et les vacances scolaires/congés, les résultats de QD chroniques obtenus laissent penser que l'exposition chronique aux PM2,5 pourrait théoriquement entraîner les effets (non cancérogènes) qui leur sont associés.

Le tableau ci-après permet l'estimation des risques cumulés pour le système respiratoire.

Scénario	QD cumulés – Effets à seuil		
	2012	2020 avec projet	Bruit de fond
Scénario 1 : Rue Allar	2,5	2,5	2,3
Scénario 2 : Bd Ferdinand Lesseps	2,3	2,3	1,9
Scénario 3 : Rue Cazemajou	2,3	2,3	1,8

Le calcul des risques cumulés a révélé un dépassement du seuil sanitaire (QD>1) pour le système respiratoire pour les trois scénarios étudiés, et ce quel que soit l'horizon d'étude, Le scénario 1 présentant le risque cumulé le plus important. Ces QD globaux sont principalement liés aux résultats obtenus pour les particules, ainsi qu'aux bruits de fond intégrés dans le modèle de dispersion. Néanmoins, la situation 2020 avec projet ne révèle pas de variations significatives par rapport à la situation actuelle.

- **Effets cancérogènes**

Les excès de risque individuels et collectifs sont présentés dans les tableaux suivants. Ils considèrent les concentrations mentionnées dans les tableaux présentés en page précédente qui prennent en compte le bruit de

fond local.

Scénario 1 : Rue Allar			
Substances	ERI – Effets sans seuil		
	2012	2020 avec projet	Bruit de fond
Benzène	1,3E-05	1,2E-05	1,2E-05
Chrome	1,3E-06	1,9E-06	0,0E+00
Cadmium	1,8E-07	1,8E-07	1,7E-07
Nickel	3,8E-07	3,8E-07	3,7E-07
Arsenic	2,1E-07	2,1E-07	2,1E-07
1,3 Butadiène	1,3E-07	1,3E-07	0,0E+00
Formaldéhyde	4,2E-07	5,0E-07	0,0E+00
Acétaldéhyde	3,9E-08	4,5E-08	0,0E+00
Benzo(a)pyrène	1,0E-08	1,0E-08	8,9E-09
<b>Σ ERI</b>	<b>1,5E-05</b>	<b>1,6E-05</b>	<b>1,3E-05</b>

Scénario 2 : Bd Ferdinand Lesseps			
Substances	ERI – Effets sans seuil		
	2012	2020 avec projet	Bruit de fond
Benzène	3,3E-06	3,3E-06	2,7E-06
Chrome	5,8E-08	6,6E-08	0,0E+00
Cadmium	4,6E-08	4,6E-08	3,8E-08
Nickel	1,0E-07	1,0E-07	8,4E-08
Arsenic	5,7E-08	5,7E-08	4,8E-08
1,3 Butadiène	5,9E-09	4,6E-09	0,0E+00
Formaldéhyde	1,9E-08	1,8E-08	0,0E+00
Acétaldéhyde	1,8E-09	1,6E-09	0,0E+00
Benzo(a)pyrène	2,4E-09	2,4E-09	2,0E-09
<b>Σ ERI</b>	<b>3,6E-06</b>	<b>3,6E-06</b>	<b>2,9E-06</b>

Scénario 3 : rue Cazemajou			
Substances	ERI – Effets sans seuil		
	2012	2020 avec projet	Bruit de fond
Benzène	8,2E-07	8,2E-07	6,6E-07
Chrome	1,9E-08	2,7E-08	0,0E+00
Cadmium	1,1E-08	1,1E-08	9,1E-09
Nickel	2,5E-08	2,5E-08	2,0E-08
Arsenic	1,4E-08	1,4E-08	1,1E-08
1,3 Butadiène	1,9E-09	1,9E-09	0,0E+00
Formaldéhyde	5,9E-09	7,2E-09	0,0E+00
Acétaldéhyde	5,4E-10	6,5E-10	0,0E+00
Benzo(a)pyrène	6,0E-10	6,0E-10	4,8E-10
<b>Σ ERI</b>	<b>9,0E-07</b>	<b>9,1E-07</b>	<b>7,0E-07</b>

Le calcul des ERI ne révèle pas de dépassements du seuil d'acceptabilité ( $ERI > 10^{-5}$ ) pour l'ensemble des substances à l'exception du benzène pour le cas majorant (scénario 1) qui présente un excès de risque équivalent à ce seuil. Une attention particulière peut être portée également pour le niveau d'ERI de  $10^{-6}$ . Ce niveau de risque est atteint pour le chrome dans le cadre du scénario 1 et le benzène pour le scénario 2. Aucun dépassement des seuils d'intervention et de précaution n'est donc observé dans le cadre du scénario 3. Ces différentes observations sont valables pour la situation actuelle et la situation future avec aménagement du projet. Entre les deux horizons d'études, les variations restent peu significatives. Les résultats de calculs des ERI sont principalement liés à ceux calculés pour les bruits de fond uniquement.

Les tableaux précédents présentent les sommes d'excès de risque individuels dans la dernière ligne. Ils permettent d'apprécier globalement le risque cancérigène qui pèse sur la population. D'après les résultats obtenus, le scénario 1 révèle un ERG équivalent au seuil sanitaire couramment accepté en France de  $10^{-5}$  dans le cas d'exposition de 30 ans. Si l'on applique le principe de précaution, soit d'un seuil à  $10^{-6}$ , un dépassement de ce dernier est observé au niveau de l'école localisée boulevard Ferdinand Lesseps (exposition de 8 ans). L'exposition au niveau de la crèche (rue Cazemajou) quant à elle révèle un ERG inférieur à  $10^{-6}$  et de facto au seuil sanitaire.

L'analyse des incertitudes de l'Évaluation des Risques Sanitaires est présentée dans la méthodologie de l'étude au chapitre 8.6.5 *Évaluation des risques sanitaires (ERS)*.

### Bilan de l'Évaluation des Risques Sanitaires

L'Évaluation des Risques Sanitaires a été réalisée à partir des données de concentrations modélisées à deux horizons d'étude : 2012 et 2020 avec projet sur trois points d'exposition sensibles : une crèche rue Cazemajou, un groupe scolaire boulevard Ferdinand Lesseps et au droit des futures habitations qui seront implantées rue Allar.

Trois scénarios ont été étudiés :

- le scénario 1 a considéré que la personne fréquentait de manière permanente la future habitation située rue Allar ;
- le scénario 2 a considéré que les enfants passaient du temps dans et hors de l'école ;
- le scénario 3 a considéré que les enfants passaient du temps dans et hors de la crèche.

Concernant les expositions respiratoires aiguës, pour l'ensemble des substances étudiées, pour les trois scénarios d'exposition investigués, **aucun effet sur le système respiratoire n'est observé en 2012 et pour la situation future en 2020.**

L'évaluation du risque pour les expositions respiratoires chroniques aux substances à effets à seuil de dose, n'a **pas révélé de dépassements des critères sanitaires pour la majorité des substances**, que ce soit à l'état initial ou à la situation future avec projet. Seuls les calculs réalisés pour les PM<sub>2,5</sub> (particules fines) ont montré un dépassement de la valeur guide de l'OMS quelle que soit la situation ; les évolutions temporelles n'étant pas significatives entre les deux horizons d'étude.

Concernant les expositions respiratoires chroniques sans seuil de dose, le scénario majorant révèle pour le benzène uniquement, un risque équivalent au seuil d'acceptabilité (ERI > 10-5) pour les deux horizons d'étude. Concernant les deux autres scénarios, aucun dépassement de ce seuil n'est observé.

D'après l'évaluation des risques sanitaires qui a été menée, l'étude conclut à **l'obtention de risques acceptables pour chaque substance considérée pour les expositions aiguës**. Concernant les expositions chroniques avec et sans seuil, des dépassements des seuils sanitaires sont observés pour deux substances (PM<sub>2,5</sub> et benzène) lors de l'établissement de la situation actuelle et après l'apparition du projet. Ce constat est à mettre en lien majoritairement avec le bruit de fond local (qualité de l'air actuelle déjà dégradée). L'évaluation des risques sanitaires n'a d'ailleurs pas révélé de variations en 2020 avec la mise en place du projet par rapport à 2012.

Il est important de noter que dans le cadre de cette étude, les valeurs guides de l'OMS pour le dioxyde d'azote et les PM<sub>2,5</sub> ont été utilisées comme valeur de référence sanitaire. La prise en compte des seuils législatifs encadrant la qualité de l'air permettrait de mettre en évidence l'absence de dépassements des valeurs limites réglementaires.

### Impacts

Les émissions de polluants des véhicules ont été calculées dans la bande d'étude des principaux axes concernés par le projet. Une baisse globale des émissions est attendue à l'horizon 2020 avec la mise en place du projet, par rapport à la situation actuelle. **Les polluants traceurs de l'activité routière** tels que les NO<sub>x</sub> ou le benzène **présentent une diminution des émissions sur les principaux axes bordant la ZAC** (A557, avenue du Cap Pinède). Ces évolutions sont principalement en relation avec les progrès technologiques et/ou à la diésélisation du parc automobile français à l'horizon 2020. L'aménagement du projet sera également à l'origine d'une optimisation des conditions de circulation par rapport à la situation actuelle, notamment avec la baisse de la part modale des déplacements routiers individuels (cf. chapitre 3.2.7 *Connexions et mobilités*). Ces différents facteurs auront un effet favorable sur les émissions polluantes.

La modélisation des concentrations sur le secteur d'étude a souligné des dépassements de valeurs réglementaires pour le NO<sub>2</sub>, l'un des traceurs de l'activité routière. Ce constat est en adéquation avec les mesures réalisées qui présentaient des valeurs élevées en proximité de trafics. Pour les autres polluants, les valeurs restent globalement élevées, en lien avec un bruit de fond marqué par de fortes émissions. Néanmoins, la modélisation ne souligne pas de dépassements des valeurs réglementaires et objectifs de qualité au droit des lieux sensibles sélectionnés au sein de la ZAC et de son extension. Ainsi, la situation future avec **l'aménagement de la ZAC ne témoigne pas d'une hausse significative des concentrations dans l'air au droit des tronçons étudiés et sur les points sensibles considérés**, dans le cadre de cette étude.

La création de nouveaux logements prévue dans cet aménagement engendrera une augmentation de la population sur le secteur d'étude. De ce fait, la population exposée à la pollution atmosphérique sera plus importante en situation future avec projet qu'en situation actuelle, comme tout projet de rénovation urbaine. La mise en place du projet entraînera ainsi une surexposition de population à des concentrations supérieures à la valeur limite réglementaire du NO<sub>2</sub>. Cette évolution reste un phénomène commun à toute création de ZAC incluant des nouveaux logements puisque de nouveaux habitants sont confrontés à des valeurs élevées déjà existantes.

En examinant plus finement les variations de l'exposition entre la situation actuelle et celle avec projet, et en écartant le phénomène lié à l'implantation des nouveaux logements, **des évolutions favorables à proximité de l'avenue du Cap Pinède mais aussi en bordure de l'A557 sont constatées**. Ces évolutions de l'exposition sont à mettre en relation avec la baisse des émissions à l'état futur.

L'étude a été complétée par une évaluation des risques sanitaires au niveau de lieux sensibles. Elle conclut à l'obtention de risques acceptables pour chaque substance considérée pour les expositions aiguës et pour la majorité des polluants sélectionnés pour les effets à seuil et sans seuil. Quelques dépassements des critères sanitaires sont constatés. Ils concernent les PM<sub>2,5</sub> pour les effets non cancérogènes, et le benzène pour les effets cancérogènes dans le cas de la prise en compte d'un cas majorant. Ces constats sont observés en situation actuelle (horizon 2012) et en situation future (horizon 2020). **Le projet n'engendrera pas de variations significatives d'un point de vue sanitaire par rapport à la situation actuelle** fortement dépendante d'une situation déjà dégradée majoritairement aux résultats présentés dans l'évaluation sanitaire et aux dépassements de seuil constatés.

Ces derniers résultats ne sont pas surprenants quand on considère que le Centre International de Recherche sur le Cancer a classé la pollution atmosphérique comme cancérogène certain pour l'homme. Aujourd'hui, la pollution aux particules reste une des problématiques importantes tant à l'échelle globale que locale, mais aussi

de manière chronique ou lors des pics de pollution. Elle fait l'objet des principales attentions déclinées à travers le plan particules et le troisième plan national santé environnement.

La situation de la ZAC Littorale est une situation caractéristique de tout projet de rénovation urbaine.

### Mesures de réduction

Dans la note méthodologique du 25 février 2005, il est précisé que la pollution atmosphérique dans le domaine des transports est une nuisance pour laquelle il n'existe pas de mesures compensatoires quantifiables. Cependant, Euroméditerranée étudiera la mise en place des mesures pour limiter la pollution à proximité d'une voie donnée comme par exemple :

- la réduction des émissions polluantes à la source (régulation des vitesses à certaines heures ou en continu, restrictions pour certains véhicules etc.) ;
- la limitation de la dispersion des polluants (revêtements routiers spéciaux absorbants, écrans végétalisés ...),
- choix programmatiques adaptés aux abords des axes routiers.

L'étude étant basée sur des hypothèses majorantes, l'exposition d'une nouvelle population sera, entre autres, contrebalancée par la mise en place de projets connexes tels que :

- la réalisation de la tranchée couverte au nord de la ZAC qui limitera les phénomènes de dispersion atmosphérique sur des secteurs d'activités tertiaires ou sans logements ;
- la mise en sarcophage de l'A55 qui limitera la dispersion des polluants sur la façade maritime et non au niveau du projet de ZAC ;
- l'implantation de d'écrans végétaux le long du réseau des voiries qui permettront sur le long terme de limiter la dispersion des polluants ;
- la réorganisation du réseau de voiries qui permettra d'accentuer la baisse des émissions avec le développement accru des transports en commun en périphérie de la ZAC et la possibilité de bénéficier d'itinéraires alternatifs pour les poids-lourds.

La variation de l'IPP souligne qu'il pourrait être nécessaire de renforcer ce type de mesures même si l'état de l'art en matière de qualité de l'air ne permet pas de statuer de manière quantitative sur leurs effets.

La population exposée à des concentrations supérieures aux valeurs réglementaires reste peu significative au regard de l'outil méthodologique utilisé.

Enfin, Euroméditerranée, conscient de la situation actuelle de la qualité de l'air du site de l'extension s'est engagé dans un partenariat volontariste avec AIR PACA. L'objet est d'effectuer des mesures sur site durant une année, d'étudier différents scénarii et qu'AIRPACA apporte une aide à la conception du projet sur la base d'un diagnostic partagé.

### 3.2.10. Effets sur la santé, l'hygiène et la salubrité publique

L'ensemble des activités humaines est à l'origine de rejets, d'émissions ou de nuisances diverses qui sont susceptibles d'occasionner des incidences directes ou indirectes sur la santé humaine.

Ceci se produit lorsque les charges polluantes ou les niveaux de perturbations atteignent des concentrations ou des valeurs trop élevées pour être évacuées, éliminées ou admises sans dommage pour l'environnement et donc, par voie de conséquence, pour la santé humaine.

L'objectif de l'analyse des effets du projet sur la santé est de rechercher si les modifications apportées à l'environnement par le projet peuvent avoir des incidences sur la santé des populations riveraines, autrement dit d'évaluer les risques d'atteinte à la santé et à l'environnement liés aux différentes pollutions et nuisances résultant de la réalisation ou de l'exploitation de l'aménagement projeté. Il s'agit en conséquence de prévoir les mesures destinées à supprimer, réduire et, si possible compenser les conséquences dommageables du projet sur la santé humaine.

Compte tenu de la nature du projet en termes d'emprise et de modification des usages, les incidences du projet au regard du paramètre « santé » portent sur :

- les incidences sonores et vibratiles,
- les effets sur la qualité de l'air et les nuisances olfactives,
- les incidences sur la qualité des sols et la ressource en eau.

#### 3.2.10.1. Effets du bruit sur la santé

##### Généralités sur les effets

Il existe trois types d'effet du bruit sur la santé humaine : les effets spécifiques (fatigue auditive et surdité), les effets non spécifiques (modification de la pression artérielle ou de la fréquence cardiaque) et les effets d'interférences (perturbations du sommeil, gêne à la concentration...).

Les effets défavorables des bruits environnementaux sur la santé sont les suivants (*Source : Organisation Mondiale de la Santé (OMS)*) :

- *Déficit auditif*

Il est défini comme l'augmentation du seuil de l'audition. Le déficit auditif dû au bruit se produit principalement dans l'intervalle de fréquence plus élevée de 3 000-6 000 hertz, avec le plus grand effet à 4 000 hertz.

- *Compréhension de la parole*

L'incapacité à comprendre la parole a pour résultat un grand nombre de handicaps personnels et de changements comportementaux.

- *Perturbation du sommeil*

Le bruit environnemental peut causer des effets primaires pendant le sommeil (difficulté de l'endormissement, réveils et changements de phase ou de profondeur de sommeil, vasoconstriction, arythmie cardiaque, ...) et des