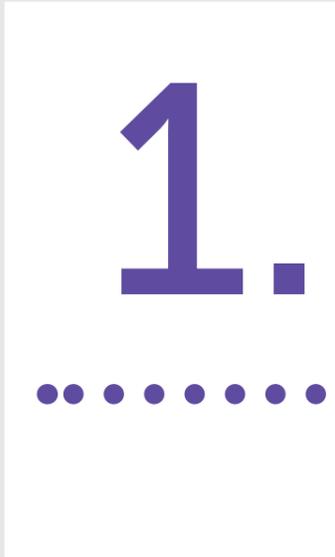


AMÉNAGEMENT DES ACCÈS DÉFINITIFS
DU PONT FLAUBERT EN RIVE GAUCHE DE LA SEINE



Pièce E - Annexe 1
Étude Air



1.

Annexe 01
Étude Air





Direction territoriale Normandie-Centre

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive gauche à Rouen Étude Air

Version janvier 2016

Rapport

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADT/EEL

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0	16/02/2015	Version incomplète pour relecture interne (DADT/EEL)
1	22/10/2015	Version complète pour relecture interne et 1 ^{er} avis du MOa
2	29/01/2016	Version intégrant les remarques du MOa

Affaire suivie par

Vincent DEMEULES - Département Aménagement durable des Territoires

Tél. : 02 35 68 89 67

Courriel : vincent.demeules@cerema.fr

Rédacteur

Vincent DEMEULES - DADT/EEL

Cette étude a été réalisée à la demande et pour le compte de

DREAL Haute-Normandie / SDTMI

Correspondant à la DREAL : ROLLAND Jean-Luc

Table des matières

1.	Objectif et contenu de l'étude	7
1.1	Objectif de l'étude	7
1.2	Contenu de l'étude	7
1.2.1	Documents réglementaires et méthodologiques de référence	7
1.2.2	Le contenu de l'étude	8
1.2.3	Le contenu du rapport	12
2.	La pollution atmosphérique : quelques généralités	14
2.1	Les principaux polluants atmosphériques	15
2.1.1	Les oxydes d'azote (NOx)	15
2.1.2	Les particules (PM)	16
2.1.3	Le dioxyde de soufre (SO2)	17
2.1.4	Le monoxyde de carbone (CO)	18
2.1.5	Les Composés Organiques Volatils (COV)	18
2.1.6	Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	19
2.1.7	Les Éléments Traces Métalliques (ETM)	19
2.1.8	L'ozone (O3)	20
2.1.9	Le dioxyde de carbone (CO2)	20
2.2	Les aspects réglementaires en matière de concentrations dans l'air	22
2.2.1	Rappel sur les références réglementaires en matière de qualité de l'air	22
2.2.2	Les valeurs réglementaires en vigueur	22
3.	Partie diagnostic : L'état initial de la qualité de l'air	25
3.1	Données générales sur la qualité de l'air	25
3.1.1	Les documents de planification	25
3.1.2	La surveillance de la qualité de l'air	31
3.2	État initial de la qualité de l'air sur la zone d'étude	39
3.2.1	Les stations fixes du réseau Air Normand	39
3.2.2	La surveillance de la pollution de proximité trafic par Air Normand	40
3.2.3	Le cas des métaux (retombées et concentrations dans l'air) – Suivi Air Normand	42
3.2.4	Les campagnes de mesures spécifiques	43
3.2.5	Conclusion sur la qualité de l'air sur la zone d'étude	54
4.	Évaluation de l'impact du projet	55
4.1	Impact des émissions polluantes au niveau de l'aire d'étude	55
4.1.1	Les hypothèses de calcul	55
4.1.2	Méthodologie de calcul des émissions	60
4.1.3	Résultats de calcul des émissions	62
4.1.4	Analyse des résultats du calcul des émissions	63
4.2	Modélisation de la dispersion des polluants	71
4.2.1	Présentation du logiciel ADMS	71
4.2.2	Description des hypothèses de calcul et des données d'entrée	72
4.2.3	Dispersion des polluants sur la zone d'étude	78
5.	Les effets sur le sol et la végétation	84
6.	Mesures de réduction de l'impact et de suivi	85
6.1	Mesures de réduction de l'impact sur la qualité de l'air	85

6.1.1	Les actions à la source	85
6.1.2	Les actions sur la dispersion des polluants	85
6.2	Phase chantier : impact et mesures de réduction de l'impact	86
7.	Monétarisation et analyse des coûts collectifs de la pollution atmosphérique	89
7.1	Les effets sur la santé	89
7.1.1	Rapport « Boiteux »	89
7.1.2	Rapport « Quinet »	90
7.1.3	Synthèse de monétarisation des effets de la pollution atmosphérique	91
7.2	L'impact sur l'effet de serre	91
7.2.1	Rapport « Boiteux »	91
7.2.2	Rapport « Quinet »	92
7.2.3	Synthèse de la monétarisation de l'impact sur l'effet de serre	92
8.	Références bibliographiques	93
Annexe 1	94
Annexe 2	97
Annexe 3	101
Annexe 4	104

Liste des tableaux

Tableau 1:	Critères de définition de la bande d'étude	9
Tableau 2:	Polluants à considérer pour une étude de niveau I d'après la note méthodologique de Février 2005	12
Tableau 3:	Émissions du transport routier	14
Tableau 4:	Valeur réglementaires (articles R221-1 à R221-3 du Code de l'Environnement)	24
Tableau 5:	Mesures NO2 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise	36
Tableau 6:	Seuils de déclenchement de la procédure d'alerte PM10	37
Tableau 7:	Mesures PM10 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise	37
Tableau 8:	Mesures O3 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise	38
Tableau 9:	Mesures SO2 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise	38
Tableau 10:	Mesures C6H6 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise	39
Tableau 11:	Mesures métaux lourds sur la station de mesure Air Normand de Rouen Centre	39
Tableau 12:	Description des stations Air Normand à proximité de l'aire d'étude	40
Tableau 13:	Concentrations (moyennes) des polluants suivis par Air Normand à proximité de l'aire d'étude	40
Tableau 14:	Mesures réalisées par Air Normand en 2012 dans le cadre de son suivi de la pollution de proximité trafic	41
Tableau 15:	Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Transects NO2	48
Tableau 16:	Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Points isolés NO2	49
Tableau 17:	Bilan des écarts constatés sur les tubes NO2 doublés	49
Tableau 18:	Comparaison des mesures NO2 avec les stations Air Normand les plus proches	51
Tableau 19:	Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Mesures benzène	51
Tableau 20:	Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Mesures formaldéhyde	52
Tableau 21:	Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Mesures acétaldéhyde	53
Tableau 22:	Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Mesures acroléine	53
Tableau 23:	Bilan des distances parcourues (en véh.km) par scénario et écart avec le scénario de référence	57
Tableau 24:	Bilan des émissions journalières sur l'aire d'étude	62
Tableau 25:	Evolution de la consommation énergétique – Comparaison de scénarios	63
Tableau 26:	Émissions en hausse/baisse entre le scénario projet avec écoquartier et le fil de l'eau 2027	64
Tableau 27:	Modélisation de la dispersion : les grandeurs statistiques modélisées	73
Tableau 28:	Modélisation de la dispersion : les données de pollution de fond	76
Tableau 29:	Modélisation de la dispersion : récapitulatif des paramètres et hypothèses de modélisation	77
Tableau 30:	Dispersion : Synthèse des résultats à l'échelle de l'aire d'étude	79
Tableau 31:	Dispersion : Synthèse des résultats à l'échelle des bâtiments de l'aire d'étude	80
Tableau 32:	Principes de mesures à mettre en œuvre durant la phase chantier	88

Tableau 33:	Monétarisation des effets sanitaires de la pollution: valeurs proposées en 2000 - €/100veh.km	89
Tableau 34:	Monétarisation des effets sanitaires de la pollution pour les scénarios étudiés d'après « Boiteux » (en €/jour)	90
Tableau 35:	Monétarisation des effets sanitaires de la pollution: comparaison des scénarios – méthode « Boiteux »	90
Tableau 36:	Classes de densité de population établie dans le rapport Quinet	90
Tableau 37:	Valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique 2010 en €/100km d'après « Quinet »	90
Tableau 38:	Monétarisation des effets sanitaires de la pollution pour les scénarios étudiés d'après « Quinet » (en €/jour)	91
Tableau 39:	Monétarisation des effets sanitaires de la pollution : comparaison des scénarios – méthode « Quinet »	91
Tableau 40:	Monétarisation des effets sanitaires de la pollution: comparaison des scénarios	91
Tableau 41:	Valeurs tutélaires de l'effet de serre 2010 en €/100km d'après « Boiteux»	92
Tableau 42:	Monétarisation de l'impact sur l'effet de serre pour les scénarios étudiés méthode «Boiteux» (en €/jour)	92
Tableau 43:	Valeurs tutélaires de l'effet de serre 2010 en €/100km d'après «Quinet»	92
Tableau 44:	Monétarisation de l'impact sur l'effet de serre pour les scénarios étudiés méthode « Quinet » (en €/jour)	92
Tableau 45:	Monétarisation des effets sanitaires de la pollution: comparaison des scénarios	92

Table des figures

Figure 1:	Aire géographique d'étude	9
Figure 2:	Représentation de la bande d'étude pour les polluants gazeux	10
Figure 3:	Représentation de la bande géographique d'étude pour les polluants particuliers	11
Figure 4:	Répartition des émissions de NOx en France en 2012	16
Figure 5:	Répartition des émissions de PM10 en France en 2012	17
Figure 6:	Répartition des émissions de CO2 en France en 2012	21
Figure 7:	Carte des communes sensibles pour la qualité de l'air	26
Figure 8:	Émissions de particules (PM10) sur la Haute-Normandie en 2010	32
Figure 9:	Émissions d'oxydes d'azote (NOx) sur la Haute-Normandie en 2010	32
Figure 10:	Répartitions sectorielles des émissions de NOx et de PM10 par département (Eure et Seine-Maritime)	33
Figure 11:	Carte des stations permanentes Air Normand sur l'agglomération rouennaise	34
Figure 12:	Indice Atmo sur l'agglomération de Rouen en 2013 (nombre de jours)	35
Figure 13:	Évolution des concentrations en NO2 sur un site de fond urbain, Palais de Justice, et un site de proximité trafic, Guillaume le Conquérant (Air Normand, 2015)	35
Figure 14:	Répartition des émissions NOx par secteur d'activité sur le périmètre de la CREA	36
Figure 15:	Répartition des émissions PM10 par secteur d'activité sur le périmètre de la CREA	37
Figure 16:	Localisation des 8 points extraits du suivi de la pollution de proximité trafic réalisé par Air Normand en 2012 sur le territoire de la CREA	41
Figure 17:	Tube NO2 dans son boîtier de protection (CEREMA DTer NC)	45
Figure 18:	Tube BTX avec système d'accroche (CEREMA DTerNC)	45
Figure 19:	Dispositif de mesure avec un tube BTX et un tube NO2 (CEREMA DTerNC)	46
Figure 20:	Dispositif de mesure pour les aldéhydes avec matériel Radiello (CEREMA DTer NC)	47
Figure 21:	Implantation conjointe de mesures aldéhydes et NO2/BTX (prox station de mesure Air Normand PQV) (CEREMA DTer NC)	47
Figure 22:	Carte de trafic état initial (TMJA par sens)	58
Figure 23:	Carte de trafic Fil de l'eau (TMJA par sens)	58
Figure 24:	Carte de trafic projet avec écoquartier (TMJA par sens)	59
Figure 25:	Carte de trafic projet sans écoquartier (TMJA par sens)	59
Figure 26:	Consommation de carburant par scénario	63
Figure 27:	Émissions de CO2 par scénario	63
Figure 28:	Émissions de NOx par scénario	65
Figure 29:	Émissions de PM10 par scénario	65
Figure 30:	Émissions de CO par scénario	65
Figure 31:	Émissions de COV par scénario	65
Figure 32:	Émissions de C6H6 par scénario	66
Figure 33:	Émissions de formaldéhydes par scénario	66
Figure 34:	Émissions de HAP par scénario	66
Figure 35:	Émissions de B(a)P par scénario	66
Figure 36:	Émissions de métaux par scénario (4 graphes)	67
Figure 37:	Comparaison des émissions par période horaire et par scénario	68
Figure 38:	Cadastre des émissions NOx – Comparaison des scénarios	69
Figure 39:	Cadastre des émissions PM10 – Comparaison des scénarios	70
Figure 40:	Profils temporels de variation des émissions routières	74
Figure 41:	Modélisation de la dispersion : position des points récepteurs	75
Figure 42:	Variation des niveaux de concentrations modélisés autour de l'axe central du projet (scénario projet avec écoquartier en 2027)	78
Figure 43:	Modélisation de la dispersion : résultats pour le NO2	81
Figure 44:	Modélisation de la dispersion : résultats pour les particules	82
Figure 45:	Modélisation de la dispersion : résultats pour le benzène	83

1. Objectif et contenu de l'étude

1.1 Objectif de l'étude

Le projet d'aménagement des raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive gauche de Seine à Rouen a pour objectif principal de relier directement le Pont Flaubert à la voie rapide Sud III (RN338). L'accès à l'ouvrage qui a été mis en service en septembre 2008 est actuellement assuré via deux giratoires.

En plus de la réalisation de cette jonction directe entre Sud III et le Pont Flaubert, le projet prévoit aussi pour certains de ses scénarios d'aménagement, d'assurer la desserte du futur écoquartier Flaubert actuellement en projet.

Les deux projets de raccordements du Pont Flaubert et de l'écoquartier sont liés mais menés parallèlement par deux maîtrises d'ouvrages distinctes : la DREAL Haute-Normandie pour le projet de raccordement et la SPL Rouen Normandie Aménagement pour l'écoquartier.

La présente étude air commandée par la DREAL Haute-Normandie à la Direction Territoriale Normandie-Centre du Cerema ne porte que sur l'évaluation des impacts potentiels du projet de raccordement définitifs du Pont Flaubert sur la qualité de l'air. Les études d'impacts de l'écoquartier sont menées par la SPL Rouen Normandie Aménagement et relèvent d'une réglementation et d'une méthodologie spécifiques qui diffèrent de celles mises en œuvre dans le cadre des projets d'infrastructures routières.

L'étude air qui fait l'objet de ce rapport sera complétée par une étude traitant des effets sanitaire de la pollution atmosphérique. Le volet « air santé » ainsi constitué sera versé aux études d'environnement qui alimenteront les débats et prises de décisions préalables à une déclaration d'utilité publique du projet.

L'étude spécifique « santé » a été confiée directement par la DREAL à la Direction Territoriale Centre-Est du Cerema.

L'étude air présentée ici répond donc finalement à plusieurs objectifs :

- répondre aux exigences réglementaires et méthodologiques en vigueur concernant la réalisation d'un projet d'aménagement routier;
- évaluer l'impact du projet d'aménagement sur la qualité de l'air à l'échelle de la zone d'étude ;
- fournir les éléments nécessaires pour mener l'étude spécifique traitant de l'évaluation des effets potentiels du projet sur la santé des populations.

1.2 Contenu de l'étude

Le contenu des études Air dans le cadre de projets routiers, comme celui de l'aménagement des raccordements définitifs du Pont Flaubert, est encadré par la réglementation et des documents méthodologiques.

1.2.1 Documents réglementaires et méthodologiques de référence

La loi n°96-1236 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996, dite « loi sur l'air » (articles L.220-2, L.221-1, L.222-4, L.222-5 et L.122-3 du Code de l'environnement) a notablement renforcé les exigences dans le domaine de la qualité de l'air et constitue le cadre de référence pour la réalisation des études d'environnement et des études d'impact des projets d'infrastructures routières.

L'article 19 de cette loi, complété par la circulaire d'application 98-36 du 17 février 1998 qui lui est consacrée, précise ce qui est attendu du volet air de l'étude d'impact :

- L'analyse des effets du projet sur la qualité de l'air et la santé
- L'estimation des coûts collectifs des pollutions et des avantages induits
- Le bilan des émissions et de la consommation énergétique

Un cadre méthodologique permettant de répondre à ces exigences réglementaires a été établi. Il s'agit de la circulaire Équipement, Santé, Ecologie 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. La note méthodologique annexée à la circulaire précise la manière de mener l'étude et détaille son contenu.

La note méthodologique est actuellement en cours de révision, mais au moment de la réalisation de cette étude, c'est la version de Février 2005¹ qui s'applique et qui servira donc de référence.

1.2.2 Le contenu de l'étude

La note méthodologique de Février 2005 détaille précisément la zone d'étude à considérer, les polluants à considérer ainsi que le contenu détaillé de l'étude.

La zone géographique d'étude

La note méthodologique distingue deux niveaux géographiques pour l'étude : l'aire d'étude et la bande d'étude.

Les impacts sur la qualité de l'air ne sont pas à étudier uniquement en bordure du projet ou de la seule infrastructure étudiée : on doit aussi s'intéresser aux axes périphériques dont le trafic se voit modifié avec la mise en service de la nouvelle infrastructure.

L'aire d'étude à considérer doit intégrer l'ensemble des axes dont le trafic est modifié de plus ou moins 10% avec la réalisation de la nouvelle infrastructure. La modification de trafic doit être évaluée en comparant les volumes de trafic pour la situation projet à l'horizon considéré dans les études et une situation de référence. Le scénario de référence correspond à la situation la plus probable au même horizon sans la réalisation du projet.

L'aire d'étude retenue est représentée sur la carte ci-dessous. Elle correspond, par défaut, à la zone modélisée dans l'étude trafic, c'est-à-dire un rectangle de 2km de large (ouest-est) sur 1.2km de haut (sud-nord). A noter tout de même que la zone considérée dans l'étude trafic a été légèrement restreinte lors de la définition de l'aire d'étude air dans un souci d'homogénéité et d'exhaustivité du réseau routier pris en compte.

¹ Circulaire Équipement-Santé-Écologie 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

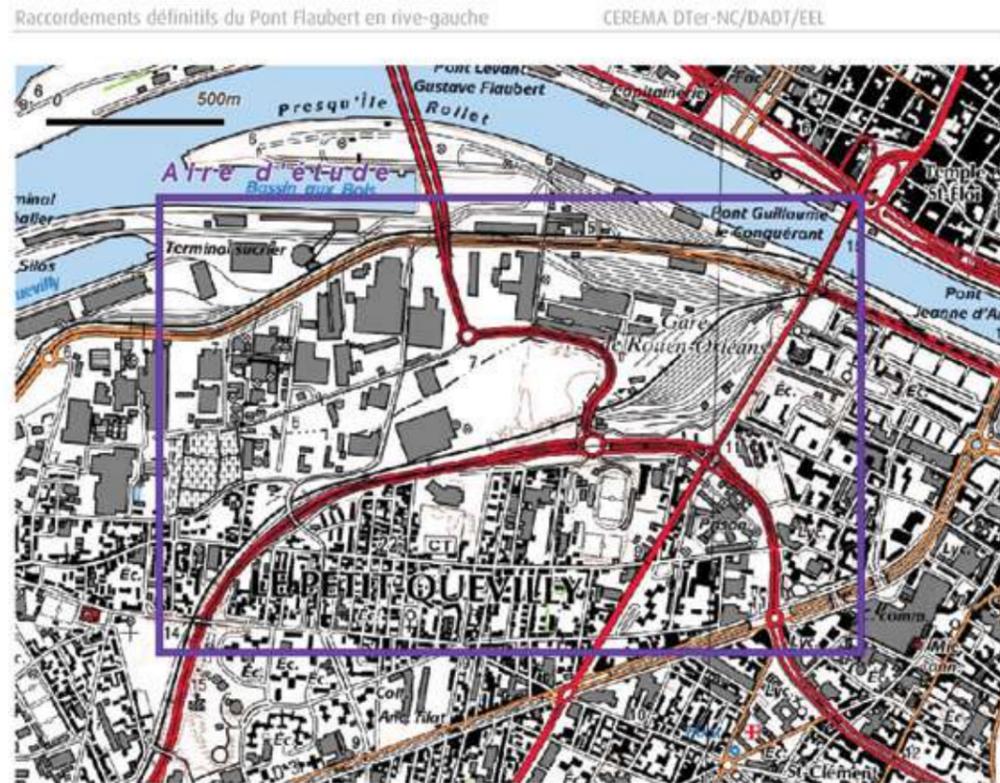


Figure 1: Aire géographique d'étude

La **bande d'étude**, toujours selon la note méthodologique, correspond au niveau sur lequel les impacts localisés d'une infrastructure sur la qualité de l'air sont à étudier. La largeur de cette bande d'étude dépend de la charge de trafic.

Pour la pollution gazeuse, la largeur minimale de la bande d'étude de part et d'autre de l'axe de la voie est définie dans le tableau qui suit :

TMJA à l'horizon d'étude (véh/jour)	Trafic à l'heure de pointe (uvp/h)	Largeur minimale de la bande d'étude (en m) de part et d'autre de l'axe
> 100 000	> 10 000	300 m
de 50 000 à 100 000	de 5 000 à 10 000	300 m
de 25 000 à 50 000	de 2 500 à 5 000	200 m
de 10 000 à 25 000	de 1 000 à 2 500	150 m
10 000	1 000	100 m

Tableau 1: Critères de définition de la bande d'étude

Pour la pollution particulaire (métaux lourds...), la largeur globale de la bande d'étude est théoriquement fixée à 100 m quel que soit le trafic.

Pour les polluants gazeux, en tenant compte des critères présentés ci-dessus, une bande d'étude a été déterminée à l'intérieur de l'aire géographique d'étude.

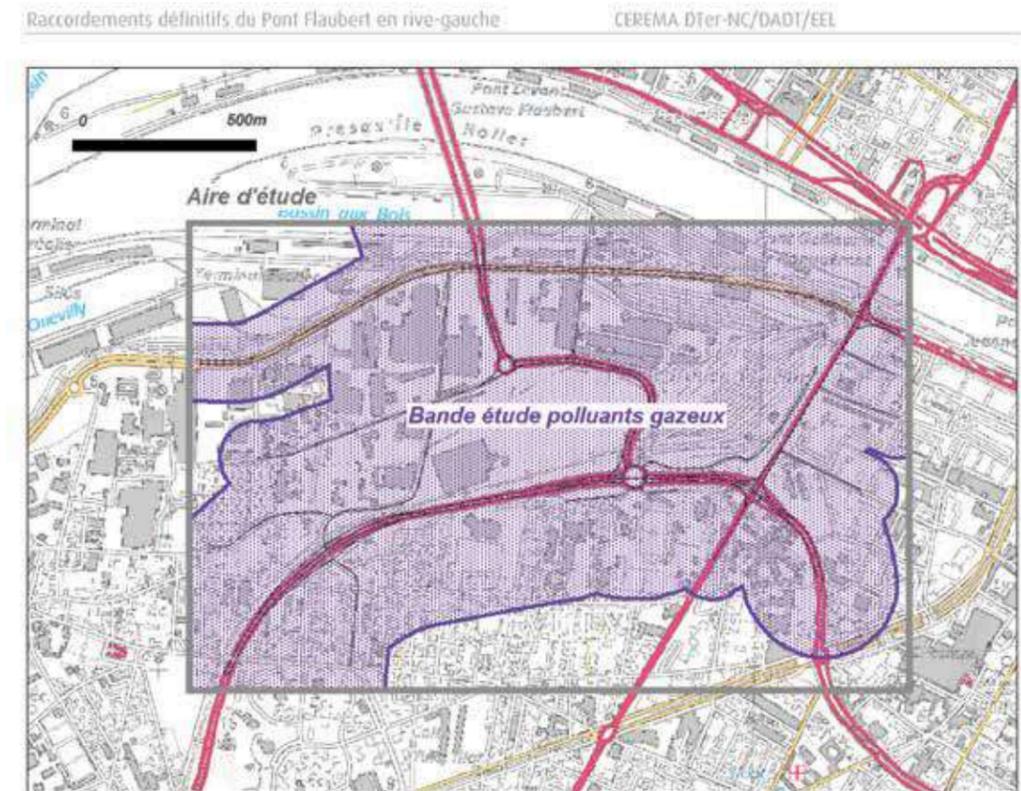


Figure 2: Représentation de la bande d'étude pour les polluants gazeux

Pour la pollution d'origine particulaire (particules, métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP), la bande d'étude considérée correspond à une bande de 200m de largeur (100m de part et d'autres) centrée sur les axes routiers de l'aire d'étude, sans distinction suivant le trafic attendu. La bande d'étude ainsi retenue est représentée sur la carte ci-dessous.

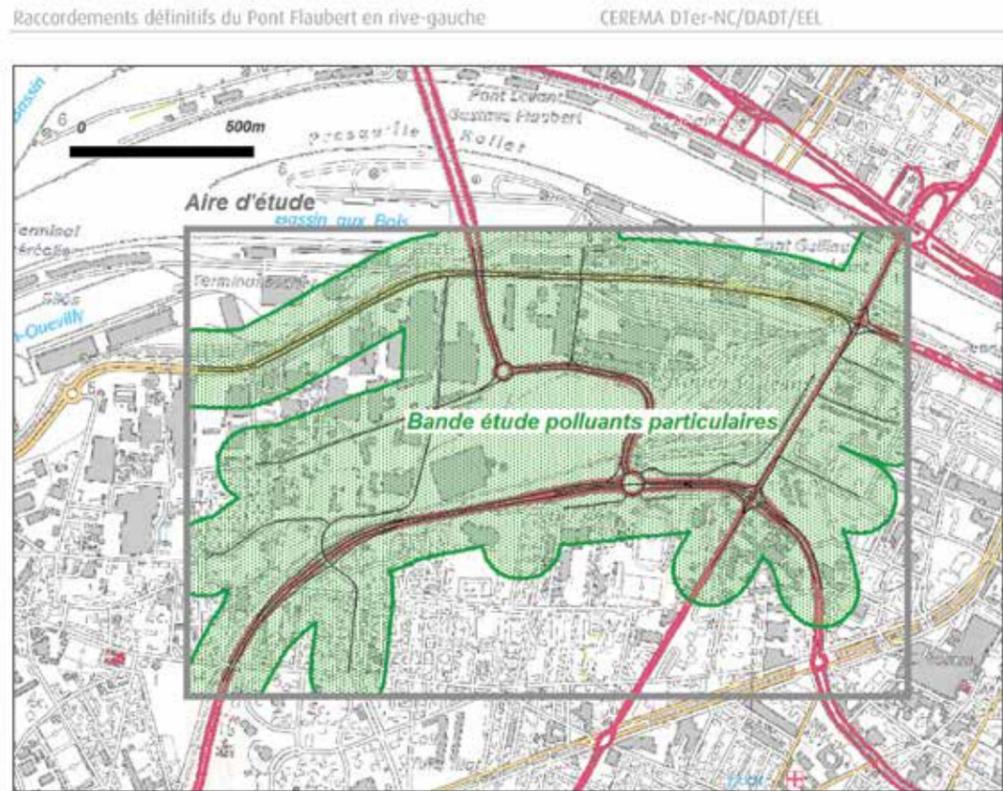


Figure 3: Représentation de la bande géographique d'étude pour les polluants particulaires

Le niveau et le contenu de l'étude

La note méthodologique de Février 2005 précise le contenu de l'étude air-santé à mener en fonction d'un niveau d'étude. Ce niveau d'étude est principalement déterminé par la charge de trafic attendue à terme sur le projet ainsi que par la sensibilité du milieu dans lequel il s'inscrit (proximité de zones habitées notamment).

Dans le cas du projet de raccordements définitifs du Pont Flaubert à Rouen, le projet se situe en milieu urbain et le trafic sur l'axe principal Sud III-Pont Flaubert dépasse 50 000 véh/jour : le niveau d'étude retenu est donc le **type 1**.

Le niveau 1 correspond au plus haut niveau d'étude prévu par la note méthodologique et nécessite notamment la réalisation d'une étude d'évaluation des risques sanitaires (EQRS) afin d'analyser l'impact éventuel du projet sur la santé des habitants de la zone d'étude. Cette étude EQRS répond à une méthodologie spécifique et n'est pas intégrée dans ce rapport. Comme déjà précisé en introduction, la réalisation de la partie santé a été confiée par la DREAL Haute-Normandie à la Direction Territoriale Centre-Est du CEREMA.

Le contenu de l'étude air tel qu'il sera présenté ici est le suivant :

- qualification de l'état initial par des mesures in situ ;
- estimation des émissions de polluants et de la consommation énergétique au niveau de l'aire d'étude ;
- estimation des concentrations dans la bande d'étude ;
- analyse des coûts collectifs des impacts sanitaires des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité
- présentation des effets de la pollution sur la végétation et le sol ;

Les polluants à prendre en compte

Pour les études de niveau 1 incluant une démarche EQRS, un groupe de travail piloté par l'INVS a établi une liste de polluants qu'il est recommandé de prendre en compte afin d'évaluer l'impact sur l'air et la santé des projets d'infrastructures routières. Les travaux et les conclusions du groupe de travail sont compilés dans le rapport (INVS, 2004).

Le groupe de travail a abouti à cette sélection de substances en procédant à une analyse croisée entre les émissions des polluants imputables au trafic routier et leur dangerosité appréciée via les valeurs toxicologiques de référence pour les différentes voies d'exposition (inhalation et ingestion).

La liste retenue par le groupe de travail est la suivante :

Substances	Exposition aiguë	Exposition chronique par inhalation, effets cancérogènes	Exposition chronique par voie orale, effets cancérogènes	Exposition chronique par inhalation, effets non cancérogènes	Exposition chronique par voie orale, effets non cancérogènes
Acroléine	X			X	
Dioxyde d'azote	X			X	
Dioxyde de soufre	X				
Benzène	X	X		X	
Particules diesel		X		X	
Chrome		X			X
formaldéhyde		X		X	
1,3-butadiène		X		X	
acétaldéhyde		X		X	
Nickel		X		X	X
Cadmium		X		X	X
Benzo[a]pyrène		X	X		
Arsenic		X	X		X
Plomb				X	X
Mercurure					X
Baryum					X

Tableau 2: Polluants à considérer pour une étude de niveau 1 d'après la note méthodologique de Février 2005

Le rapport du groupe de travail précise pour les différents polluants les valeurs toxicologiques prises en compte ainsi que les données sur les émissions. Ces valeurs sont bien entendu amenées à évoluer en fonction des connaissances.

Il est aussi précisé que pour les polluants particulaires, il convient d'intégrer les émissions polluantes émises hors échappement en plus de celles produites à l'échappement. Les émissions hors échappement sont principalement liées à l'usure des pièces des véhicules (pneumatiques, freins principalement) et de la route (chaussée, équipements routiers). La méthodologie prise en compte sera détaillée dans le chapitre consacré au calcul des émissions.

1.2.3 Le contenu du rapport

Comme déjà précisé, le présent rapport concerne uniquement l'impact du projet sur la qualité de l'air sur la zone d'étude. L'étude de l'impact « santé » fait l'objet d'une prestation et d'un rapport séparés.

Le chapitre suivant (chapitre 2) reprend un certain nombre d'informations générales sur les principaux polluants et leurs effets sur la santé et l'environnement.

L'état initial fait l'objet du chapitre 3. Il dressera tout d'abord de manière synthétique un état des lieux de la qualité de l'air sur l'agglomération rouennaise et des principaux enjeux associés, notamment pour la problématique de la pollution routière à partir des données du réseau de surveillance de la qualité de l'air et des différents documents de planification locaux et régionaux traitant de la question de la qualité de l'air (PRQA, PPA...). Il présentera enfin un bilan plus détaillé sur la zone d'étude basé sur les données des stations de mesures les plus proches et les résultats de la campagne de mesure réalisée sur le site en 2013.

Le chapitre 4 est consacré à l'estimation des impacts du projet sur la qualité de l'air. Il traitera les points suivants :

- les résultats des calculs d'émissions polluantes liées au trafic routier
- les résultats de la modélisation des concentrations polluantes dans la bande d'étude
- les effets sur les sols et la végétation de manière simplifiée (chapitre d'information)
- les principes de mesures de réduction des impacts
- de l'impact de la phase chantier (chapitre d'information)
- l'analyse des coûts collectifs des pollutions et des nuisances, et des avantages/inconvénients induits pour la collectivité à travers un calcul de la monétarisation

2. La pollution atmosphérique : quelques généralités

LAURE définit la pollution atmosphérique comme « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels et à provoquer des nuisances olfactives excessives. »

Plusieurs remarques peuvent être faites à partir de cette définition :

- les substances polluantes d'origine anthropique émises dans l'atmosphère sont très nombreuses ;
- les effets induits par les émissions de gaz polluants se situent dans toutes les couches de l'atmosphère, depuis le niveau du sol jusqu'à la troposphère et la stratosphère ;
- enfin les effets de la pollution atmosphérique se font ressentir à différentes échelles et peuvent aussi bien se traduire sur la santé humaine que sur la végétation et le climat.

Il n'existe donc pas une mais plusieurs pollutions atmosphériques.

Le domaine est donc complexe, et comme il s'agit d'un sujet de préoccupation assez récent, une amélioration de la connaissance est encore nécessaire à tous les niveaux :

- au niveau scientifique où de nombreux progrès restent à réaliser, en particulier concernant la définition des relations entre exposition à la pollution et effets sur la santé humaine ou encore dans la modélisation de la dispersion de la pollution dans l'atmosphère.
- au niveau du grand public qui doit recevoir une information complète sur l'ensemble des types de pollution et des risques associés.

Point préalable sur l'évolution de la pollution liée au transport routier

Dans sa version 2014 du Rapport National d'Inventaire (CITEPA, 2014), le CITEPA propose une liste des polluants pour lesquels le transport routier représente plus de 5% des émissions totales en France pour l'année 2012.

Transport routier			
Chiffres clés-d/secteur.xls			
Substances	%	Substances	%
H0x	54	Cu	68
COVNM	10	Pb	47
CO	13	Zn	57
CO ₂ ^(*)	34	HAP ^(a)	17
HFC	18	HCB	56
PRG ^(**)	26	TSP	5
As	21	PM ₁₀	14
Cd	18	PM _{2,5}	17
Cr	8	PM _{10-2,5}	17

CITEPA / format SECTEN - avril 2014
 (*) % par rapport aux émissions totales hors UTCP^(*)
 (**) URBSatlas des Terras, leur Changement et la Forêt
 (***) Hors CO₂ issu de la biomasse
 (a) somme des HAP tels que définis par la CEE-RIU :
 benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène,
 benzo(k)fluoranthène et indeno(1,2,3-cd)pyrène

Tableau 3: Émissions du transport routier

Concernant l'évolution des émissions liées au transport routier en France, le CITEPA rappelle qu'elles n'ont pas suivi la même tendance que celle du trafic.

Le trafic routier n'a cessé d'augmenter depuis plus de 50 ans avec des évolutions variables suivant les périodes. Ainsi, si les croissances annuelles étaient proches de 10% des années 60 jusqu'au 1^{er} choc pétrolier de 1973, elles ont ensuite progressivement diminué pour se stabiliser aux alentours de 1% actuellement. Sur une courte période de 2007 à 2008 le parc roulant (somme des véhiculesxkilomètres parcourus) a même légèrement diminué.

Les émissions d'origine routière dans leur ensemble ont quant à elles baissé de manière continue grâce aux améliorations technologiques apportées aux véhicules du fait notamment de normes environnementales de plus

en plus exigeantes imposées aux constructeurs automobiles (normes Euro pour la dernière génération). On a aussi assisté à une modification de la structure du parc automobile – et donc des émissions associées- avec la diminution progressive de la motorisation essence au détriment du diesel désormais largement majoritaire. Les principales évolutions technologiques ayant impacté les émissions sont l'apparition des pots catalytiques dans les années 1990 (pour les NOx, les COV et le CO), les filtres à particules pour les diesel plus récemment ainsi que les améliorations apportées à la composition des carburants. Le passage à l'injection directe des véhicules a aussi eu une influence importante.

Les émissions de CO2 qui sont directement liées à la consommation de carburant ont connu une évolution un peu différente. Elles n'ont vraiment commencé à décroître que depuis une dizaine d'années grâce à des réglementations imposées aux constructeurs mais aussi aux mesures prises pour accélérer le renouvellement du parc (bonus/malus, prime à la casse...). On notera que pour certaines substances, les émissions augmentent toujours ou, au mieux, se stabilisent. Il s'agit notamment de certains métaux lourds dont les émissions sont dues à des processus « hors échappement » comme l'usure mécanique de pièces du véhicule ou l'abrasion des pneumatiques sur la chaussée.

2.1 Les principaux polluants atmosphériques

Dans ce chapitre sont présentés les principaux polluants émis par le trafic routier, dont une grande partie fait partie de ceux sélectionnés dans le cadre de la circulaire du 25 février 2005. Pour chacun d'entre eux, des précisions seront données quant au rôle des transports en termes d'émissions et sur leurs principaux effets sur la santé.

Il faut préciser que les polluants présentés ici sont ceux dont la part des émissions due au trafic automobile **et/ou** la toxicité intrinsèque sont les plus importantes. Ainsi, le trafic automobile n'est pas le principal émetteur de métaux ou de HAP, mais du fait de la toxicité des polluants de ces familles, plusieurs d'entre eux ont été sélectionnés dans la circulaire du 25 février 2005.

2.1.1 Les oxydes d'azote (NOx)

Le terme oxydes d'azote regroupe deux composés : le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO2). Le NO est formé lors d'une combustion se produisant à température suffisamment élevée pour entraîner une réaction entre l'azote atmosphérique (N2) et l'oxygène de l'air. Le NO2 est obtenu par oxydation du NO, réaction favorisée par le rayonnement ultra-violet. Le NO est présent en plus grande quantité à proximité des sources. Les transports représentent le secteur qui contribue le plus aux émissions d'oxydes d'azote en France métropolitaine (environ 54% des émissions totales en 2012 d'après le CITEPA). Bien que l'introduction de pots catalytiques dans les automobiles modernes favorise une diminution des émissions unitaires de NOx, les concentrations dans l'air diminuent peu du fait de la lenteur du renouvellement du parc automobile et de l'accroissement constant du trafic (en termes de véhicule.kilomètre).

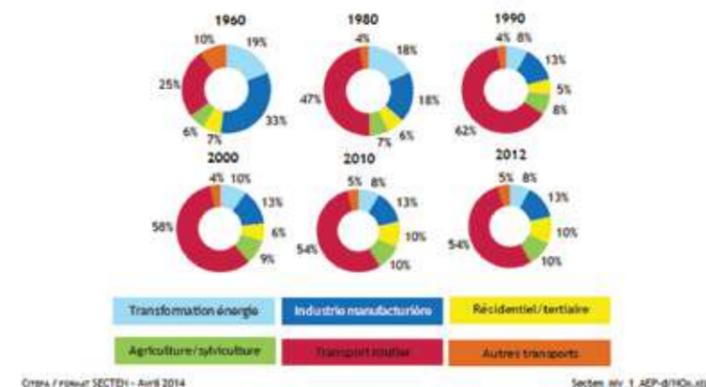


Figure 4: Répartition des émissions de NOx en France en 2012. Source CITEPA, rapport SECTEN, 2014

Impact sur la santé :

Seul le dioxyde d'azote est considéré comme toxique aux concentrations habituellement rencontrées dans l'air ambiant. Le NO2 est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. A concentration élevée, il devient irritant pour les yeux et l'appareil respiratoire. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant.

Impact sur l'environnement :

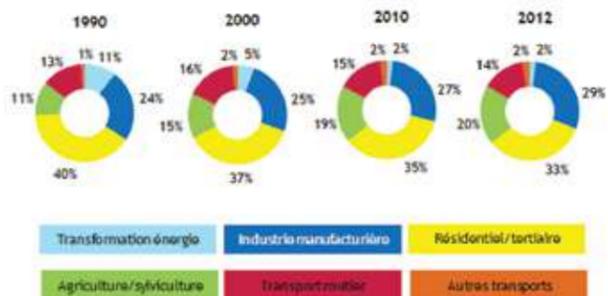
Les oxydes d'azote, avec les composés organiques volatils (COV), interviennent dans la formation des oxydants photochimiques et notamment de l'ozone troposphérique (basse atmosphère). Ils contribuent également au phénomène de pluies acides et au dépérissement forestier.

2.1.2 Les particules (PM)

Les particules soumises à la réglementation aujourd'hui sont les « PM10 » et les « PM2.5 » (c'est-à-dire les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm et 2.5µm). Les principales sources sont les installations de combustion, les procédés industriels (extraction de minéraux, cimenterie, aciérie, fonderie, verrerie, plâtrière, chimie fine, etc) et le transport (trafic routier, fluvial, maritime, ferroviaire). D'après le CITEPA, le transport routier était responsable de 14% des émissions de particules PM10 en France en 2012 (CITEPA, 2014).

Concernant les émissions routières, les particules les plus fines sont essentiellement émises par les véhicules diesel à l'échappement alors que les plus grosses proviennent plutôt de l'usure mécanique des pièces du véhicule ou du contact pneumatiques-chaussée.

L'installation de filtres à particules permet de réduire les émissions de particules diesel des véhicules notamment avec la mise en place des normes Euro 5 puis Euro 6. Bien que les émissions totales aient très fortement diminué depuis 20 ans, grâce notamment à ces dernières normes, les particules solides, qui peuvent être toxiques par elles-mêmes ou qui servent de vecteurs à différentes substances toxiques voire cancérigènes ou mutagènes (métaux lourds, HAP,...), restent de ce fait un sujet important de préoccupation pour la santé publique. Les versions successives du Plan National Santé Environnement (PNSE1 2004 – 2008, PNSE2 2009-2013 et le récent PNSE3 2015-2019) proposent des mesures visant à réduire les concentrations de particules dans l'air en ciblant notamment les émissions de particules diesel.



Citepa / FORSAT SECTEN - Avril 2014

secten_niv_1_PM-d/PM10.xls

Source CITEPA, rapport SECTEN, 2014

Figure 5: Répartition des émissions de PM10 en France en 2012

Impact sur la santé

Les particules pénètrent dans l'organisme par voie respiratoire principalement. L'action des particules est irritante et dépend de leurs diamètres. Les plus grosses (diamètre supérieur à 10µm) sont retenues par les voies aériennes supérieures (muqueuses du naso-pharynx). Entre 5 et 10 µm, elles restent au niveau des grosses voies aériennes (trachée, bronches). Les plus fines (< 5 µm) pénètrent les alvéoles pulmonaires et peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire. Il existe une corrélation entre la teneur des particules et l'apparition de bronchites et de crises d'asthme. Les non-fumeurs peuvent percevoir des effets à partir de 200 µg/m3 contre 100 µg/m3 pour les fumeurs (muqueuses irritées). Certaines substances se fixent sur les particules (sulfates, nitrates, hydrocarbures, métaux lourds) dont certaines sont susceptibles d'accroître les risques de cancer comme les HAP. Les émissions de particules issues du diesel ont été désignées comme «cancérogène pour l'Homme» (groupe 1) en juin 2012 par l'OMS.

Impact sur l'environnement

Les bâtiments subissent également les effets de la pollution particulaire avec notamment le noircissement des façades. La végétation en bordure des axes routiers est elle aussi impactée. Les particules qui se déposent sur les feuilles des végétaux peuvent perturber la photosynthèse et par conséquent son développement.

2.1.3 Le dioxyde de soufre (SO2)

Les rejets de SO2 sont dus en grande majorité à l'utilisation de combustibles fossiles soufrés (charbon, fuel). Ce gaz est considéré comme l'indicateur principal d'une pollution d'origine industrielle, les plus gros émetteurs étant généralement les centrales thermiques, les raffineries, les grandes installations de combustion. Le trafic automobile (les véhicules diesel) ne constitue qu'une faible part des émissions totales, le taux de soufre dans le gasoil ayant fortement diminué. Depuis une quinzaine d'années, le développement de l'énergie électronucléaire, la régression de l'utilisation du fuel lourd et du charbon, une meilleure maîtrise des consommations énergétiques et la réduction de la teneur en soufre des combustibles (et carburants) ont permis la diminution les concentrations ambiantes en SO2 en moyenne de plus de 50%. Le transport routier produit moins de 1% des émissions de SO2 actuellement en France (CITEPA, 2014).

Impact sur la santé

Le SO2 pénètre dans l'organisme par inhalation et présente un caractère irritant pour l'ensemble de l'appareil respiratoire. Le mélange acido-particulaire peut, en fonction des concentrations, provoquer des crises chez les asthmatiques, accentuer les gênes respiratoires chez les sujets sensibles et surtout altérer la fonction respiratoire chez l'enfant (baisse de capacité respiratoire, toux).

Impact sur l'environnement

C'est un gaz irritant, incolore et soluble dans l'eau. En présence d'humidité, il forme de l'acide sulfurique contribuant au dépérissement de la végétation (c'est le phénomène des « pluies acides ») et à la dégradation du patrimoine bâti (monuments en calcaire et grès, vitraux).

2.1.4 Le monoxyde de carbone (CO)

(non sélectionné dans la circulaire du 25 février 2005)

Le CO est produit par des combustions incomplètes généralement dues à des installations mal réglées (surtout le cas des toutes petites installations), mais il est aussi émis en grande quantité dans les gaz d'échappement des véhicules, en particulier des véhicules essence. Ses émissions ont diminué avec le développement des pots catalytiques. Le transport routier représente actuellement 13% des émissions de CO contre près de 60% en 1990 avant l'apparition des catalyseurs (CITEPA, 2014). Les zones de garages, tunnels, parkings, ainsi que les habitations pénalisées par un mauvais fonctionnement d'appareils de chauffage sont particulièrement touchées par ce type de pollution primaire.

Impact sur la santé

Dans le sang, le CO entre en concurrence avec l'oxygène pour la fixation sur l'hémoglobine, conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur, des vaisseaux sanguins. A doses répétées, il provoque des intoxications chroniques (céphalées, vertiges, asthénies), et en cas d'exposition élevée et prolongée, provoque la mort.

Impact sur l'environnement

Le CO est un précurseur du CO2.

2.1.5 Les Composés Organiques Volatils (COV)

Les COV regroupent une multitude de substances, qui peuvent être d'origine biogénique ou anthropogénique, et ne correspondent pas à une définition très rigoureuse. La famille des COV regroupe ainsi toutes les molécules formées d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures) comme le benzène et le toluène, mais également celles où les atomes d'hydrogène sont remplacés par d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, l'oxygène... comme par exemple les aldéhydes. Il est fréquent de distinguer séparément le méthane (CH4) qui est un COV particulier, naturellement présent dans l'air, des autres COV pour lesquels on emploie alors la notation Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM). Les HAP (voir paragraphe suivant), sont souvent classés dans les COV, mais les plus lourds d'entre eux ne sont en réalité pas des COV puisqu'ils ne sont pas volatils.

Les sources naturelles de COVNM représentent à l'échelle planétaire environ 90 % des rejets mais, dans les régions industrialisées, à cause de la part importante des émissions anthropiques, ces sources deviennent minoritaires. Aujourd'hui, elles représentent en France seulement 16 % des émissions totales. Concernant les émissions anthropiques, en 2012, d'après le CITEPA, les secteurs du résidentiel-tertiaire, avec 41% des émissions, et l'industrie manufacturière sont les principales sources de COVNM en France. Une baisse significative des émissions de COVNM a eu lieu dans le secteur des transports routiers (de 42% des émissions en 1990 à 10% en 2012) grâce à l'équipement des véhicules en pots catalytiques(CITEPA, 2014).

Impact sur l'environnement :

Les COV contribuent à la création de l'ozone.

Le benzène (C6H6)

Le benzène est émis à la fois par des sources naturelles et anthropiques (trafic routier, industrie pétrolière). Il est émis par les véhicules essence à l'échappement et lors du remplissage des réservoirs. Les émissions routières diminuent avec sa disparition progressive dans l'essence. Le benzène est classé comme cancérogène certain pour l'homme par le CIRC (groupe 1) et comme substance prioritaire dans le Plan National Santé Environnement (PNSE).

Le 1,3-butadiène

C'est un COV-Alcène présent dans les gaz d'échappement des véhicules.

Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde

Ce sont des COV-aldéhydes présents dans les gaz d'échappement des véhicules non catalysés. Le formaldéhyde est classé comme cancérigène certain pour l'homme par le CIRC.

2.1.6 Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les HAP sont des composés formés de 2 à 7 noyaux benzéniques (ou cycles aromatiques). Selon le nombre de cycles, ils sont classés en HAP légers (jusqu'à 3 cycles) ou lourds (4 et plus), qui ont des caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques différentes. Ils sont générés lors de la combustion incomplète de matériaux organiques. Dans l'air, l'essentiel de ces substances est adsorbé sur les poussières en suspension de toute taille (notamment celles issues des moteurs diesel). Le secteur routier, et principalement les véhicules diesel, représentait 17% des émissions de HAP en 2012 d'après le CITEPA (CITEPA, 2014).

Le benzo[a]pyrène (B[a]P) a été choisi pour représenter cette famille de polluants en raison de sa toxicité, il est en effet classé comme cancérigène certain pour l'homme par le CIRC.

2.1.7 Les Éléments Traces Métalliques (ETM)

L'appellation élément trace métallique est une appellation courante qui n'a ni fondement scientifique, ni application juridique mais qui désigne généralement les métaux toxiques comme le nickel, le plomb, le cadmium, le chrome, l'arsenic et le mercure. Les incertitudes sur la quantification des émissions anthropiques de métaux sont très élevées. Les émissions de métaux dues au trafic automobile sont très largement minoritaires, et ce quel que soit le polluant. Les métaux cités ci-dessus ont été retenus dans la liste de la circulaire du 25 février 2005 en raison de leur toxicité.

Les métaux transportés sous forme de poussières et aérosols peuvent altérer les sols et eaux de surface. Ils peuvent ensuite contaminer les végétaux notamment par phénomène de bioaccumulation.

Le Plomb (Pb)

Les émissions de plomb sont en très forte baisse depuis 1990, baisse imputable en quasi-totalité au transport routier et qui s'explique par l'introduction de l'essence sans plomb et l'interdiction de l'essence utilisant le plomb comme additif au 1er janvier 2000, actions liées à la mise en place de pots catalytiques. Le plomb atmosphérique ne représente donc plus un enjeu fort pour la qualité de l'air. Toutefois, compte tenu des phénomènes de bioaccumulation possibles dans les plantes et dans les sols et du fait que du plomb est toujours présent dans les équipements automobiles (usure des pneumatiques notamment) et les huiles, sa prise en compte dans les études d'impacts est encore obligatoire.

A fortes doses, le plomb provoque des troubles neurologiques, hématologiques et rénaux et peut entraîner chez l'enfant des troubles du développement cérébral avec des perturbations psychologiques et des difficultés d'apprentissage scolaire.

Le Cadmium (Cd)

Le cadmium est émis par la combustion des combustibles minéraux solides (métallurgie, raffinage du zinc), du fioul lourd et de la biomasse et par l'incinération de déchets essentiellement. La part des émissions de cadmium dues au trafic automobile est évaluée à 19% par le CITEPA pour l'année 2012 (CITEPA, 2014).

Les voies d'exposition à la pollution au cadmium sont l'inhalation et l'ingestion. L'ingestion de cadmium provoque des troubles digestifs importants. Une exposition aiguë par voie respiratoire provoque une irritation respiratoire et des troubles digestifs.

L'exposition chronique induit des néphrologies (maladies des reins) pouvant évoluer vers une insuffisance rénale. Sur les bases de données expérimentales, le cadmium est considéré comme un agent cancérigène. Le cadmium est classé cancérigène par le CIRC (groupe 1).

Le Chrome (Cr)

Le secteur de l'industrie manufacturière (production de verre, ciment, métallurgie, fonderie) contribue majoritairement aux émissions de ce polluant. La part du transport routier est évaluée à 8% des émissions nationales en 2012 par le CITEPA.

Par inhalation, les principaux effets sont une irritation des muqueuses et des voies aériennes supérieures et parfois inférieures. Certains composés doivent être considérés comme des cancérigènes, en particulier pulmonaires, par inhalation.

Le Nickel (Ni)

Les sources de nickel sont naturelles et anthropiques. Parmi les sources anthropiques, deux secteurs prédominent: la transformation d'énergie (en particulier le raffinage de pétrole et la production d'électricité) et

l'industrie manufacturière (les principaux sous-secteurs visés sont la chimie, la métallurgie des métaux ferreux, l'agro-alimentaire) avec respectivement 39% et 49% des émissions totales de la France métropolitaine en 2012. Les émissions de nickel par le trafic automobile sont très faibles (2% en 2012) et proviennent essentiellement de la présence de ce métal à l'état de trace dans le fioul lourd (CITEPA, 2014).

Les voies d'exposition au nickel sont l'inhalation, l'ingestion et le contact.

Le contact avec le nickel provoque des dermatites aiguës. L'exposition par ingestion provoque des troubles digestifs accompagnés de céphalées. L'organe cible est le rein qui peut être touché de manière irréversible pouvant conduire à une insuffisance rénale.

Concernant ses effets cancérigènes, le nickel est classé en catégorie 1 par le CIRC.

L'Arsenic (As)

Les émissions de ce polluant dans l'atmosphère proviennent, d'une part, de la présence de traces de ce métal dans les combustibles minéraux solides ainsi que dans le fioul lourd et, d'autre part, de la présence de ce composé dans des matières premières comme par exemple sur des installations de production de verre, de métaux ferreux ou non ferreux. Le principal secteur émetteur, l'industrie manufacturière, représente en 2012 environ 42% des émissions de la France métropolitaine. Les émissions du secteur des transports routiers sont évaluées à 21% par le CITEPA (CITEPA, 2014) et sont dues à l'usure des routes, à l'abrasion des freins et des pneus ainsi qu'à la combustion du carburant.

Les principales atteintes d'une exposition chronique sont cutanées. Des effets neurologiques, hématologiques ainsi que des atteintes du système cardio-vasculaire sont également signalés.

L'arsenic et ses dérivés inorganiques sont des cancérigènes pulmonaires.

Le Mercure (Hg)

Le mercure est émis en quantité faible par la combustion du charbon, du pétrole, la production de chlore, mais aussi par l'incinération de déchets ménagers, hospitaliers et industriels. Les actions préventives ont permis de diminuer les émissions de mercure de façon notable au cours des dernières années. Le secteur qui contribue le plus à ses émissions est l'industrie manufacturière avec près de 70% en 2012. La part du transport routier est estimée à 3% en 2012 par le CITEPA (CITEPA, 2014).

En cas d'exposition chronique aux vapeurs de mercure, le système nerveux central est l'organe cible (tremblements, troubles de la personnalité et des performances psychomotrices, encéphalopathie), ainsi que le système nerveux périphérique.

2.1.8 L'ozone (O3)

C'est un polluant dit secondaire de l'atmosphère car il résulte de la transformation photochimique de polluants primaires (oxydes d'azote et COV) sous l'effet du rayonnement solaire.

L'ozone stratosphérique nous protège des rayons Ultra-violet (UV) du soleil, tandis que l'ozone troposphérique est un polluant toxique car il est en contact direct avec l'homme et les autres écosystèmes. L'ozone troposphérique est présent essentiellement en période anticyclonique et en l'absence de vent en période estivale. Les concentrations d'ozone sont plus importantes en zone périurbaine et rurale qu'en agglomération près des sources, car le monoxyde d'azote, émis en forte quantité en ville par le trafic, « consomme » l'ozone.

A l'échelle locale, l'ozone affecte les fonctions respiratoires, notamment pour les personnes asthmatiques. A l'échelle régionale, il a une action sur les végétaux et induit notamment une baisse des rendements agricoles. A l'échelle planétaire, il contribue à l'effet de serre.

L'ozone est un gaz agressif qui affecte principalement le système respiratoire et les yeux provoquant irritations oculaires et symptômes respiratoire en particuliers chez les enfants et personnes asthmatiques.

Ce polluant n'est pas étudié de façon spécifique dans cette étude pour plusieurs raisons :

- la complexité de son processus de formation ne permet pas d'isoler la contribution du transport routier ;
- la mise en place d'un modèle de pollution photochimique reste encore techniquement très lourde ;
- il est nécessaire de travailler à une échelle régionale pour son étude, bien supérieure à celle du domaine d'étude considéré ici.

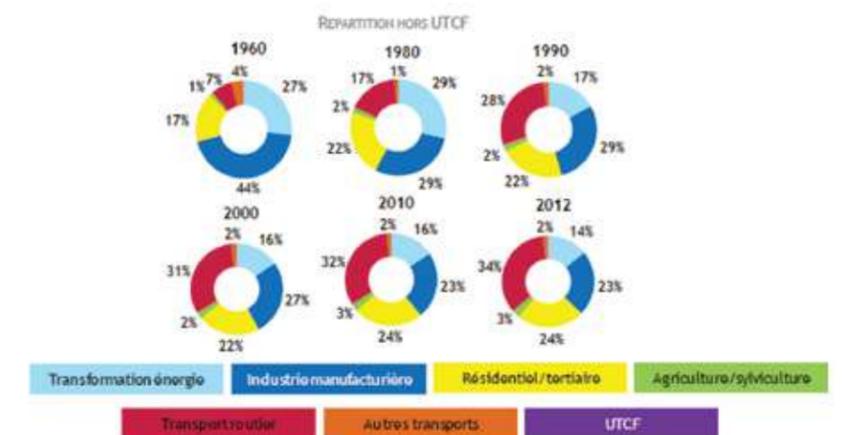
2.1.9 Le dioxyde de carbone (CO2)

Le CO2 est un composant naturel de l'atmosphère et un gaz inoffensif aux concentrations rencontrées à l'échelle locale et régionale. En revanche, il est le plus important gaz à effet de serre (GES) en termes de quantité émise dans l'atmosphère. Il possède en effet la propriété d'absorber les rayons infrarouges de grande longueur d'onde renvoyés par la surface terrestre, permettant ainsi de maintenir une température moyenne compatible avec la vie à la surface de la Terre. Ce phénomène naturel d'effet de serre est accentué par les émissions anthropiques de

CO₂ de plus en plus importantes au niveau planétaire qui participent ainsi fortement au réchauffement global, entraînant ainsi des changements climatiques.

Les rejets de CO₂ sont principalement liés à l'utilisation de l'énergie fossile et de la biomasse (de l'ordre de 95% des émissions totales hors puits). Ils sont partiellement compensés par les puits induits par l'activité de photosynthèse des plantes et aux éventuels stockages de carbone dans les sols. En 2012, le secteur des transports routiers était le plus gros émetteur de CO₂ avec 34% des émissions hors puits (CITEPA, 2014). Les émissions du transport routier sont en augmentation depuis 1960 (+105 Mt soit une hausse de 500% entre 1960 et 2006).

Cette hausse s'explique en partie par l'augmentation du trafic routier. Ce gaz est directement émis à l'échappement par les moteurs des véhicules et ses émissions sont proportionnelles à la consommation de carburant.



CITEPA / FORNAZ SECTEN - Avril 2014

Secten_riv_L_SERRE-01/CO2.xls

Source CITEPA, rapport SECTEN, 2014

Figure 6: Répartition des émissions de CO₂ en France en 2012

2.2 Les aspects réglementaires en matière de concentrations dans l'air

2.2.1 Rappel sur les références réglementaires en matière de qualité de l'air

Trois niveaux de réglementations imbriqués peuvent être distingués (européen, national et local). L'ensemble de ces réglementations vise à assurer :

- L'évaluation de l'exposition de la population et de la végétation à la pollution atmosphérique.
- L'évaluation des actions entreprises par les différentes autorités dans le but de limiter cette pollution.
- L'information sur la qualité de l'air.

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE), parue le 30 décembre 1996, vise à rationaliser l'utilisation de l'énergie et à définir une politique publique intégrant l'air en matière de développement urbain. Elle est complétée par un certain nombre d'arrêtés, directives et circulaires.

- Le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 définit les modalités d'application de la loi sur l'air et fixe des valeurs réglementaires à respecter dans l'air ambiant pour la plupart des polluants visés par la directive européenne 96/62/CE : le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, l'ozone, les particules en suspension, le monoxyde de carbone, le plomb et le benzène ;
- Le décret n° 2002-213 du 15 février 2002 modifie ou abroge les articles du précédent décret du 6 mai 1998, et remplace ou fixe certaines valeurs réglementaires pour transposer celles fixées par les nouvelles directives européennes (notamment la directive 1999/30/CE relative au dioxyde de soufre, aux oxydes d'azote, aux particules et au plomb et la directive 2000/69/CE relative au benzène et au monoxyde de carbone) ;
- Le décret n° 2003-1085 du 12 novembre 2003 relatif à l'ozone transpose la directive 2002/3/CE ;
- La directive européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les HAP dans l'air ambiant (transposé partiellement par le décret 2007-1479 du 12 octobre 2007) définit des valeurs cibles pour les éléments traces métalliques cités et pour le benzo[a]pyrène ;
- La directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe reprend tous les seuils réglementaires instaurés par les directives précédentes et fixe des valeurs réglementaires pour les PM_{2.5} (particules de diamètre inférieur à 2,5 µm). Cette directive a été transposée par le décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ;
- L'ensemble de la réglementation en termes de qualité de l'air en France est intégrée dans le Code de l'Environnement (partie législative et réglementaire) aux articles L.221-1 à L.223-2 et R.221-1 à R.223-4.

2.2.2 Les valeurs réglementaires en vigueur

Les différents seuils fixés par les textes réglementaires sont définis ci-dessous :

- **Objectif de qualité** : un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, 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 ;
- **Valeur cible** : un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur limite** : un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;
- **Seuil d'information et de recommandation** : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population, et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;
- **Seuil d'alerte** : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Ces valeurs sont régulièrement réévaluées pour prendre en compte les résultats d'études médicales et épidémiologiques.

Les valeurs fixées pour les principaux polluants réglementés sont reportées ci-après (articles R221-1 à R221-

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADT/EEL

3 du Code de l'Environnement) :

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Niveau critique
Dioxyde d'azote (NO2)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/10 : 40 µg/m³. En moyenne horaire : depuis le 01/01/10 : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an.	En moyenne annuelle : 40 µg/m³.	En moyenne horaire : 200 µg/m³.	En moyenne horaire : <ul style="list-style-type: none">400 µg/m³ dépassé sur 3 heures consécutives.200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain.	
Oxydes d'azote (NOx)					En moyenne annuelle (équivalent NO2) : 30 µg/m³ (protection de la végétation).
Dioxyde de soufre (SO2)	En moyenne journalière : 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an. En moyenne horaire : depuis le 01/01/05 : 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an.	En moyenne annuelle : 50 µg/m³.	En moyenne horaire : 300 µg/m³.	En moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m³.	En moyenne annuelle et « hivernale », moyenne sur la période du 1 ^{er} octobre au 31 mars (pour la protection de la végétation) : 20 µg/m³.

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADT/EEL

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte
Plomb (Pb)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/02 : 0,5 µg/m³.	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m³.		
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres (PM10)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/05 : 40 µg/m³. En moyenne journalière : depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an.	En moyenne annuelle : 30 µg/m³.	En moyenne journalière : 50 µg/m³.	En moyenne journalière : 80 µg/m³.
Monoxyde de carbone (CO)	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 10 000 µg/m³.			
Benzène (C6H6)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/10 : 5 µg/m³.	En moyenne annuelle : 2 µg/m³.		

Polluant	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Valeurs cibles
Ozone (O3)	Seuil de protection de la santé, pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 120 µg/m³ pendant une année civile. Seuil de protection de la végétation, AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 6 000 µg/m³.h	En moyenne horaire : 180 µg/m³.	Seuil d'alerte pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire : 240 µg/m³ sur 1 heure Seuils d'alerte pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence, en moyenne horaire : <ul style="list-style-type: none">1er seuil : 240 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives.2e seuil : 300 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives.3e seuil : 360 µg/m³.	Seuil de protection de la santé : 120 µg/m³ pour le max journalier de la moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans. Cette valeur cible est appliquée depuis 2010. Seuil de protection de la végétation : AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m³.h en moyenne calculée sur 5 ans. Cette valeur cible est appliquée depuis 2010.

Nota : AOT 40 est une unité particulière à la mesure de l'ozone.

Tableau 4: Valeur réglementaires (articles R221-1 à R221-3 du Code de l'Environnement)

3. Partie diagnostic : L'état initial de la qualité de l'air

Ce chapitre est consacré à l'établissement de l'état de la qualité de l'air sur la zone d'étude du projet de raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive gauche de Seine à Rouen. La partie santé du diagnostic ne sera pas abordée ici mais fera l'objet d'une partie spécifique dans l'étude EQRS.

La première partie de ce chapitre présente des données générales sur la qualité de l'air à l'échelle de la région et de l'agglomération à partir de documents de planification et des données disponibles auprès du réseau de surveillance de la qualité de l'air.

La seconde partie présente les résultats de la campagne de mesure spécifique réalisée sur l'aire d'étude.

3.1 Données générales sur la qualité de l'air

Cette partie est principalement basée sur les données fournies par :

- l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) pour la Haute-Normandie, Air Normand. Il s'agit principalement des résultats de mesure sur les stations fixes de surveillance, d'éléments d'analyses et de différents rapports et publications ;
- les documents de planification concernant la qualité de l'air ;
- les données issues de l'Atlas Climat-Air-Energie fournies par l'Observatoire Climat-Energies de Haute-Normandie (Site OCE).

3.1.1 Les documents de planification

Dans ce chapitre, il s'agit de faire un point sur les différents documents de planification traitant de la qualité de l'air sur l'agglomération. L'objectif de ces différents plans est de définir et proposer des actions visant à respecter les différentes réglementations et plus généralement à améliorer la qualité de l'air.

La loi sur l'air a défini ou reconduit trois documents de planification traitant de la qualité de l'air :

- le Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA) remplacé depuis par le Schéma Régional pour le Climat, l'Air et l'Energie (SRCAE) ;
- le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)
- le Plan de Déplacement Urbain (PDU).

3.1.1.1 Le Schéma Régional pour le Climat, l'Air et l'Energie (SRCAE) de Haute-Normandie

Le SRCAE a été introduit avec la loi Grenelle 2 dans le but de remplacer les PRQA en étendant leur domaine de compétence. Il a pour objectifs, pour la partie liée à la qualité de l'air, de définir les grandes orientations à l'échelle de la région concernant l'amélioration de la qualité de l'air et le respect des valeurs réglementaires, la maîtrise des émissions (industrie, transport, résidentiel, tertiaire...) dont les gaz à effet de serre... Les autres plans à vocation plus locale que sont les plans de protection de l'atmosphère (PPA) et les plans de déplacements urbains (PDU) doivent être compatibles avec les orientations du SRCAE.

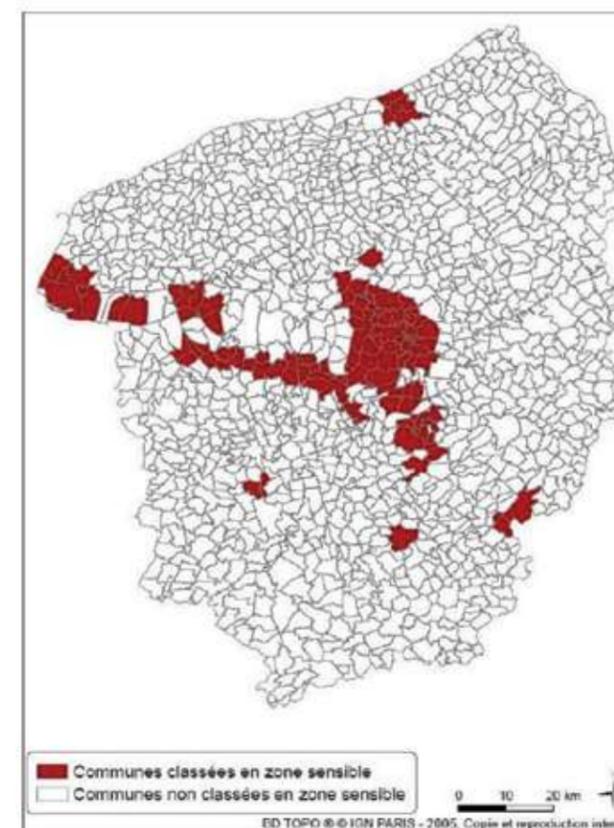
Le SRCAE de Haute-Normandie a été adopté le 21 mars 2013 par le Préfet de la région Haute-Normandie (SRCAE, 2013).

Le SRCAE fournit un état des lieux complet de la qualité de l'air et des émissions polluantes en Haute-Normandie à travers les résultats des réseaux de surveillance de la qualité de l'air et différentes études. Suite à ce diagnostic et la définition des principaux enjeux, le SRCAE propose un scénario qui doit permettre à la région d'atteindre les objectifs fixés sur les domaines Climat / Air /Energie. Un certain nombre d'orientations stratégiques sont ensuite déclinées par secteur (bâtiment, transport, agriculture, industrie, énergie renouvelables et adaptation au changement climatique) pour permettre la mise en place de ce scénario.

Dans la partie diagnostic sont déterminées les zones sensibles pour la qualité de l'air. Il s'agit d'une obligation fixée pour l'ensemble des SRCAE à l'échelle nationale. La définition de ces zones est basée sur une méthodologie commune établie par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) pour toutes les régions.

Ces zones sensibles sont définies comme étant des zones où des dépassements des valeurs réglementaires pour la qualité de l'air sont constatés ou sont susceptibles de se produire. Les communes répondant à ces critères ont été répertoriées par Air Normand en appliquant la méthodologie nationale.

La plupart des communes de l'agglomération sont classées en zone sensible, notamment celles sur lesquelles se trouve la zone d'étude du projet (Rouen et Petit-Quevilly).



source : SRCAE Haute-Normandie, Air Normand
Figure 7: Carte des communes sensibles pour la qualité de l'air

Parmi les orientations du SRCAE, certaines concernent le secteur du transport routier et intéressent donc plus ou moins directement le projet raccordement du Pont Flaubert. Ces orientations sont rappelées ci-dessous. On notera cependant que la plupart d'entre elles ont vocation à s'appliquer dans le cadre d'un contexte ou de projets d'aménagement différents de celui dont il est question ici.

- **orientation TRA 2** : "aménagement la ville et les territoires pour développer les modes actifs » " avec pour objectif à l'horizon 2020 de limiter l'utilisation de la voiture particulière pour les plus courts trajets ;

- **orientation TRA 4** : "limiter les besoins en déplacements et réduire l'usage individuel de la voiture" avec pour objectif à l'horizon 2020 de doubler le nombre de trajets s'effectuant à plus d'un occupant par véhicule ;
- **orientation TRA 5** : "favoriser le recours prioritaire à des véhicules moins émetteurs et moins consommateurs"
- **orientation TRA 7** : "Réduire les impacts énergétiques et environnementaux du transport routier" proposée pour le transport de marchandises ;
- **orientation TRA 9** : "Réduire les risques de surexposition à la pollution routière" avec pour objectif à l'horizon 2020 de respecter en « proximité trafic » les valeurs limites pour le NO2 et les particules PM10.

Cette dernière orientation est celle qui traite directement de la problématique des émissions polluantes liées au transport routier et de la pollution en proximité du trafic et qui, de ce fait, présente un lien direct avec le projet de raccordement routier du Pont Flaubert. Les autres orientations seraient plus adaptées pour une prise en compte à l'échelle de la zone dans son ensemble, intégrant à la fois l'aménagement de l'écoquartier et de ses accès.

L'orientation TRA 9 vise principalement les zones de proximité trafic et notamment celles recensées comme « zones sensibles », ce qui est le cas de l'aire d'étude retenue pour le projet.

Un certain nombre de recommandations sont énumérées, parmi lesquelles certaines peuvent avoir un intérêt à l'échelle du projet :

- limitation des vitesses sur les axes structurants qui permet de réduire les émissions de polluants ;
- inciter au respect des distances de sécurité entre les véhicules,
- inciter à la prise en compte des enjeux de qualité de l'air en amont dans les projets d'aménagement urbain ;
- élaborer des cartes d'exposition intégrant les « points noirs air » pour les documents d'urbanisme afin d'orienter l'aménagement de l'espace urbain de façon à éviter ou adapter les constructions d'habitations et des établissements recevant des publics sensibles le long des axes routiers très impactés ;
- étudier la mise en place de dispositifs de réduction des émissions des engins de chantier.

3.1.1.2 Le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)

Les PPA sont, comme les PRQA (désormais remplacés par le SRCAE), issus de la loi sur l'air de 1996. Ils sont obligatoires pour toutes les agglomérations de plus de 250 000 habitants et dans toutes les zones qui connaissent ou risquent de connaître des dépassements de seuils réglementaires.

Le PPA de Haute-Normandie (PPA, 2013) a été approuvé conjointement par les deux Préfets de département le 30 janvier 2014. Ce PPA à l'échelle de la région dans son ensemble fait suite à trois PPA approuvés en 2007 qui couvraient des zones plus restreintes (Rouen, Le Havre et Port-Jérôme) correspondant aux plus grandes agglomérations et/ou zones où des dépassements de valeurs limites étaient observés.

Il a pour objectif de maintenir ou ramener les concentrations de polluants dans l'air ambiant à des niveaux inférieurs aux normes fixées par le Code de l'Environnement et les directives européennes. Il est compatible avec le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE, 2013). Le plan pour la Haute-Normandie comprend 20 actions qui, outre la mise à disposition des outils nécessaires à son développement et sa mise en œuvre du plan (outils de gouvernance, de surveillance de la qualité de l'air, d'évaluation socio-économique, de communication), visent la réduction des émissions de l'agriculture, de l'industrie, des transports (routiers et fluvio-maritimes) et du chauffage, la maîtrise de l'urbanisation, la prévention et la gestion des pics de pollution et la réduction de l'exposition des populations aux polluants atmosphériques.

Après une description du territoire et de ses enjeux en termes de qualité de l'air, le PPA propose un plan d'actions visant à atteindre l'objectif fixé.

Parmi les 20 actions proposées, deux actions concernent le secteur du transport routier :

- **TRA-01 : Intégration du volet Air dans le programme « Objectif CO2 : les transporteurs s'engagent »**. Cette mesure consiste, en concertation avec les organisations de professionnels du transport routier, à compléter avec un volet Air la charte CO2 élaborée par le MEDDE et l'ADEME ;
- **TRA-02 : Développement d'actions coordonnées de réduction des émissions liées au trafic routier**. Cette mesure vise avant tout à compléter, évaluer, analyser la faisabilité de tout un panel de mesures visant à réduire les émissions du trafic routier.

A l'échelle du projet de raccordement routier du Pont Flaubert, seule l'action TRA-02 est concernée. En effet, la mise en place d'un aménagement routier de ce type peut amener une modification des conditions de circulation (vitesse, fluidité, distance parcourue) ayant un impact direct sur les émissions polluantes. Cette question sera traitée et discutée dans la partie consacrée à l'impact du projet.

A noter que parmi les actions proposées pour le secteur « Collectivités locales », certaines concernent la prise en compte de la qualité de l'air dans le cadre de projets d'aménagement et intéressent donc le programme d'aménagement vu dans son ensemble (l'éco quartier, ses accès, son réseau routier...) plus que le projet routier seul qui fait l'objet de cette étude. Il s'agit des mesures :

- **COL-01 – « Mitigation des pollutions de proximité »** dont l'objectif est d'améliorer la connaissance de la nature et des impacts des pollutions de proximité par des études et des approches expérimentales sur des zones tests ;
- **COL-02 – « Intégration des enjeux environnementaux dans les processus de planification »** dont l'objectif est de mettre en place des outils et méthodologies permettant une meilleure intégration des enjeux Air dans les processus de planification, de conception et de développement urbain. Le but étant d'assurer une meilleure évaluation des impacts et aussi d'orienter les décisions en matière de transport et d'urbanisme dans le sens d'une meilleure qualité de l'air.

3.1.1.3 Le Plan de Déplacements Urbains (PDU)

Les plans de déplacement urbain (PDU) ont été rendus obligatoires pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants par la loi sur l'air de 1996. Les PDU visent à assurer un équilibre durable entre les besoins des habitants (mobilité, approvisionnement...) et la protection de leur environnement et de leur santé.

Le PDU de l'agglomération de Rouen de 2000 (PDU de l'ex-CAR) a récemment fait l'objet d'une révision. La nouvelle version du PDU a été approuvée le 15/12/2014 suite à une enquête publique menée courant 2013.

Le projet de réalisation d'un raccordement direct du Pont Flaubert à la voie rapide Sud III est inscrit dans les actions du dossier d'enquête du PDU.

Il figure dans l'**Action C** : « **achever la constitution du maillage routier de l'agglomération** » de la **Fiche Action 1** qui précise l'intérêt majeur du projet pour l'aménagement de la zone sud de Rouen :

« La réalisation du raccordement direct du Pont Flaubert à la voie rapide Sud III et de l'échangeur associé au droit de l'écoquartier Flaubert est nécessaire afin de reconfigurer la porte d'entrée routière sud de l'agglomération, marquée par le point de congestion du carrefour Europe/Rondeaux, en vue d'une meilleure répartition et organisation des flux de circulation grâce à la définition d'un plan de circulation sur le site de l'écoquartier. La réalisation de la continuité autoroutière entre le Pont Flaubert et la voie rapide Sud III est une condition nécessaire pour l'urbanisation future de l'écoquartier, dans la mesure où elle permettra de libérer le site et de requalifier la portion finale de la voie rapide aboutissant au Boulevard de l'Europe. Elle est le préalable à la définition du plan de circulation de l'écoquartier Flaubert (Véhicules Légers / Poids Lourds / Transports exceptionnels / Transports en commun / Modes actifs / Pôle d'échanges) qui permette un fonctionnement optimal de la mobilité à la hauteur des exigences d'un écoquartier. »

Le PDU contient aussi un rapport environnemental (Métropole Rouen-Normandie, 2014). Les thématiques de la qualité de l'air, des émissions de GES et consommation d'énergie et du bruit occupent une partie importante de cette étude où sont aussi abordés la biodiversité, la ressource en eau, le paysage et le patrimoine bâti, la consommation d'espace ainsi que les risques. Ce document contient les éléments suivants :

- un état initial de l'environnement
- une description de la méthodologie de l'évaluation environnementale et des indicateurs de suivi
- une évaluation qualitative et quantitative des impacts environnementaux de la mise en place du PDU
- la définition de mesures compensatoires

Concernant la qualité de l'air, les enjeux qui ressortent de l'état initial PDU sont les suivants :

- « la diminution du trafic automobile à l'échéance du PDU devrait permettre de respecter les valeurs réglementaires pour les polluants concernés »
- « le respect des objectifs de qualité doit permettre une prise en compte des enjeux de santé publique et de réduire les impacts des populations en situation de surexposition aux polluants »

Un certain nombre d'opportunités sont aussi relevées notamment le fait qu'un réseau de surveillance solide est en place, que l'évolution du réseau routier (Pont Flaubert) a déjà permis d'obtenir une baisse des émissions et

que les actions proposées dans le cadre du PDU sont cohérentes avec les objectifs des autres documents de planification (SRCAE et PPA).

L'évaluation des impacts prévisibles de la mise en place du PDU sur la qualité de l'air a été confiée à l'association Air Normand qui, par ailleurs, a aussi réalisé ce travail pour le PPA. Les différentes actions proposées dans le cadre du PDU ont été soumises à une évaluation sous le prisme de la qualité de l'air suivant une méthodologie bien définie. Le résultat est reporté sur une échelle à 5 niveaux : vigilance (2 niveaux), neutre (1 niveau) et positive (2 niveaux).

L'étude d'impact conduit à la conclusion que, d'une manière générale, les actions PDU contribuent à une diminution des émissions polluantes liées au trafic routier. Cette baisse est imputable à une diminution de la part des transports individuels motorisés, à une fluidification du trafic, à l'incitation à utiliser des modes de propulsion moins polluants. Un point de vigilance est tout de même soulevé concernant le développement du réseau routier : celui-ci doit s'accompagner de mesures visant à ce qu'il reste au service d'une stratégie globale d'évolution de la mobilité.

A noter que les actions prévues dans le PDU ont été intégrées dans les modélisations menées dans le cadre de l'élaboration du PPA.

3.1.1.4 Le Plan Régional Santé Environnement (PRSE)

Le PRSE 2 (2010-2013) pour la région Haute-Normandie (PRSE, 2010) a été élaboré dans le cadre d'une large concertation associant aux services de l'État, l'ARS, les collectivités, les acteurs économiques, les représentants des salariés et des associations ainsi que des experts régionaux. Après avoir obtenu l'approbation du Groupe régional santé environnement, présidé par le Préfet, le Président du Conseil régional et le Directeur de l'ARS, il a été arrêté par le Préfet.

Il constitue une déclinaison régionale du Plan national santé environnement PNSE 2. Une nouvelle version, PNSE 3 (2015-2019) a été adoptée fin 2014.

Le PRSE 2 présente 19 actions dont les objectifs s'articulent autour des deux principaux axes que sont la réduction des expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé et la réduction des inégalités environnementales. Les actions proposées couvrent six thématiques : eau, habitat, environnement extérieur, transport, milieu de travail, éducation-formation-information-recherche.

La question de la qualité de l'air extérieur est principalement traitée dans les thématiques « environnement extérieur » et « transport ». La partie « habitat » traite la question spécifique de la qualité de l'air intérieur.

Les actions proposées qui visent une amélioration de la qualité de l'air et/ou une réduction de l'impact de la pollution de l'air sur la santé sont les suivantes :

- *Environnement extérieur – action 1* : réduire les émissions de particules dans l'air d'origine agricole, industrielle et tertiaire ;
- *Environnement extérieur – action 2* : réduire les émissions de substances toxiques et d'allergènes dans l'air ;
- *Environnement extérieur – action 3* : identifier d'éventuels points noirs environnementaux et protéger les populations sensibles
- *Transport – action 3* : conforter les modes alternatifs, et notamment les flottes captives en réduisant les émissions de polluants

Parmi ces différentes actions, certaines mesures qui les composent concernent la pollution d'origine routière :

Environnement extérieur – action 2

Améliorer le cadastre des émissions régionales			
PILOTE	Air Normand	PARTENAIRES	ARS, DREAL, ADEME, collectivités territoriales
DESCRIPTIF	Inventorier les émissions des 6 substances du PNSE avec une recherche exhaustive des secteurs pouvant être à l'origine des émissions		

* les six substances du PNSE 2 : mercure, arsenic, HAP, benzène, perchloroéthylène, PCB/dioxines

Environnement extérieur – action 3

Mettre en œuvre des mesures de gestions appropriées sur des zones de surexposition préalablement identifiées			
PILOTE	DREAL/ARS	PARTENAIRES	Air Normand, collectivités territoriales, industriels, associations
DESCRIPTIF	- Identifier les principales zones susceptibles de présenter une surexposition à des substances toxiques de la population et réduire les niveaux de contamination, assurer leur surveillance environnementale, développer des systèmes d'information géographiques et développer l'interopérabilité et l'accès public des bases de données environnementales et sanitaires. - Réaliser plus particulièrement des études de faisabilité préalable à d'éventuelles études de risques sanitaires sur Rouen et Le Havre. - Développer des outils permettant de connaître l'étendue des populations concernées par des dépassements des valeurs de qualité de l'air.		

Transport – action 3

limiter la surproduction de NO2 liée aux filtres catalytiques à régénération continue			
PILOTE	Région	PARTENAIRES	Autorités organisatrices de transport, transporteurs, collectivités territoriales, INSERM, CERTAM, Air Normand, DREAL
DESCRIPTIF	L'objet de cette action vise à évaluer des stratégies de filtration moins émettrices de NO2 susceptibles d'être mises en œuvre sur des flottes captives associées à des structures de maintenance internes. Des solutions certifiées par le programme " Vert " existent mais nécessitent des interventions manuelles en atelier de maintenance. Cette action vise à susciter une prise de conscience des utilisateurs et à promouvoir l'utilisation de solutions moins impactantes en termes de pollution locale et de santé. Il conviendra d'en évaluer les coûts supplémentaires associés et d'en étudier leur prise en charge. Parallèlement, une meilleure gestion du trafic et la réalisation d'aménagement pourrait, en limitant les heures moteurs inutiles (véhicule immobile), diminuer de fait l'émission tout aussi inutile de polluants. A court terme, une AOTU (Autorité organisatrice des transports urbains) pilote doit être trouvée pour expérimenter ce processus. Les AOTU en renouvellement de contrat pourrait systématiquement proposer cette possibilité dans leur cahier des charges.		

Suivre l'évolution de la qualité de l'air dans des secteurs impactés par l'activité de transport en commun

PILOTE	Air Normand	PARTENAIRES	INSERM, CERTAM, DREAL, SNCF, collectivités territoriales
DESCRIPTIF	• Mesurer et suivre l'évolution de la qualité de l'air liée à la mise en œuvre de nouvelles procédures d'exploitation de trafic en gare de Rouen et l'acquisition de rames AGC BiBi. • Mesurer et suivre l'évolution de la qualité de l'air sur les axes empruntés par les autobus urbains (par exemple, axe Saint Eloi/Général Giraud/Général Leclerc/Alsace Lorraine à Rouen) ce qui permettrait d'évaluer le gain lié à la mise en place de la mesure 1. • Il est également proposé de poursuivre l'étude de la qualité de l'air intérieur des véhicules (voiture, bus et TEOR) afin de proposer des recommandations à l'attention des employeurs, des conducteurs et des usagers.		

3.1.2 La surveillance de la qualité de l'air

3.1.1.5 Le contexte régional

La surveillance de la qualité de l'air sur l'ensemble de la Haute-Normandie est assurée par Air Normand. Les résultats des mesures, les études spécifiques sont publics et disponibles sur le site internet de l'association (<http://www.airnormand.fr/>).

Les stations de mesures permanentes sont principalement concentrées sur les zones à enjeux à savoir :

- les grandes agglomérations (Rouen, Le Havre, Evreux) qui concentrent à la fois population et émissions polluantes ;
- les sites industriels principalement localisés en vallée de Seine (agglomération rouennaise et estuaire de la Seine).

Quelques stations sont éloignées de ces sites urbains et industriels afin de caractériser la pollution de fond et de suivre les polluants présentant un enjeu en zone plus rurale (ozone notamment).

Les informations récoltées en continu par les stations sont complétées par des campagnes de mesures ou études spécifiques ayant pour but soit de caractériser la qualité de l'air sur une zone donnée, soit de suivre une pollution particulière.

Les stations de mesures, selon leur emplacement et le contexte qu'elles doivent décrire, sont classées selon la typologie suivante :

- Stations urbaines (U)** : elles décrivent l'air respiré par la majorité des habitants d'une agglomération. Elles sont placées en ville, hors de l'influence directe et immédiate d'une source particulière (industrielle, trafic...);
- Stations trafic (T)** : elles traduisent une exposition maximale sur les zones soumises à la pollution routière ;
- Stations périurbaines (PU)** : elles représentent l'exposition maximale à la pollution secondaire en zone habitée, sous l'influence directe de l'agglomération ;
- Stations industrielles (I)** : elles représentent l'exposition maximale sur les zones soumises directement à la pollution industrielle ;
- Stations rurales (R)** : elles représentent au niveau régional ou national la pollution des zones peu habitées (pas de station de ce type dans l'aire d'étude).

Les associations de surveillances de la qualité de l'air de toute la France utilisent un indicateur commun, l'indice Atmo, pour qualifier la qualité de l'air des agglomérations de plus de 100 000 habitants. En Haute-Normandie, l'indice Atmo est calculé à Rouen, le Havre et Evreux. Pour l'année 2013, les indices Bon et Moyen (indice inférieur ou égal à 5 sur une échelle allant jusqu'à 10, 10 correspondant à une qualité de l'air très mauvaise) sont majoritaires (Air Normand, 2014).

La problématique de la pollution de l'air en Haute-Normandie n'est pas très différente de celle des autres régions françaises. On retrouve notamment en zone urbaine la question des pollutions liées au trafic routier et au secteur résidentiel tertiaire, les pollutions industrielles, les pollutions liées au secteur de l'agriculture, etc.

Du fait de l'importance de ce secteur en Haute-Normandie, la pollution d'origine industrielle représente un enjeu particulièrement important. De gros efforts ont été entrepris sur ce domaine, appuyés par des contraintes réglementaires, et ils portent leur fruit. Ainsi, depuis 2009 les valeurs réglementaires pour le dioxyde de soufre SO2 (polluant caractéristique de l'activité industrielle) sont respectées sur l'ensemble des capteurs Air Normand, ce qui constitue une première depuis 1973. La surveillance doit cependant rester de mise.

D'autres polluants restent problématiques parmi lesquels le dioxyde d'azote et les particules. Pour le dioxyde d'azote, les valeurs limites européennes entrées en vigueur en 2010 sont dépassées sur les sites de proximité trafic du Havre et de Rouen. Des efforts doivent être menés pour la réduction des émissions de ce polluant principalement imputable - à part égale - au transport routier et à l'industrie.

Concernant les particules, l'heure est aussi à la vigilance : des dépassements de valeurs limites sont enregistrés sur les stations de proximité trafic de la région (Le Havre et Rouen) et des procédures liées à des épisodes de pollution sont déclenchées à l'échelle régionale en particulier pendant les mois d'hiver (novembre à avril en général). Au cours de l'année 2013, 30 procédures régionales liées à un épisode de pollution par les particules ont été déclenchées (Air Normand, 2014). Dans la majorité des cas, il s'agissait de procédures à destination des personnes sensibles (personnes âgées, enfants, personnes présentant certaines pathologies) mais durant deux journées (11 et 12 décembre 2013) celle-ci a été étendue à l'ensemble de la population de fait de niveaux plus élevés (seuil d'alerte). Les secteurs à viser pour obtenir une réduction des émissions sont multiples : industrie,

résidentiel (chauffage notamment), agriculture, transport routier. Cette multiplicité des sources d'émission ajoutée à la complexité des formes et modes de production des particules rendent la maîtrise de cette pollution particulièrement difficile.

Concernant enfin l'ozone, polluant secondaire formé à partir d'autres polluants et qui présente la particularité de se déplacer sur de grandes distances, la situation est meilleure que dans d'autres régions. Les réactions chimiques menant à la production d'ozone à partir de polluants précurseurs étant catalysées par le rayonnement solaire, le climat normand préserve la région des gros épisodes de pollution à l'ozone tels que peuvent les connaître les régions du Sud comme PACA. En 2013, aucune procédure d'alerte ou d'information n'ont été déclenchées pour ce polluant (Air Normand, 2014).

Comme déjà évoqué ci-dessus, les sources d'émissions sont variées et variables à l'échelle de la région. Les principaux secteurs d'activité responsables des émissions polluantes sont l'industrie, le transport, l'agriculture, le secteur résidentiel et tertiaire. La part respective de chacun variant suivant le polluant que l'on considère.

A titre d'illustration, les graphes suivants donnent la répartition des émissions par secteur pour les oxydes d'azote (NOx) et les particules (PM10) en Haute-Normandie en 2008 (PPA, 2013).

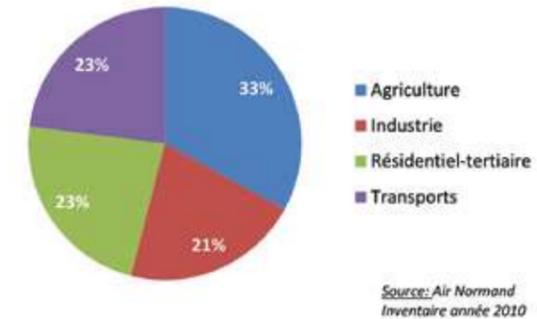


Figure 8: Émissions de particules (PM10) sur la Haute-Normandie en 2010

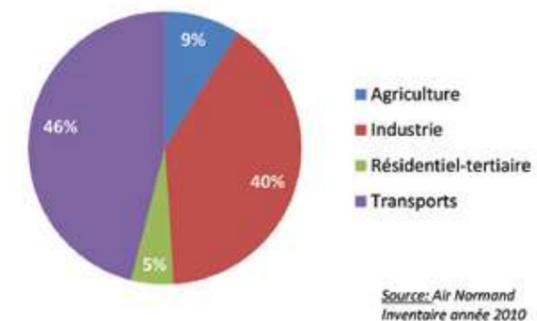


Figure 9: Émissions d'oxydes d'azote (NOx) sur la Haute-Normandie en 2010

A noter qu'en fonction particularités et du poids relatif de chaque secteur d'activité sur l'Eure et la Seine-Maritime, la répartition de la part des émissions sectorielles diffère d'un département à l'autre. Si on reprend l'exemple des deux polluants à enjeu que sont les NOx et les particules :

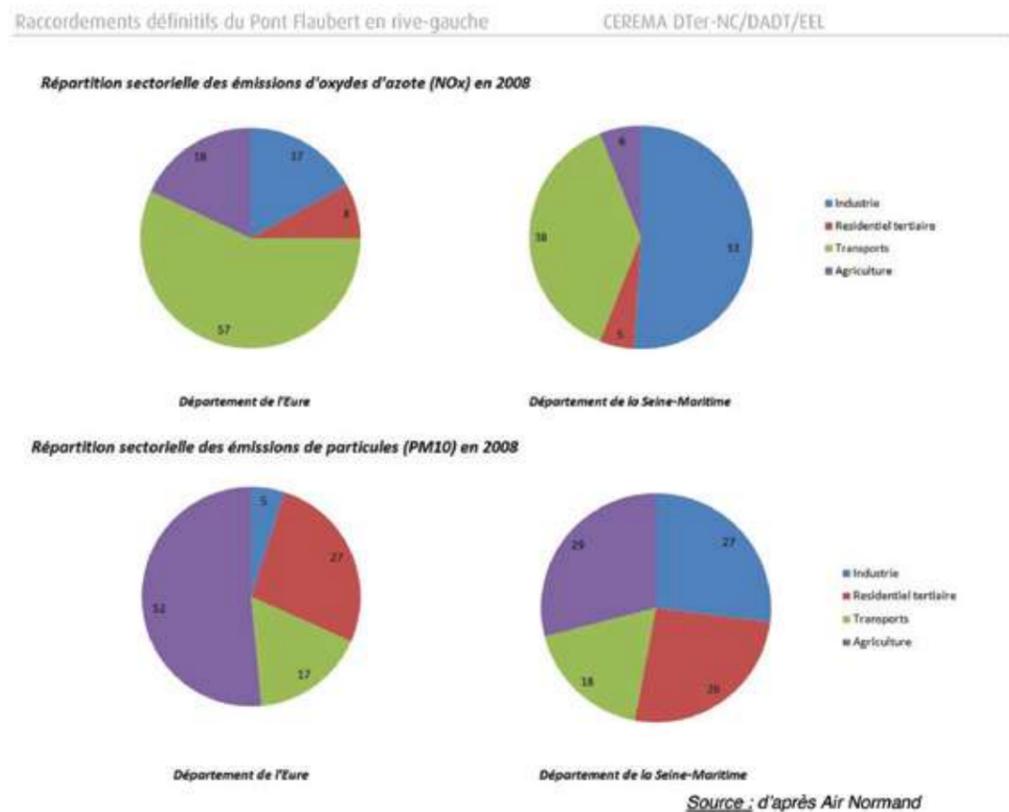


Figure 10: Répartitions sectorielles des émissions de NOx et de PM10 par département (Eure et Seine-Maritime)

Pour un bilan plus complet sur la qualité de l'air en Haute-Normandie et les enjeux, il peut être intéressant de se reporter aux documents suivants :

- les bilans annuels de l'association de surveillance Air Normand disponibles sur le site internet de Air Normand (Air Normand, 2015 ; Air Normand, 2014; Air Normand, 2013)
- les différents documents de planification en lien avec la qualité de l'air présentés au chapitre précédent (SRCAE, PPA, PDU, PRSE);
- Observatoire Climat Énergie de Haute-Normandie (OCE), <http://www.climats-energies.hautenormandie.fr/>

3.1.1.6 La qualité de l'air sur l'agglomération rouennaise

Le présent chapitre reprend les points principaux du bilan de la qualité de l'air réalisé par Air Normand sur l'agglomération de Rouen (Air Normand, 2014). Les valeurs relevées pour l'année 2013 y sont reprises pour les principales stations et les éventuels dépassements de valeurs réglementaires sont précisés.

La carte suivante précise la position des stations fixes Air Normand sur l'agglomération rouennaise.

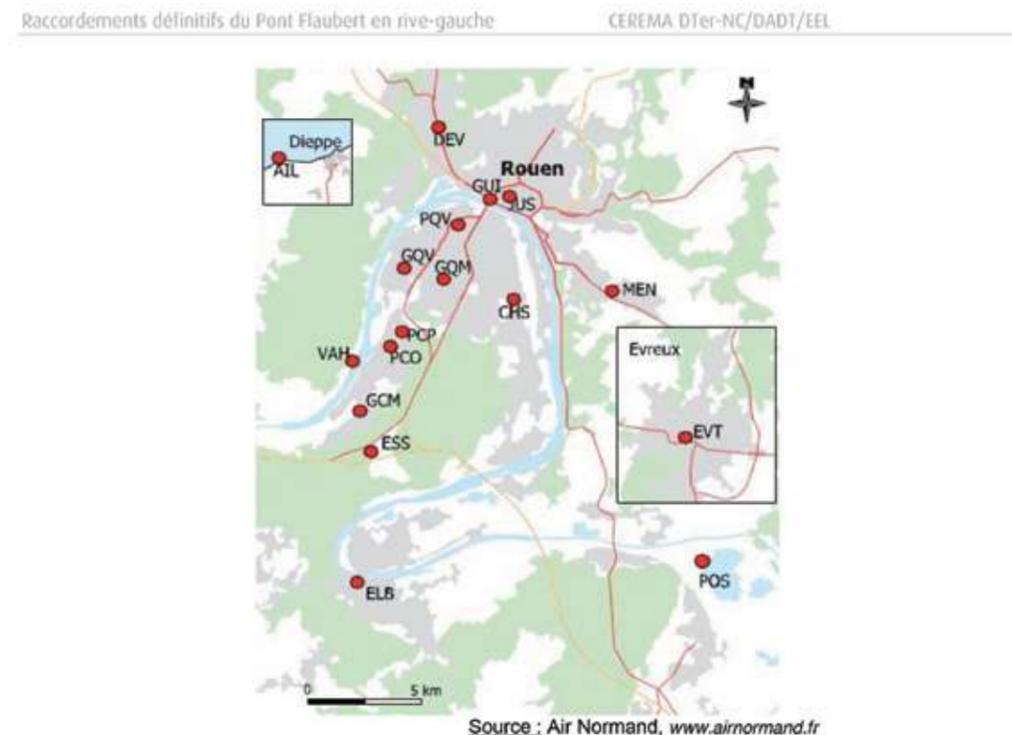


Figure 11: Carte des stations permanentes Air Normand sur l'agglomération rouennaise

Le nom, la localisation, la typologie ainsi que les polluants mesurés sur chaque station sont reportés en annexe.

Remarque : il s'agit de la carte des stations Air Normand de 2011 (document téléchargeable sur le site internet www.airnormand.fr). Le réseau des stations a depuis été légèrement modifié mais la mise à jour de la carte n'est pas encore disponible.

L'indice Atmo

L'indice Atmo caractérise la qualité de l'air globale des agglomérations françaises de plus de 100000 habitants à partir de la mesure de quatre polluants :

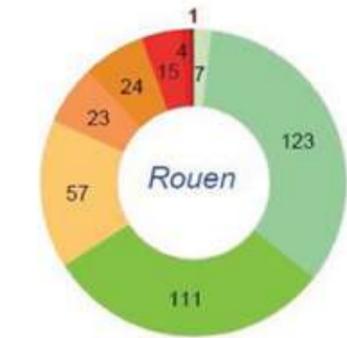
- le dioxyde d'azote NO2 (lié aux transports, aux activités de chauffage et de combustion) ;
- le dioxyde de soufre SO2 (d'origine industrielle) ;
- les poussières PM10 (origine industrielle, lié aux transports et au chauffage) ;
- l'ozone O3 (polluant secondaire formé à partir de polluants primaires issus principalement du transport et de l'utilisation de solvants et des hydrocarbures).

La mesure de ces quatre polluants sur les stations de fond permet la construction de quatre sous indices. Le sous-indice maximal est choisi comme indice Atmo global.

A noter que l'indice Atmo ne fait l'objet d'aucune prescription réglementaire quant à sa valeur, il sert juste d'indicateur global de la qualité de l'air commun pour les agglomérations.

Sur l'année 2013, l'indice Atmo relevé sur l'agglomération de Rouen se répartit comme suit :

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche CEREMA DTer-NC/DADT/EEL



Echelle indice ATMO
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Très bon Très mauvais

Figure 12: Indice Atmo sur l'agglomération de Rouen en 2013 (nombre de jours)

En 2013, comme chaque année, les indices présentant une qualité de l'air bonne à moyenne sont majoritaires. Les plus mauvais indices sont principalement causés par les particules et ont été rencontrés au cours du premier trimestre.

Les jours avec un air médiocre à mauvais, c'est-à-dire présentant un indice Atmo supérieur ou égal à 6, sont au nombre de 67 soit légèrement supérieurs à ceux relevés au Havre (66) et à Evreux (64).

Le dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote NO2 est un polluant réglementé dont les concentrations sont influencées par le trafic automobile et l'industrie principalement. Les stations les plus exposées sont celles classées dans la typologie trafic. Le réseau de surveillance d'Air Normand dispose de plusieurs stations de ce type sur l'agglomération de Rouen (station fixe et station en cours de test) sur lesquelles des dépassements de seuil sont observés.

Néanmoins, la tendance observée depuis quelques années par Air Normand est à la diminution des concentrations en NO2 aussi bien pour les sites « de fond » que pour les sites de proximité du trafic routier.

Le graphe ci dessous illustre cette décroissance des concentrations mesurées par Air Normand sur un site de fond et un site de proximité trafic à Rouen.

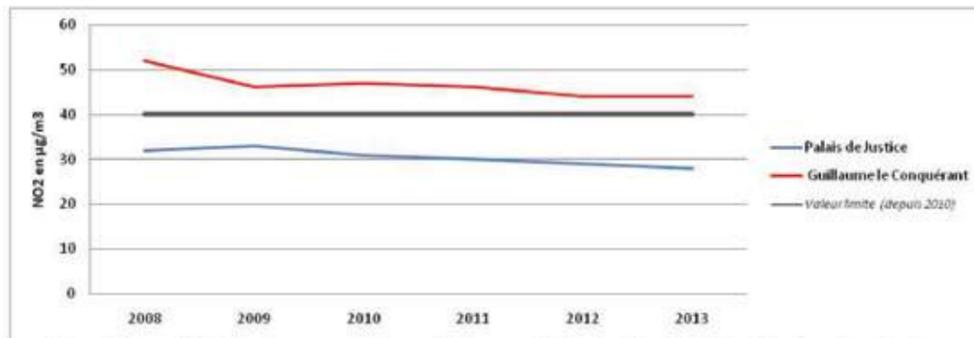
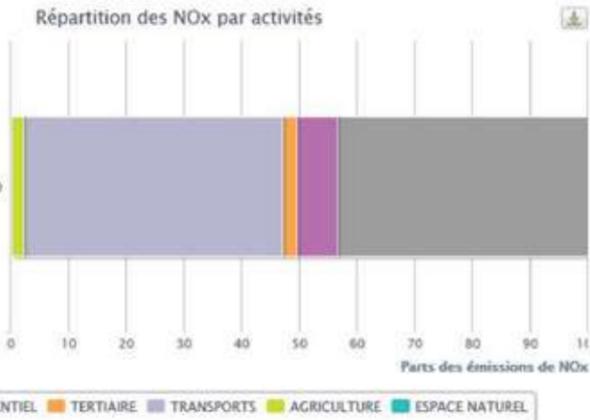


Figure 13: Évolution des concentrations en NO2 sur un site de fond urbain, Palais de Justice, et un site de proximité trafic, Guillaume le Conquérant (Air Normand, 2015)

Le NO2 appartient à la famille des oxydes d'azote NOx. Le secteur des transports, et tout particulièrement le transport routier, constitue une source d'émission importante pour ce polluant. Sur le territoire de la CREA, le transport est responsable de 45% environ des émissions de NOx, à part égale avec l'industrie.

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche CEREMA DTer-NC/DADT/EEL



Source : Inventaire OCEHN 2008 - version 2012, Air Normand

Figure 14: Répartition des émissions NOx par secteur d'activité sur le périmètre de la CREA

La moyenne annuelle relevée en 2013 sur les stations de fond de l'agglomération (Rouen, Petit-Quevilly, Sotteville-lès-Rouen) respecte la valeur limite fixée à 40 µg/m³. Par contre sur la station de proximité trafic Guillaume le Conquérant (en bas du boulevard des Belges) et la station en test (amenée à être pérennisée) du Quai de la Bourse, ce seuil est dépassé avec des valeurs moyennes annuelles respectivement de 44 et 59 µg/m³.

Les valeurs mesurées par Air Normand sur les principales stations de l'agglomération sont reprises dans le tableau qui suit (valeurs 2013 et 2012 à titre indicatif).

Station (type de station)	Moyenne annuelle 2013	Maximum horaire 2013	Moyenne annuelle 2012	Maximum horaire 2012
Rouen centre (U)	28 µg/m³	110 µg/m³	29 µg/m³	115 µg/m³
Petit Quevilly (U)	28 µg/m³	134 µg/m³	27 µg/m³	143 µg/m³
Sotteville lès Rouen (U)	20 µg/m³	113 µg/m³	20 µg/m³	97 µg/m³
Rouen Quai de la Bourse (T)	59 µg/m³	252 µg/m³	58 µg/m³	236 µg/m³
Rouen Guillaume le Conquérant (T)	44 µg/m³	143 µg/m³	44 µg/m³	154 µg/m³

Tableau 5: Mesures NO2 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise

Ces valeurs sont à comparer aux valeurs limites pour 2013 (200 µg/m³ en valeur horaire à ne pas dépasser plus de 18h par an et 40 µg/m³ en moyenne annuelle) ou à l'objectif de qualité (40 µg/m³ en moyenne annuelle).

Enfin, il est intéressant de citer l'étude sur le suivi de la pollution de proximité du trafic automobile menée par Air Normand et la CREA en 2012 dans le cadre du PDU (Air Normand, 2013-2). Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un suivi que réalise Air Normand depuis 2002 (2002, 2005, 2009 et 2012) en utilisant la métrologie de type tubes à diffusion passives qui sont installés toujours au même emplacement durant 6 périodes de deux semaines le long d'une année. La dernière étude conclut que, même si la tendance observée s'inscrit dans le sens d'une diminution des concentrations, 55 % des 51 sites de mesures de proximité trafic enregistrent un dépassement de la valeur limite. Les 6 sites présentant une typologie « de fond » respectent quant à eux la valeur limite.

Les particules (PM10)

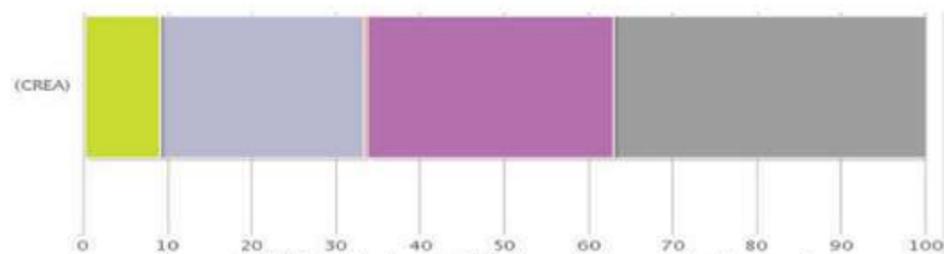
Les PM10 correspondent aux particules de diamètre inférieur ou égal à 10µm. Une partie des émissions de PM10 est imputable au trafic routier en particulier à la motorisation diesel mais de manière moins prépondérante que pour les oxydes d'azote.

Le durcissement des normes d'émission conduit les constructeurs automobiles à la mise en place de filtres à particules qui permettent de fortement diminuer les émissions. La généralisation de ce type d'équipement dans le parc roulant devrait conduire à terme à une nette baisse des émissions. On notera cependant, qu'une partie non

négligeable des émissions est liée à l'usure mécanique de pièces du véhicule (plaquettes de freins, usure des pneus, des pièces du moteur, contact pneu-chaussées etc) et à la remise en suspension des particules déposées au passage des véhicules. De ce fait, les émissions de particules liées au transport restent un sujet de préoccupation.

On notera aussi qu'une partie significative des particules rencontrées dans nos régions proviennent d'apports extérieurs principalement de régions et de pays situés à l'est et au nord-est.

Comme l'illustre le graphe ci-dessous, le trafic routier contribue aux émissions de PM10 à hauteur de 22 % sur le territoire de l'agglomération rouennaise soit sensiblement moins que l'industrie (37 %) et le secteur résidentiel (29 %).



Source : site OCE de Haute-Normandie <http://www.climats-energies.hautenormandie.fr>

Figure 15: Répartition des émissions PM10 par secteur d'activité sur le périmètre de la CREA

Sur l'agglomération rouennaise, comme sur l'ensemble de la région, la valeur limite pour les PM₁₀, à savoir un non dépassement du seuil de 50 µg/m³ plus de 35 jours sur une année ou 40 µg/m³ en moyenne annuelle, est respectée sur l'ensemble des stations fixes d'Air Normand. Cependant, comme pour le NO₂, la station de proximité trafic en cours de test installée Quai de la Bourse montre des valeurs qui dépassent la valeur limite pour l'année 2013.

On rappelle aussi que durant l'année 2013, la pollution aux particules PM10 a fait l'objet de déclenchements de procédure par le Préfet : les seuils d'information et d'alerte des populations, fixés par arrêté préfectoral du 16 janvier 2012 et les procédures correspondantes ont été déclenchées à l'échelle de la région Haute-Normandie (30 procédures dont 2 d'alerte).

Il convient aussi de rappeler que la hausse spectaculaire des nombres de déclenchement des procédures régionales ces dernières années s'explique principalement par l'abaissement des seuils applicables avec par le nouvel arrêté de 2012 par rapport à celui qui était en vigueur depuis 2008.

	arrêté de 2008	arrêté du 16 janvier 2012
Seuil d'information et de recommandation aux personnes sensibles	80 µg/m ³ en moyenne journalière	50 µg/m ³ en moyenne journalière
seuil d'alerte à la population	125 µg/m ³ en moyenne journalière	80 µg/m ³ en moyenne journalière

Tableau 6: Seuils de déclenchement de la procédure d'alerte PM10

Résultats de mesures des particules PM₁₀ sur les stations de l'agglomération rouennaise (valeurs 2013 et 2012 à titre indicatif).

Station (type de station)	Moyenne annuelle 2013 en PM10	Nbre de jours > 50µg/m ³ en 2013	Moyenne annuelle 2012 en PM10	Nbre de jours > 50µg/m ³ en 2012
Rouen Centre (U)	22	9	26	31
Petit Quevilly (U)	26	21	26	25
Rouen Guillaume le Conquérant (T)	24	13	28	31
Poses (R)	20	10	22	20
Rouen Quai de la Bourse (T)*	34	48	33	48

* : les valeurs sont données à titre indicatif, la station étant en cours de validation par Air Normand

Tableau 7: Mesures PM10 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise

L'objectif de qualité pour les PM₁₀ est fixé à 30 µg/m³ en moyenne annuelle.

L'ozone

L'ozone est un polluant secondaire, produit de réactions chimiques complexes entre polluants primaires (dont une partie est issue du transport routier). Il se disperse sur des espaces plus étendus que les autres polluants et se retrouve en général plus concentré en périphérie des villes qu'en leur centre. La production d'ozone est amplifiée par le rayonnement solaire, et les épisodes de pollution se produisent généralement en période estivale.

Du fait d'un été plutôt moins ensoleillé et davantage pluvieux que la normale, les concentrations en ozone sont restées relativement limitées sur la région en 2012. Les valeurs mesurées sont proches de celles de 2011, année pour laquelle les conditions météorologiques estivales n'avaient pas non plus été propices à la constitution d'ozone.

Le seuil d'information aux personnes sensibles (180 µg/m³ en moyenne horaire) n'a pas été dépassé durant l'été 2013 (il l'avait été par deux fois en 2012). Le seuil d'alerte (240 µg/m³ en moyenne horaire) n'a pas été atteint.

Air Normand, dans son bilan 2013, souligne le fait qu'à ensoleillement équivalent, le seuil d'information a été plusieurs fois dépassé dans les précédentes années. Etant donnée la complexité du processus de création de l'ozone, l'explication n'est pas immédiate, cependant, l'hypothèse de la diminution des émissions des polluants précurseurs de l'ozone peut être avancée. Il est aussi mentionné que, même si le nombre d'épisodes de pollution à l'ozone tend à baisser, la concentration moyenne est orientée à la hausse.

La plateforme inter-régionale Esmeralda propose des cartographies des prévisions de concentration de plusieurs polluants dont l'ozone (site Esmeralda).

Pour l'ozone, la valeur cible pour la protection de la santé humaine se définit ainsi : 120 µg/m³ en moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours en moyenne sur 3 ans.

Station (type de station)	Moyenne annuelle 2013 en O3 (µg/m ³)	Moyenne annuelle 2012 en O3 (µg/m ³)	Nbre de jours en moyenne sur 3 ans où >120µg/m ³ de O3 sur 8h
Rouen centre (U)	42	41	9
Sotteville les Rouen (U)	46	47	13
Plateaux Est de Rouen (PU)	56	54	14
Poses (R)	52	48	14

Tableau 8: Mesures O3 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise

Le dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre est un polluant principalement lié à l'activité industrielle (industrie, production et transformation d'énergie). La part liée au transport est devenue très faible du fait de l'abaissement progressif de la teneur en soufre des carburants.

Les valeurs limites réglementaires ont été largement respectées sur l'agglomération rouennaise et aucun épisode de pollution au SO₂ n'a été déclenché.

Il s'agit d'une tendance générale à la baisse à l'échelle régionale depuis plusieurs années mais qui a été amplifiée sur l'agglomération rouennaise avec l'arrêt d'activité de la raffinerie Petroplus. Air Normand a d'ailleurs allégé son réseau de surveillance pour le SO₂ sur cette zone.

Station (type de station)	Moyenne annuelle 2013 en SO2 (µg/m ³)	Nbre de jours > 125µg/m ³ en 2013	Moyenne annuelle 2012 en SO2 (µg/m ³)	Nbre de jours > 50µg/m ³ en 2012
Rouen Centre (U)	2	0	3	0
Petit Quevilly (U)	2	0	4	0
Grand Quevilly Mairie (U)	2	0	5	0
Sotteville les Rouen (U)	2	0	3	0
Petit Couronne Château (I)*	1	0	10	0

Tableau 9: Mesures SO2 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise

Ces valeurs sont à comparer aux valeurs limites (125 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an) ou à l'objectif de qualité (50 µg/m³ en moyenne annuelle).

Le benzène

Le benzène est principalement dû aux activités industrielles et au transport. La partie liée aux émissions du trafic routier est en constante diminution du fait des progrès sur les véhicules d'une part et sur la composition des carburants d'autre part.

La valeur limite (5 µg/m³ en moyenne annuelle) est partout respectée mais l'objectif de qualité (2µg/m³ en moyenne annuelle) connaît encore des dépassements en proximité industrielle.

Station (type de station)	Moyenne annuelle 2013 en C6H6 (µg/m3)	Moyenne annuelle 2012 en C6H6 (µg/m3)
Rouen centre (U)	1.3	1.4
Rouen Quai di Havre (T)	1.8	2.0
Petit Couronne Piscine (I)	1.5	2.1
Petit Couronne Impasse Berthet (I)	2.2	2.5
Petit Couronne rue Dr Laennec (I)	2.3	4

Tableau 10: Mesures C6H6 sur les principales stations de mesure Air Normand de l'agglomération rouennaise

Ces valeurs sont à comparer à la valeur limite de 5µg/m3 en moyenne annuelle et à l'objectif de qualité de 2 µg/m³.

Le benzo(a)pyrène

Le benzo(a)pyrène appartient à la famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui fait l'objet d'un suivi à cause de ses effets cancérigènes reconnu.

Sur la région, ce polluant connaît ses plus fortes concentrations en zone rurale du fait d'une utilisation plus importante de chauffage au bois.

Sur l'agglomération, une mesure est réalisée sur la station Rouen Centre en analysant la partie de ce composé présente dans les PM10. La concentration de 0.28 ng/m³ mesurée en 2013 respecte la valeur cible fixée à 1 ng/m³ en moyenne annuelle.

Les métaux

Plusieurs métaux toxiques ont leur concentration dans l'air réglementée : le plomb Pb, le cadmium Cd, le Nickel Ni, l'arsenic As.

Ces polluants font l'objet d'un suivi sur la station Rouen Centre par analyse de la fraction contenue dans les PM10. Les concentrations mesurées durant l'année 2013 respectent les valeurs fixées par la réglementation à savoir la valeur limite et l'objectif de qualité pour le plomb et la valeur cible pour l'arsenic, le cadmium et le nickel.

Station Rouen Centre	Plomb (ng/m3)	Arsenic (ng/m3)	Nickel (ng/m3)	Cadmium (ng/m3)
Moyenne 2013	5.1	0.3	1.7	0.2
Moyenne 2012	7.1	0.4	2.1	0.2

Tableau 11: Mesures métaux lourds sur la station de mesure Air Normand de Rouen Centre

Ces valeurs sont à comparer aux repères réglementaires suivants :

Plomb :

Valeur limite : 500 ng/m3 en moyenne annuelle
 Objectif de qualité : 250 ng/m3 en moyenne annuelle

Valeurs cibles (pour les autres polluants) :

- Arsenic : 6ng/m3 en moyenne annuelle
- Nickel : 20 ng/m3 en moyenne annuelle
- Cadmium : 5ng/m3 en moyenne annuelle

3.2 État initial de la qualité de l'air sur la zone d'étude

3.2.1 Les stations fixes du réseau Air Normand

Deux stations fixes du réseau Air Normand sont situées en bordure (à l'extérieur, juste en limite) de la zone d'étude retenue pour l'étude air du projet de raccordements définitifs du Pont Flaubert. Il s'agit des stations de Petit-Quevilly et Guillaume le Conquérant.

Les caractéristiques des ces deux stations sont récapitulées ci-dessous :

Station	Petit-Quevilly - Piscine	Rouen - Guillaume le Conquérant
Localisation	Allée Gauguin – Le Petit Quevilly	Square Guillaume le Conquérant, Bd des Belges à Rouen
Typologie	urbaine	Proximité trafic
Position par rapport à l'aire d'étude	< 200m sud-ouest de la limite de la zone d'étude	limite nord-est de la zone d'étude
Polluants mesurés en continu	NO2 / SO2 / NO / PM10 / PM2.5	CO / NO / NO2 / PM10 / PM2.5

Tableau 12: Description des stations Air Normand à proximité de l'aire d'étude

Ces deux stations fixes peuvent être jugées représentatives de la qualité de l'air sur la zone d'étude du projet du fait de leur proximité d'une part mais aussi du contexte qu'elles décrivent à savoir :

- pour la station urbaine de Petit-Quevilly : un milieu urbain plutôt dense avec une occupation mixte d'habitat et d'activité ainsi que la proximité d'axes routiers importants (Sud III à moins de 150 m)
- pour la station de proximité trafic : proximité directe d'un nœud routier important

Ces deux stations seront donc utilisées comme stations de référence, chacune pour leur contexte respectif, pour les polluants mesurés dans cette étude.

En particulier, la station urbaine de Petit-Quevilly sera utilisée pour la fourniture des données de pollution de fond en entrée du logiciel de modélisation qui sera utilisé pour l'évaluation de l'impact du projet.

La plupart des mesures disponibles sur ces deux stations le sont avec un pas de temps horaire, ce qui permet le cas échéant de réaliser des analyses fines notamment dans le cadre de la modélisation.

Le tableau ci-dessous récapitule les valeurs mesurées sur les deux stations pour l'année 2013 en valeur moyenne (Air Normand, 2014)

Polluant	Type de mesure	Petit-Quevilly (U)	Guillaume le Conquérant (T)
NO2	Moyenne annuelle 2013	29 µg/m3	44 µg/m3
SO2	Moyenne annuelle 2013	2 µg/m3	
PM10	Moyenne annuelle 2013	26 µg/m3	24 µg/m3
Benzène	Moyenne annuelle 2013	1.1 µg/m3	
PM2.5	Moyenne annuelle 2013	18 µg/m3	17 µg/m3

Tableau 13: Concentrations (moyennes) des polluants suivis par Air Normand à proximité de l'aire d'étude

Concernant le dioxyde d'azote NO2, l'impact du trafic sur les concentrations est significatif pour la station Guillaume le Conquérant. La station du Petit-Quevilly, même si elle est située en milieu urbain dense et à proximité de la voie rapide Sud III en subit une influence déjà atténuée du fait de la distance principalement (>100m).

Pour les particules (PM10 et PM2.5), les concentrations mesurées sont plus élevées sur la station de Petit-Quevilly que sur la station de proximité trafic du Bd des Belges. L'explication de cet écart n'est a priori pas immédiat du fait de la complexité du phénomène de la pollution particulaire (diversité des sources, variabilité en fonction de la météorologie et des saisons, réactions chimiques entre composés etc), mais ce résultat met tout de même en évidence une influence directe moindre du trafic routier pour la pollution particulaire que pour le NO2.

3.2.2 La surveillance de la pollution de proximité trafic par Air Normand

Comme cela a déjà été précisé dans la partie dédiée au dioxyde d'azote dans le chapitre 3.1.2.2 La qualité de l'air sur l'agglomération rouennaise, Air Normand réalise un suivi de la pollution de proximité trafic à l'échelle de l'agglomération depuis le début des années 2000. La dernière campagne de ce type a eu lieu le long de l'année 2012.

Les conclusions générales de ce travail ont déjà été abordées en 3.1.2.2 et sont consultables dans leur ensemble dans le rapport d'étude réalisé par Air Normand (Air Normand, 2013-2).

Certains sites de mesures inclus dans ce suivi sont situés à proximité de l'aire d'étude. Seuls les résultats des mesures réalisées sur ces stations sont repris de manière synthétique dans ce chapitre afin de compléter les informations collectées pour l'état initial de la qualité de l'air sur la zone d'étude retenue.

Parmi la cinquantaine de sites de mesures figurant dans le suivi réalisé par Air Normand, 8 sites présentent un intérêt pour cette étude, soit parce qu'ils sont situés à l'intérieur de la zone d'étude soit parce qu'ils sont situés à proximité dans un contexte similaire. Il s'agit tous de site de proximité automobile.



Figure 16: Localisation des 8 points extraits du suivi de la pollution de proximité trafic réalisé par Air Normand en 2012 sur le territoire de la CREA

Pour chaque site le tableau suivant récapitule : la concentration moyenne en NO2 mesurée sur les 6 campagnes menées en 2012, la situation par rapport à la valeur limite de 40µg/m3 ainsi que l'évolution constatée sur ce site entre 2012 et 2009 (date du précédent suivi) et depuis 2002 (année du premier suivi).

n° site	Nom / localisation du site	Concentration NO2 moyenne 2012 (µg/m3)	Respect valeur limite 40 µg/m3	Evolution** 2009-2012	Evolution 2002-2012
26	Petit-Quevilly _ voie Sud III _ Jardiland	69	N	*	*
27	Rouen _ Avenue de Caen	42	N	■	■
47	Rouen _ rue Poincaré	51	N	■	*
14	Rouen _ Bd Belges _ devant station Air Normand Guillaume le Conquérant	52	N	■	■
12	Rouen _ Bd Ferdinand de Lesseps	46	N	■	■
55	Rouen _ Quai bas RG	46	N	*	*
45	Rouen _ Quai du Havre	65	N	■	■
62	Petit-Quevilly _ voie Sud III _ Courtépaille	41	N	*	*

* évolution non calculée (nouveau site campagne 2012 ou site non suivi depuis 2002)

** légende ■ = baisse de 0 à 5 µg/m3 / ■ = baisse de 5 à 10µg/m3 / ■ = baisse sup à 10µg/m3 / ■ = augmentation de 0 à 5 µg/m3

Tableau 14: Mesures réalisées par Air Normand en 2012 dans le cadre de son suivi de la pollution de proximité trafic

On remarque que l'ensemble des points de mesures présentés ici montrent un dépassement de la valeur limite de 40 µg/m3. On rappelle que dans le contexte du suivi global réalisé par Air Normand, sur les 51 sites de mesures, « seuls » 55% dépassaient cette valeur : l'aire d'étude du projet se situe donc bien dans une zone affectée par une pollution d'origine routière du fait notamment de la présence d'axes supportant un trafic important et d'un contexte d'urbanisation dense.

On notera ici, comme l'avait conclu Air Normand pour son étude, une tendance nette à la diminution des concentrations en NO2 en proximité trafic.

3.2.3 Le cas des métaux (retombées et concentrations dans l'air) - Suivi Air Normand

Des campagnes de mesures des retombées de métaux sont réalisées périodiquement par Air Normand sur l'agglomération rouennaise sur les zones situées à proximité des incinérateurs (Vesta, Emeraude et Triadis). Ces campagnes s'inscrivent dans le cadre d'un protocole de suivi de l'ensemble des sites de ce type à l'échelle régionale prévu dans le Plan de Surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA).

Les principaux résultats de la campagne de mesures réalisée en 2013 sont repris ici en ciblant les résultats sur certains métaux (ceux recommandés par note méthodologique) et uniquement pour les sites de mesures inclus dans la zone d'étude.

Les résultats complets de l'étude sont disponibles dans le rapport 1202-011-IA : « Mesure des retombées atmosphériques de métaux et de dioxines furanes dans l'agglomération de Rouen autour des incinérateurs Vesta, Emeraude et Triadis (Air Normand, 2013) ».

Le dispositif de mesures mis en place inclut :

- des mesures de métaux et dioxines furanes par des jauges ;
- des prélèvements sur des bio-indicateurs (lichens) ;
- des relevés dans l'air pour un des sites de mesures.

Les sites présents dans la zone d'étude ou très proches sont au nombre de 5 :

- jauge 2 : Quai de France
- jauge 8 : Stade Jean Mermoz
- jauge 9 : Quai Béthencourt
- jauge 3 : Hôpital de Petit-Quevilly (à l'extérieur de la zone, limite sud)
- jauge 7/12 : Ateliers municipaux de Petit-Quevilly rue Jacquard (à l'extérieur de la zone, limite ouest)

Parmi les métaux ciblés par Air Normand, les métaux suivant figurent dans la note méthodologique de Février 2005 : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, nickel et plomb.

A noter aussi qu'un site de mesure a été implanté plus loin en bordure directe de l'autoroute A13 sur la zone commerciale de Tourville afin de caractériser les retombées liées au trafic routier (jauge 11). Les résultats collectés sur ce site sont intéressants dans le contexte de la présente étude.

Les principales conclusions tirées par Air Normand sur cette étude sont les suivantes :

- pour les retombées atmosphériques, les mesures ont montré la présence de métaux à des niveaux modérés si on les compare aux valeurs de référence existantes (normes en vigueur dans des pays voisins à défaut d'une réglementation française) ;
- certains sites présentent des valeurs plus élevées et parfois mal expliquées. C'est le cas notamment du site des Ateliers Municipaux de Petit-Quevilly (site 7/12) où les valeurs maximales pour le cuivre et le nickel ont été mesurées
- les retombées sont moins importantes en bordure de l'aire d'étude ce qui témoigne de l'influence des incinérateurs sur les retombées de métaux lourds. Cependant, l'influence directe d'un incinérateur ou d'une autre source potentielle (installation industrielle, trafic routier, activités liées au résidentiel/tertiaire) ne peut pas être isolée ;
- les mesures de métaux faites dans l'air ambiant sur le site des Ateliers Municipaux de Petit-Quevilly montrent des niveaux de concentration qui respectent largement les valeurs limites et cibles pour les polluants concernés (As, Cd, Ni, Pb). A noter sur ce site des concentrations en cuivre (polluant « non réglementé ») plutôt supérieures aux mesures du même type réalisées sur la région (Gonfreville-l'Orcher) ;
- les mesures de retombées de métaux réalisées en proximité trafic (site 11 en bordure de l'A13) ont montré des dépôts significatifs de certains métaux notamment de Zn, Cd, Cu, Cr et de manière moins prononcée As et Pb. Cette tendance est confirmée et permet de mieux interpréter les mesures réalisées sur l'aire d'étude sur des sites situés à proximité d'axes routiers importants (sites 2 et 9 sur les Quais de France et Béthencourt). Ces résultats ont aussi été confrontés aux inventaires par secteurs produits par le CITEPA ;

Les points importants à retenir de ce travail de suivi réalisé par Air Normand pour l'étude air du projet de raccordements définitifs du Pont Flaubert sont sans doute que :

- la zone d'étude s'inscrit dans un contexte où coexistent de nombreuses et diverses sources polluantes notamment pour les métaux lourds traités ici ;
- que le trafic routier est impliqué dans les retombées atmosphériques de métaux. Cette question des retombées atmosphériques sera à traiter dans le volet santé.

3.2.4 Les campagnes de mesures spécifiques

Afin de compléter les données déjà disponibles auprès du réseau Air Normand, le CEREMA Dter NC a réalisé une campagne de mesures tout au long de l'année 2013 sur l'aire d'étude du projet de raccordements définitifs du Pont Flaubert par la méthodologie des tubes passifs.

Cette campagne, a ciblé d'une part un polluant traceur de la pollution automobile, le NO₂, et d'autre part, un certain nombre de polluants figurant dans la note méthodologique de 2005, mesurables par la métrologie des tubes à diffusion passive et pour lesquels peu de données sont disponibles à l'échelle de la zone d'étude : le benzène et plusieurs composés de la famille des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine).

La campagne de mesures réalisée par le CEREMA visait donc les objectifs suivants :

- évaluer la pollution d'origine routière le long d'axes existants qui seront impactés par la mise en place du projet ;
- compléter la connaissance actuelle de la qualité de l'air sur l'aire d'étude notamment pour les polluants pour lesquels peu de données sont disponibles ;
- comparer les mesures aux normes de qualité de l'air, notamment à proximité des habitations les plus proches des axes, afin de qualifier le niveau de pollution de l'aire d'étude ;
- établir un niveau de référence en vue du bilan environnemental après mise en service de l'infrastructure.

Les polluants mesurés, sont tous émis par le trafic routier (dans des proportions variables) et sont mesurables de manière simple par la métrologie de la diffusion passive ce qui permet de multiplier les points de prélèvement (en comparaison avec des techniques de métrologies plus précises mais aussi plus onéreuses et plus lourdes à mettre en œuvre). Le NO₂ est, parmi ces polluants, le plus représentatif d'une pollution d'origine routière.

Quatre campagnes ont été menées en respectant le même protocole :

- une campagne hivernale :
 - du 8 février au 15 février 2013 pour les aldéhydes,
 - du 11 février au 5 mars 2013 pour NO₂ et benzène,
- une campagne printanière :
 - du 13 mai au 21 mai 2013 pour les aldéhydes,
 - du 13 mai au 28 mai 2013 pour NO₂ et benzène,
- une campagne estivale : du 29 juillet au 21 août 2013
 - du 16 juillet au 24 juillet 2013 pour les aldéhydes,
 - du 16 juillet au 30 juillet 2013 pour NO₂ et benzène,
- une campagne automnale :
 - du 5 novembre au 14 novembre 2013 pour les aldéhydes,
 - du 5 novembre au 27 novembre 2013 pour NO₂ et benzène.

Remarque importante :

Les concentrations en polluants connaissent des fluctuations saisonnières importantes (effet de la météo, variabilité des émissions...). Pour obtenir des résultats comparables à une situation moyenne annuelle, il est recommandé (articles R.221-1 à R.223-4 du Code de l'Environnement) de mener plusieurs campagnes à différentes saisons. Les quatre campagnes de mesures ont duré au minimum 2 semaines pour NO₂ et BTX et 1 semaine pour les aldéhydes sur des périodes bien différenciées.

La différence de durée d'exposition est imposée par les caractéristiques techniques du matériel utilisé. La durée d'exposition pour les tubes à diffusion passive de mesure des aldéhydes est limitée à 8-10 jours.

Les valeurs mesurées doivent donner une bonne indication sur les niveaux de pollution que l'on peut atteindre sur la zone.

Il sera ainsi possible de comparer les résultats à des valeurs limites ou des objectifs de qualité annuels.

3.1.1.7 La méthodologie de la campagne de mesures

Pour le dioxyde d'azote (NO₂)

Le NO₂ a été retenu comme indicateur car il est particulièrement représentatif d'une pollution de l'air d'origine automobile et constitue l'un des polluants automobiles les plus aisément mesurables in situ. De plus, il s'agit d'un polluant ayant un impact reconnu sur la santé et dont les concentrations dans l'air sont réglementées. Comme

cela a été évoqué dans les parties précédentes, il s'agit d'un polluant à enjeu, notamment en proximité du trafic routier.

Les mesures ont été réalisées avec des tubes à diffusion passive de marque PASSAM ag. Ces tubes permettent la détermination d'une concentration moyenne du NO₂ sur la durée de l'exposition (ici deux à quatre semaines), sans donner d'indication sur la variation des concentrations en NO₂ durant cette période, à la différence des analyseurs. C'est une des limites de ce type de mesures.

Le principe de fonctionnement des tubes mesurant le NO₂ est le suivant. Le tube, en polypropylène, est fermé à l'une de ses extrémités par un bouchon avec une grille imbibée d'un réactif – triéthanolamine, absorbant efficace du NO₂ - et à l'autre extrémité par un second bouchon que l'on enlève au début de l'échantillonnage. Le gaz est alors transporté dans le tube par diffusion moléculaire jusqu'à l'absorbant, où il est retenu pour être mesuré après la fin de la période d'exposition. Pour un échantillonneur de diamètre et de longueur connus, la quantité de gaz transférée par unité de temps peut être obtenue à partir d'une forme intégrée de la loi de Fick. L'analyse du NO₂ retenu s'effectue en laboratoire par spectrophotométrie selon une variante de la méthode de Griess-Saltzman (norme ISO 6768, 1985). L'analyse est faite directement dans le laboratoire PASSAM situé en Suisse. Le laboratoire PASSAM fait l'objet d'une certification ISO (ISO/IEC 17025).

L'implantation des capteurs obéit aux critères suivants :

- répartition des sites sur l'ensemble de la zone d'étude ;
- hauteur des tubes de 2.5 à 3m ;
- placement des tubes dans leur boîtier de protection (qui permet d'atténuer nettement l'effet du vent) sur des poteaux ou candélabres.

Plusieurs types d'implantations ont été retenus :

- à proximité du trafic automobile. Pour ce type de mesure, deux types de localisation ont été adoptés :
 - une stratégie de transects (6 à 8 points répartis de part et d'autre de l'axe à des distances de 5m, 50m, 100m et 150m environ suivant les possibilités d'accrochage) afin de mettre en évidence la décroissance des concentrations avec l'éloignement de la voie ;
 - des points isolés placés en bordure de voies
- à proximité des habitations présentes dans la bande d'étude projet ou à proximité d'axes existants ;
- en site de « fond »

Deux points de mesure ont été installés sur le site des stations de mesure Air Normand situées en périphérie de la zone d'étude (Petit-Quevilly Piscine et Rouen Guillaume le Conquérant) afin de pouvoir comparer les résultats de NO₂ obtenus avec ceux mesurés par Air Normand.

Trente cinq tubes ont été répartis sur l'aire d'étude : 3 transects (de 5 à 7 tubes) et 17 points isolés. A noter qu'en plus, certains tubes (1/3 environ) ont été doublés afin d'évaluer les incertitudes de mesure.

L'illustration ci-dessous permet de donner une idée du dispositif de mesure.



Figure 17: Tube NO2 dans son boîtier de protection (CEREMA DTer NC)

Pour le benzène

Le benzène a également été retenu comme indicateur de la pollution atmosphérique, car il est en partie émis trafic routier (part en nette diminution) et reconnu dangereux pour la santé du fait de ses caractéristiques cancérigènes. De plus, des teneurs plus élevées que la moyenne ont été mesurées par Air Normand à proximité de l'aire d'étude, sur la zone industrielle de Petit-Couronne. Les concentrations en benzène dans l'air sont aussi réglementées. Le matériel utilisé pour la campagne de mesure est similaire à celui mis en œuvre pour la mesure du NO₂.

Les échantillonneurs passifs pour les substances organiques permettent de quantifier le benzène, mais également le toluène et le xylène. Ces trois polluants sont couramment nommés des BTX.

Le principe de la mesure des BTX est le même que pour le NO₂. Seul l'absorbant, qui est spécifique à chaque polluant, change. La quantité de BTX fixé par l'absorbant est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement. Après exposition, l'absorbant (tétrachloroéthylène) est extrait grâce à du sulfure de carbone et la concentration en BTX est déterminée par chromatographie gazeuse.



Figure 18: Tube BTX avec système d'accroche (CEREMA DTerNC)

Le tube BTX est accroché dans les mêmes boîtes que les tubes NO₂.



Figure 19: Dispositif de mesure avec un tube BTX et un tube NO2 (CEREMA DTerNC)

La mesure des BTX est plus onéreuse et les niveaux mesurés sont de moins en moins représentatifs d'une pollution d'origine routière, les normes sur les carburants ainsi que la réduction de la part de véhicules essence ayant entraîné une baisse des concentrations en benzène en milieu extérieur, ce qui le rend difficilement détectable par les tubes passifs. Le nombre de points de mesure est donc plus restreint que pour les mesures NO₂ : 10 points de mesure ont été positionnés sur l'aire d'étude.

L'objectif n'est donc pas le même que pour le dioxyde d'azote : il ne s'agit pas d'obtenir une caractérisation fine des concentrations dans la zone d'étude, mais plutôt un point de repère permettant de qualifier globalement la teneur en BTX de l'air dans la zone d'étude.

A noter également que les points benzène n'ont pas été doublés, les concentrations rencontrées dans ce type de milieu étant généralement très faibles.

A noter enfin que la méthode par tubes passifs qui était jusqu'alors utilisée aussi par Air Normand ne répond désormais plus aux exigences de la réglementation européenne. Elle devra à terme être remplacée par des préleveurs actifs (système de pompe).

Pour les aldéhydes

Certains aldéhydes sont émis par le trafic routier et de ce fait ont été inclus dans la liste des polluants à considérer pour les études de l'impact air-santé de type 1. Il s'agit du formaldéhyde, de l'acétaldéhyde et de l'acroléine. Peu de données sont disponibles quant aux concentrations de ces polluants dans l'air extérieur du fait qu'ils ne sont pas réglementés.

Ces polluants sont aussi mesurables par la méthodologie des tubes passifs. Les échantillonneurs utilisés ainsi que l'absorbant et la méthode d'analyse sont différents de ceux utilisés pour le NO₂ et le benzène mais le principe de la mesure est identique.

Les tubes utilisés sont de marque Radiello (tubes RAD165) montés sur une plaquette et placés dans unabri spécifique. Le principe de la mesure repose sur la formation d'hydrazones par réaction entre les composés carbonyles (dont les aldéhydes utilisés ici) et la 2,4-dinitrophenylhydrazine contenue dans le tube.

La fourniture des tubes et leur analyse ont été confiées à la société TERA Environnement basée à CROLLES en Isère.

Les prélèvements ont été réalisés par le CEREMA DTer NC (pose et dépose des capteurs en respectant les prescriptions d'usage). A la fin de la période d'exposition les tubes ont été rapidement expédiés à la société Tera pour analyse.

L'analyse des prélèvements est réalisée au laboratoire Tera par la méthode de la chromatographie liquide à haute performance (HPLC). Cette méthode est adaptée pour analyse des composés organiques volatils dans l'air: Aldéhydes, Cétones, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, pesticides.



Figure 20: Dispositif de mesure pour les aldéhydes avec matériel Radiello (CEREMA DTer NC)

Comme pour le benzène, les aldéhydes sont émis par le trafic routier mais ne sont pas de bons traceurs de cette pollution routière comme le dioxyde d'azote. L'objectif de la campagne de mesure menée pour cette famille de polluants est de fournir une information sur les concentrations rencontrées sur la zone d'étude dans plusieurs contextes : proximité directe d'axes routiers, proximité des zones habitées, bande d'étude du projet, niveau de fond sur la zone. Au total, 15 sites de mesures ont été répartis sur la zone d'étude et à ses limites.

La plupart des sites de mesures pour les aldéhydes ont été implantés au même endroit que les dispositifs NO2/BTX.



Figure 21: Implantation conjointe de mesures aldéhydes et NO2/BTX (prox station de mesure Air Normand PQV) (CEREMA DTer NC)

3.1.1.8 Les résultats

Les résultats bruts sont présentés ci-après par polluant.

Pour le dioxyde d'azote (NO₂)

Les mesures du dioxyde d'azote ont été réalisées suivant deux types d'implantation : les transects, les points isolés.

Trois transects ont été disposés sur l'aire d'étude :

- T1 : perpendiculairement à l'avenue Jean Rondeaux au niveau de la rue Forfait (5 tubes);
- T2 : perpendiculairement au Pont Flaubert au niveau des Quais de France (6 tubes) ;
- T3 : perpendiculairement à la voie Sud III à Petit-Quevilly au niveau de la rue du Président Kennedy (7 tubes).

Pour les transects (distribution de points sur une direction perpendiculaire à l'axe de la voie), seules les concentrations moyennes, maximales et minimales ont été reportées dans le tableau.

	Concentration moyenne	Concentration maximale	Concentration minimale
Transect T1			
Campagne Hiver	57.4	78.9	45.9
Campagne Printemps	53.2	73.7	32.6
Campagne Eté	56.7	86.3	32.4
Campagne Automne	67.3	90.8	47.5
Moyenne Transect T1	58.7		
Transect T2			
Campagne Hiver	53.7	56	51.9
Campagne Printemps	48.9	54.6	41.6
Campagne Eté	45.4	51.0	37.5
Campagne Automne	63.7	70.4	54.7
Moyenne Transect T2	52.7		
Transect T3			
Campagne Hiver	47.2	54	42.4
Campagne Printemps	34.8	48.7	27.1
Campagne Eté	35.8	45.8	27.1
Campagne Automne	48.0	56.2	41.4
Moyenne Transect T3	41.5		

Tableau 15: Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Transects NO₂

Pour les points isolés est indiquée la concentration moyenne en NO₂ en µg/m³ sur les quatre périodes de mesure, et le cas échéant, la moyenne si les mesures sont valides sur l'ensemble des campagnes. L'analyse de ces résultats est présentée dans le chapitre suivant.

N°	Localisation	Hiver	Printemps	Été	Automne	Moyenne
P1	Rouen _ RG _ Jean Rondeaux _ prison Bonne Nouvelle	62.4	64.6	61.3	73.5	65.5
P2	Rouen _ RG _ qual Béthencourt _ prox Le 106	52.1	35.4	37	51.9	44.1
P3	Rouen _ RG _ skate park	38.5	34.4	29.4	46.6	37.2
P4	Rouen _ RG _ rue Léon Malettra	51.1	51.5	xxxx	61.8	54.8*
P5	Rouen _ RD _ station Air Normand Pont Guillaume	59.7	71.2	62.7	71.9	66.4
P6	Rouen _ RD _ Docks 76	60.9	65.4	68.6	80.7	68.9
P7	Rouen _ RD _ Pont Flaubert bord voie sens RG vers RD	51.9	62.9	55.6	68.5	59.7
P8	Rouen _ RD _ route du Havre	52.4	59.5	48.3	66.2	56.6
P9	Rouen _ RG _ Pont Flaubert bord voie sens RD vers RG	80.1	63.4	79.7	78.9	75.5
P10	Rouen _ RG _ giratoire acces Pt Flaubert _ branche nord	xxxx	107.3	68.2	82	85.8*
P11	Rouen _ RG _ giratoire acces Pt Flaubert _ branche est	63.9	68.9	114.7	113.3	90.2
P12	Rouen _ RG _ rue de Madagascar	58.8	54	50.2	61.7	56.2
P13	Rouen _ RG _ rue de la Motte _ stade Mermoz	52.6	52	47.9	58.5	52.8
P14	Rouen _ RG _ rue Forfait _ fourrière municipale	43.3	35.7	34.6	48.5	40.5
P15	Petit-Quevilly _ Voie Sud 3 _ bretelle ZI	77.4	84.8	78.2	83	80.9
P16	Petit-Quevilly _rue Pasteur prolongée	52.3	47	44	56.5	50.0
P17	Petit-Quevilly _ station Air Normand piscine	39.3	29	26.5	45.9	35.2

toutes les concentrations sont données en microgrammes par m³

xxx : tube arraché ou inexploitable

* : valeur moyenne non représentative (tube dégradé sur une des campagnes de mesures)

xx valeur dépassant la valeur de 40 µg/m³

Tableau 16: Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Points isolés NO2

Analyse et interprétation des résultats

On notera en préalable à cette analyse que les écarts obtenus sur les tubes doublons sont plutôt limités (moyenne de l'écart de 3,0% sur l'ensemble des tubes doublés des quatre campagnes, soit un total de 55 tubes). Les tubes doublons sont deux tubes que l'on place dans la même boîte de protection et que l'on ouvre et ferme au même instant afin d'apprécier l'incertitude sur la mesure.

	Hiver	Printemps	Été	Automne	Global 4 campagnes
Nombre de tubes doublés	13	15	14	13	55
Ecart moyen	3.7%	2.1%	4.1%	2.2%	3.0%
Ecart médian	2.0%	2.2%	4.2%	1.9%	2.6%
Ecart minimum	0.2%	0.5%	0.4%	0.2%	0.2%
Ecart maximum	12.7%	5.0%	10.9%	7.0%	12.7%

Tableau 17: Bilan des écarts constatés sur les tubes NO2 doublés

A titre d'information, pour la métrologie NO2 par tube passif, la société PASSAM annonce une incertitude de l'ordre de 23%. Un travail mené par Air Normand sur plusieurs années conduit à une surestimation des concentrations données par les tubes NO2 PASSAM de l'ordre de 11% (Air Normand, 2002). A noter, que ces facteurs correctifs ne sont pas appliqués aux résultats présentés. Ce paramètre est important à prendre en compte notamment pour la comparaison avec les résultats de mesures Air Normand. L'écart moyen observé est plus élevé sur la campagne d'été où les concentrations sont les moins élevées.

L'interprétation de la mesure par tube passif en regard de la législation actuelle n'est pas immédiate. Le résultat obtenu par cette méthode de mesure est représentatif d'une moyenne sur les périodes d'exposition. Or, les valeurs utilisées par le législateur correspondent à des moyennes sur d'autres périodes (heure, année).

Même si les deux valeurs n'ont pas exactement la même signification, la **moyenne annuelle** semble la plus adaptée pour servir de comparaison. Le fait d'avoir multiplié les campagnes, à des périodes de l'année bien distinctes afin de se rapprocher d'une moyenne annuelle permet de respecter la Directive 2008/50/CE qui préconise une durée totale de 8 semaines réparties sur l'année.

La variation saisonnière des concentrations de NO2 est relativement bien marquée. Pour la majorité des sites de mesures, les concentrations mesurées sont les plus élevées lors de la campagne d'automne (du 5 au 27 novembre) puis de celle d'hiver. Les campagnes de printemps et d'été viennent ensuite avec des résultats relativement proches.

Ceci est un résultat attendu : les concentrations en NO2 sont plus élevées en automne et en hiver du fait à la fois des conditions climatiques et de l'augmentation d'une partie des émissions. A noter qu'en général, ce sont plutôt les concentrations hivernales qui sont les plus élevées, ce qui n'est pas le cas ici.

Un autre résultat attendu est **que les concentrations les plus élevées sont mesurées en proximité des axes routiers les plus importants. La valeur limite pour le NO2 fixée à 40 µg/m3 en moyenne est dépassée pour tous les points situés en proximité du trafic routier** (résultats surlignés en jaune sur le tableau).

Seuls les deux sites de mesure caractéristiques d'une concentration de fond urbain P3 sur la zone du futur écoquartier et P17 près de la station Air Normand de Petit-Quevilly respectent cette valeur.

Pour les transects, les valeurs mesurées en bordure de voie (moins de 5m de la chaussée) sont les plus élevées et dépassent largement la valeur limite de 40µg/m3. En s'éloignant de l'axe routier, la concentration décroît ensuite.

Le cas du transect 2 est atypique pour ce type de mesure car celui-ci a été disposé perpendiculairement à la rampe du Pont Flaubert en contrebas de celui-ci sur une ligne soumise à l'influence du Quai de France. A la vue des résultats sur ce transect, l'influence du Pont Flaubert ne semble pas détectable de manière significative par rapport à celle du quai de France. Les concentrations mesurées dépassent la valeur limite pour l'ensemble des points.

Pour les transects T1 et T3, la décroissance par rapport à l'axe central (avenue Jean Rondeau et Sud III) est perceptible. Les valeurs mesurées à 200m de l'axe représentent environ la moitié de la concentration en bordure de voie.

Pour le transect T1, les valeurs restent élevées car soumises à l'influence d'autres axes de circulation (desserte du quartier, accès à l'avenue Jean Rondeau par le côté est).

Pour le transect T3, situé dans une zone plus résidentielle, avec une circulation automobile moins importante, les niveaux à 200m de l'axe rejoignent un niveau proche de celui d'un fond urbain (on retrouve des valeurs similaires à celles mesurées sur le site P17 à proximité de la station Air Normand de Petit-Quevilly piscine).

Représentativité des mesures NO2 :

La pollution au dioxyde d'azote est très fluctuante selon les conditions météorologiques. Ce polluant intervient dans les réactions chimiques de création de l'ozone et, selon l'ensoleillement et la stabilité de l'atmosphère, il peut être « consommé » au profit de l'ozone. En général, les niveaux d'ozone sont les plus élevés en été (fort ensoleillement, stabilité de l'atmosphère) et les plus faibles en hiver. Pour le dioxyde d'azote, c'est l'inverse qui se produit (niveaux plus élevés en hiver qu'en été). Des mesures réalisées en hiver et en automne témoignent donc en général de niveaux plus élevés que la moyenne annuelle. A l'opposé, des mesures estivales sont susceptibles de montrer des niveaux inférieurs à une moyenne annuelle. Ceci se confirme assez bien par les campagnes réalisées. En plus des conditions météorologiques, les variations saisonnières des émissions jouent aussi un rôle (profils de trafic différents, cas des émissions liées au chauffage résidentiel etc).

Il est donc intéressant de comparer les mesures avec celles effectuées sur les stations fixes Air Normand pendant les mêmes périodes. Ceci permet de juger de la représentativité de la campagne de mesure par rapport à une situation annuelle.

Afin d'établir cette comparaison, deux points de mesures ont été implantés à proximité des stations de Air Normand de l'aire d'étude à savoir la station de fond Petit-Quevilly Piscine et la station de proximité trafic Rouen Guillaume le Conquérant (P17, P5).

Le tableau suivant reprend l'ensemble des résultats sur ces deux stations en comparaison avec les résultats des campagnes de mesures. Les concentrations moyennes sur les stations Air Normand durant les périodes correspondant aux campagnes de mesures ont été calculées à partir des concentrations moyennes journalières sur l'année 2013 fournies directement au Cerema par Air Normand.

Remarque importante : le point P5 est situé à proximité de la station Air Normand (quelques mètres) mais plus près du Bd des Belges ce qui implique qu'il est plus fortement exposé à la pollution routière.

	Station Air Normand GUI	Point P5	Station Air Normand PQV	Point P17
Campagne hiver	48.0	59.7	35.5	39.3
Campagne printemps	42.7	71.2	25.5	29

Campagne été	37.4	62.7	22.5	26.5
Campagne automne	51.3	71.9	38.6	45.9
Moyenne 4 campagnes	44.8	66.3	30.5	35.1
Moyenne annuelle 2013	44		29	

Tableau 18: Comparaison des mesures NO2 avec les stations Air Normand les plus proches

Plusieurs remarques peuvent être formulées au regard de ce tableau :

- Les mesures par tubes (non corrigées) surestiment systématiquement et de manière significative les mesures des stations Air Normand
- La surestimation est plus importante en proximité trafic (station GUI / point P5)
- Les mesures par tube en proximité trafic (point P5) ne suivent pas les mêmes variations saisonnières que la station GUI en particulier et les autres points en général
- Les quatre périodes de mesure semblent représentatives d'une moyenne annuelle (comparaison entre la moyenne sur les 4 périodes de mesure et la moyenne annuelle 2013)

On note que les valeurs obtenues lors de cette campagne sont plutôt **très élevées** si on les compare à des résultats obtenus par Air Normand sur des sites très proches ou implantés dans un contexte analogue. Ceci confirme la tendance à la surestimation systématique des concentrations par les mesures par tubes Passam AG, notamment en proximité trafic déjà rencontrées lors des campagnes précédentes réalisées par le CEREMA avec une méthode identique.

Air Normand a déjà documenté ce problème et mis au point une méthode de recalage (Air Normand, 2002) qui n'a pas été appliquée ici.

A noter aussi que lors de la campagne de suivi de la pollution de proximité routière menée par Air Normand en 2012, un point (site n°14) situé au même emplacement que le point P5 a montré un niveau de concentration de 52 µg/m3 en moyenne (niveau avec correction réalisée par Air Normand).

Néanmoins, malgré ce risque de surestimation, les résultats présentés ici mettent tout de même en évidence des concentrations en NO2 élevées qui dépassent la valeur limite en proximité trafic. Ce constat est en accord avec les conclusions faites par Air Normand dans le cadre de son suivi sur les sites de proximité trafic.

Le NO2 constitue donc un polluant à enjeu sur la zone d'étude.

Pour le benzène

Les mesures benzène ont été menées sur les mêmes périodes et mêmes emplacements que celles du NO2. Les résultats sont repris dans le tableau ci-après.

N°	Localisation	Hiver	Printemps	Été	Automne	Moyenne
P1	Rouen_RG_Jean Rondeaux _ prison Bonne Nouvelle	2.4	1.2	1.3	1.4	1.5
	Transect T1 - Av Jean Rondeaux_ 5m est de la voie	2.2	1.3	1.5	1.5	1.6
	Transect T1 - Av Jean Rondeaux_ 150m est de la voie	1.9	0.6	0.9	0.8	1.1
P3	Rouen_RG_skate park	1.9	0.6	0.8	0.8	1.0
P5	Rouen_RD_station Air Normand Pont Guillaume	2.4	0.8	1.2	1.0	1.3
P6	Rouen_RD_Docks 76	2.4	1.0	1.3	1.4	1.5
P7	Rouen_RG_Pont Flaubert bord voie sens RG vers RD	2.4	0.9	1.0	1.1	1.4
P15	Petit-Quevilly _ bordure Sud 3 _ bretelle ZI	2.1	1.0	1.1	1.1	1.3
P17	Petit-Quevilly _ station Air Normand piscine	1.9	0.6	0.7	0.9	1.0
	Transect T3 - rue Kennedy _ 120m est de la voie Sud III	xxx	0.6	0.7	0.7	0.7*

Toutes les concentrations sont données en microgrammes par m³ .

xxx : tube arraché ou inexploitable

Tableau 19: Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Mesures benzène

Les concentrations mesurées par tubes passifs PASSAM sur la zone d'étude respectent la valeur limite (5µg/m3 en moyenne annuelle) ainsi que l'objectif de qualité (2µg/m3 en moyenne annuelle). L'influence du trafic est observée (décroissance sur le transect T1 entre les valeurs à 5 m et 150 m) mais de manière moins nette que pour NO2.

Comme pour le NO2, on observe une variabilité entre les 4 campagnes : la campagne hivernale se détache nettement avec des valeurs plus élevées. Les trois autres campagnes montrent quant à elles des résultats relativement proches.

Pour les aldéhydes

Les résultats des mesures aldéhydes sont reportés dans le tableau ci-après pour chacun des composés. Quelques sites de mesure sont situés à des emplacements différents par rapport aux points isolés NO2.

Formaldéhyde

N°	Localisation	Hiver	Printemps	Été	Automne	Moyenne
P8	Rouen_RD_route du Havre	2.3	1.7	3.2	1.4	2.15
P6	Rouen_RD_Docks 76	2.8	2.2	2.9	2.1	2.5
P7	Rouen_RG_Pont Flaubert bord voie sens RD vers RG	2.4	1.7	2.7	1.3	2.0
P12	Rouen_RG_rue de Madagascar	2.2	1.7	2.9	1.4	2.1
P2	Rouen_RG_quai Béthencourt _ prox Le 106	2.2	1.5	3.1	1.8	2.15
P13	Rouen_RG_rue de la Motte _ stade Mermoz	2.3	1.6	2.7	1.3	2.0
P18	Rouen_RG_ZI Quai de France _ prox Lubrizol*	2.3	1.6	2.9	1.3	2.0
P19	Petit-Quevilly _rue Jules Favre*	2.6	1.5	2.9	1.4	2.1
P16	Petit-Quevilly _rue Pasteur prolongée	2.7	1.7	2.8	1.6	2.2
P3	Rouen_RG_skate park	1.9	1.4	2.9	1.3	1.9
P1	Rouen_RG_Jean Rondeaux _ prison Bonne Nouvelle	2.9	2.1	3.3	1.7	2.5
P15	Petit-Quevilly _ Voie Sud 3 _ bretelle ZI	2.7	1.8	2.8	1.6	2.2
P4	Rouen_RG_rue Léon Maletra	2.1	1.3	3.1	1.4	2.0
P5	Rouen_RD_station Air Normand Pont Guillaume	2.9	1.9	3.4	2.7	2.7
P17	Petit-Quevilly _ station Air Normand piscine	2.8	1.5	2.8	1.2	2.1

Toutes les concentrations sont données en microgrammes par m³ .

Tableau 20: Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Mesures formaldéhyde

Les valeurs mesurées au cours de cette campagne se situent, en moyenne sur les 4 campagnes, entre 1.9 et 2.7µg/m3. A la différence des autres polluants, les valeurs les plus élevées ont été mesurées lors de la campagne d'été. L'influence de la proximité routière semble perceptible pour certains points mais moins évidente que pour le NO2.

Il n'existe pas pour le formaldéhyde de valeur réglementaire à respecter dans l'air ambiant.

Lors d'une étude réalisée en 2008 dans le cadre des études sur le Contournement est de Rouen (Air Normand, 2009), Air Normand avait mesuré des concentrations moyennes de 3.0 µg/m3 en moyenne annuelle sur la station Guillaume Le Conquérant (GUI) et 2.1 µg/m3 sur la station du Palais de Justice (JUS). La conclusion de cette étude était que ces deux valeurs étaient conformes à celle mesurées dans le cadre d'autres études pour des sites de même type (proximité trafic et urbain).

Acétaldéhyde

N°	Localisation	Hiver	Printemps	Été	Automne	Moyenne
P8	Rouen_RD_route du Havre	1.6	1.1	1.7	0.4	1.2
P6	Rouen_RD_Docks 76	2	1.4	1.5	0.6	1.4
P7	Rouen_RG_Pont Flaubert bord voie sens RD vers RG	1.8	1.1	1.3	0.4	1.15
P12	Rouen_RG_rue de Madagascar	1.6	1.2	1.9	0.5	1.3
P2	Rouen_RG_quai Béthencourt _ prox Le 106	1.5	0.9	1.6	0.7	1.2
P13	Rouen_RG_rue de la Motte _ stade Mermoz	1.5	1.1	1.5	0.4	1.1

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche CEREMA DTer-NC/DADT/EEL

P18	Rouen _ RG - ZI Quai de France _ prox Lubrizol*	1.5	1.1	1.6	0.4	1.15
P19	Petit-Quevilly _rue Jules Favre*	1.7	1	1.6	0.4	1.2
P16	Petit-Quevilly _rue Pasteur prolongée	1.7	1.1	1.6	0.5	1.2
P3	Rouen _RG_ skate park	1.4	0.9	1.6	0.4	1.1
P1	Rouen _ RG _ Jean Rondeaux _ prison Bonne Nouvelle	2	1.4	1.8	0.5	1.4
P15	Petit-Quevilly _ Voie Sud 3 _ bretelle ZI	1.9	1.2	1.7	0.5	1.3
P4	Rouen _RG_ rue Léon Malettra	1.4	0.9	1.7	0.4	1.1
P5	Rouen _ RD _ station Air Normand Pont Guillaume	1.9	1.3	1.9	1.3	1.6
P17	Petit-Quevilly _ station Air Normand piscine	1.5	1	1.7	0.4	1.15

Toutes les concentrations sont données en microgrammes par m³.

Tableau 21: Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Mesures acétaldéhyde

Les valeurs mesurées au cours de cette campagne se situent, en moyenne sur les 4 campagnes, entre 1.1 et 1.6µg/m³. Les valeurs les plus élevées ont été mesurées lors des campagnes d'été et d'hiver. Comme pour le formaldéhyde, il n'existe pas de valeur réglementaire à respecter dans l'air ambiant pour l'acétaldéhyde. Lors de l'étude réalisée en 2008 dans le cadre des études sur le Contournement est de Rouen (Air Normand, 2009), Air Normand avait mesuré des concentrations moyennes de 1.4 µg/m³ en moyenne annuelle sur la station Guillaume Le Conquérant (GUI) et 1.3 µg/m³ sur la station du Palais de Justice (JUS). La conclusion de cette étude était que ces deux valeurs étaient conformes à celle mesurées dans le cadre d'autres études pour des sites de même type (proximité trafic et urbain).

Acroléine

N°	Localisation	Hiver	Printemps	Été	Automne	Moyenne
P8	Rouen _ RD _ route du Havre	0.2	0.1	<lq	0.1	0.1*
P6	Rouen _ RD _ Docks 76	0.2	0.1	<lq	0.1	0.1*
P7	Rouen _ RG _ Pont Flaubert bord voie sens RD vers RG	0.2	<lq	<lq	<lq	0.2*
P12	Rouen _ RG _ rue de Madagascar	0.3	<lq	<lq	<lq	0.3*
P2	Rouen _ RG _ quai Béthencourt _ prox Le 106	0.2	<lq	<lq	0.1	0.15*
P13	Rouen _ RG _ rue de la Motte _ stade Mermoz	0.2	<lq	<lq	0.1	0.15*
P18	Rouen _ RG - ZI Quai de France _ prox Lubrizol	0.2	<lq	<lq	0.1	0.15*
P19	Petit-Quevilly _rue Jules Favre	0.3	<lq	<lq	0.1	0.2*
P16	Petit-Quevilly _rue Pasteur prolongée	0.3	<lq	<lq	0.1	0.2*
P3	Rouen _RG_ skate park	0.1	<lq	<lq	0.1	0.1*
P1	Rouen _ RG _ Jean Rondeaux _ prison Bonne Nouvelle	0.2	<lq	<lq	0.1	0.15*
P15	Petit-Quevilly _ Voie Sud 3 _ bretelle ZI	0.3	<lq	0.1	0.1	0.2*
P4	Rouen _RG_ rue Léon Malettra	0.2	<lq	<lq	0.1	0.15*
P5	Rouen _ RD _ station Air Normand Pont Guillaume	0.2	0.1	0.1	0.2	0.15
P17	Petit-Quevilly _ station Air Normand piscine	0.2	<lq	<lq	0.1	0.15*

Toutes les concentrations sont données en microgrammes par m³.

<lq : niveau inférieur à la limite de détection pour les tubes radiello

* : valeur moyenne non significative

Tableau 22: Résultats des mesures de la campagne spécifique menée en 2013 – Mesures acroléine

Les concentrations en acroléine mesurées lors de cette campagne sont très faibles. Pour de nombreux prélèvements, la limite de détection fixée à 0.1µg/m³ pour la mesure par les tubes Radiello n'est pas atteinte. Pour

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche CEREMA DTer-NC/DADT/EEL

de nombreux points la valeur moyenne sur l'année n'est pas significative sachant que pour au moins une des campagnes la valeur limite de détection n'a pas été atteinte. Comme pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, il n'existe pas de valeur limite réglementaire dans l'air ambiant pour l'acroléine.

3.2.5 Conclusion sur la qualité de l'air sur la zone d'étude

Les résultats des stations fixes et des campagnes de mesure spécifiques montrent des concentrations caractéristiques d'un milieu urbain dense. Les sites de mesure situés à proximité des grands axes routiers dépassent les valeurs limites pour le NO₂.

Pour les particules, comme pour la plupart des stations de l'agglomération, un risque de dépassement des valeurs réglementaires existe même si actuellement, le seuil réglementaire n'est pas atteint sur la région.

Pour les autres polluants, les valeurs réglementaires sont respectées.

La pollution atmosphérique et notamment la pollution de proximité routière est un enjeu important sur l'aire d'étude. La zone sur laquelle vient s'inscrire le projet est en effet située en plein cœur de l'agglomération, au point de rencontre d'axes routiers importants (voie sud III, Pont Flaubert, quais, grands boulevards urbains) et à proximité de centres d'activités importants (industrielles, portuaires, tertiaires...) générant aussi une pollution.

4. Évaluation de l'impact du projet

Dans cette partie sont étudiés en détail les impacts prévisibles de la solution retenue pour les raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive gauche de Seine sur la qualité de l'air. Afin de juger de l'importance de ces impacts, le scénario Fil de l'eau, c'est-à-dire la situation projetée au même horizon (ici 2027) mais sans la réalisation du projet sert de référence.

Les impacts étudiés sont ceux qui ont été identifiés dans la note méthodologique de Février 2005, à savoir :

- les émissions polluantes et la consommation énergétique à l'échelle de l'aire d'étude ;
- les concentrations polluantes dans la bande d'étude retenue pour les polluants gazeux et particulaires.

Comme cela a déjà été précisé, l'impact sur la santé des populations ne fait pas l'objet de ce rapport et sera traité dans le cadre d'une étude spécifique.

Pour chaque partie, la présentation des résultats est précédée d'un chapitre présentant de manière détaillée la méthodologie appliquée ainsi que les différentes hypothèses prises en compte. Les données d'entrée des différents modèles utilisés seront aussi explicitées.

4.1 Impact des émissions polluantes au niveau de l'aire d'étude

Le projet d'aménagement des raccordements définitifs du Pont Flaubert en RG de Seine doit permettre de faciliter la jonction entre la voie Sud III et le Pont Flaubert et ainsi d'améliorer la fluidité du trafic sur cette zone.

L'objet du présent chapitre est d'étudier l'impact du projet sur les émissions de polluants issues du trafic routier à l'échelle du domaine d'étude en comparant plusieurs scénarios.

4.1.1 Les hypothèses de calcul

L'horizon d'étude

L'horizon d'étude retenu ici est celui considéré dans l'étude de trafic à savoir **2011** pour l'état initial et **2027** pour les scénarios projet et le scénario de référence

Les différents scénarios

On rappelle que le futur écoquartier Flaubert est le projet d'aménagement majeur de la zone mais qu'il doit être considéré comme distinct de celui traité ici même si leur réalisation est liée. La maîtrise d'ouvrage du projet de l'écoquartier Flaubert est assurée par la SPL Rouen Normandie Aménagement.

Les impacts sur la qualité de l'air à évaluer dans le cadre de la présente étude sont bien ceux relevant du projet routier de réalisation des raccordements définitifs du Pont Flaubert.

Afin de bien mener ce travail d'évaluation des impacts potentiels du projet, plusieurs scénarios ont été pris en compte :

- La situation actuelle (scénario INI)
- La situation de référence en 2027 (scénario fil de l'eau FDL)
- Le scénario projet en 2027 avec réalisation de l'écoquartier Flaubert (PRO_avec)
- Le scénario projet en 2027 sans la réalisation de l'écoquartier Flaubert (PRO_sans)

A noter que parmi les scénarios projet envisagés (PRO_avec et PRO_sans), le scénario incluant la réalisation conjointe de l'aménagement routier et de l'écoquartier est le plus réaliste (PRO_avec). Le scénario prévoyant la seule réalisation de l'aménagement routier, même s'il est techniquement réalisable, n'est pas envisagé à l'heure actuelle.

Pour les trois scénarios à horizon 2027, l'aménagement de l'axe de transport en commun en site propre «arc nord-sud T4» a été intégré et pris en compte dans la modélisation des trafics.

Les données de trafic

Les données de trafic constituent l'élément primordial pour le calcul des émissions. Les données utilisées dans ce travail sont celles issues d'une étude spécifique réalisée pour le compte de la DREAL Haute-Normandie par le département DITM du CEREMA DTer Normandie-Centre en 2012 et réactualisée en 2014 (CEREMA, 2014).

L'étude de trafic a été réalisée en utilisant un modèle de simulation dynamique des trafics (logiciel AIMSUN). Ce type de simulation est particulièrement adapté aux études de trafic en milieu urbain soumis à une problématique de congestion. En effet, les modèles dynamiques, contrairement aux modèles dits « statiques » plus couramment utilisés, permettent de prendre en compte le comportement individuel des véhicules et de prévoir les points de saturation et les remontées de files.

Le rapport de l'étude trafic précise l'intérêt de l'utilisation d'un tel modèle :

Il a pour but de modéliser la situation future à une échelle microscopique, c'est-à-dire avec un pas de temps faible (de l'ordre de la seconde), une modélisation de chacun des véhicules (Voiture particulière et poids lourds), en interaction entre eux et avec les différents éléments du réseau routier (voirie, feux tricolores, règles de priorité...) de manière à compléter le travail effectué jusqu'à présent en offrant une vision à la fois plus globale et plus détaillée du fonctionnement futur de ce quartier.

Les principales données trafic utilisées pour le calcul des émissions sont les suivantes :

Le flux de véhicules par type (VL / PL / BUS), par sens (les deux sens de circulation sont considérés séparément), par période horaire (heure de pointe du matin HPM / heure de pointe du soir HPS / heure creuse HC). Il s'agit de données moyennes par heure calculées à partir des résultats issus du modèle dynamique.

La vitesse de circulation des véhicules par type (VL / PL / BUS), par sens (les deux sens de circulation sont considérés séparément), par période horaire (heure de pointe du matin HPM / heure de pointe du soir HPS / heure creuse HC).

Les vitesses de circulation ont été recalculées pour chacune des situations à partir des caractéristiques intrinsèques de l'axe, du type de véhicule considéré et des vitesses instantanées calculées par le modèle dynamique AIMSUN. Cette modélisation des vitesses - paramètre crucial pour le calcul des émissions à partir de la méthodologie COPERT - a été faite directement par le PCI "Modélisation des déplacements" du CEREMA en charge du modèle de trafic de l'agglomération de Rouen et fournisseur des données trafic pour le projet de raccordements définitifs du Pont Flaubert.

La prise en compte des données de trafic et de circulation par période horaire (ici HPM, HPS et HC) permet une meilleure estimation des émissions. En effet, par expérience, nous avons constaté qu'un calcul des émissions mené à partir de données moyennes (de type trafic moyen journalier annuel TMJA et vitesse moyenne de circulation) conduisait en général à une sous estimation des émissions plus ou moins marquée en fonction du polluant considéré du fait principalement d'un lissage des vitesses. Ce point est essentiel dans cette étude dans la mesure où la problématique de la congestion est prégnante.

A noter que contrairement au modèle statique dont dispose le CEREMA, le modèle dynamique mis en place pour les besoins de cette étude ne permet pas de distinguer les flux internes, d'échange et de transit. Cette donnée est habituellement utilisée pour estimer la surémission de polluants liée aux démarrages à froid. Afin de prendre en compte ce type d'émission, nous avons utilisé la part de démarrage à froid moyenne telle que calculée dans le cadre de l'étude du projet de contournement Est de Rouen - liaison A28-A13 sur cette zone. Il s'agit d'une étude récente (mise à jour en 2015) qui permet de donner une approximation satisfaisante de ce paramètre mieux adaptée au contexte local que l'utilisation d'une valeur moyenne nationale par défaut.

Analyse des données de trafic

L'évolution des kilomètres parcourus à l'échelle de l'aire d'étude est un paramètre qui influence fortement le résultat du calcul des émissions au même titre que l'année et les vitesses pratiquées. Le bilan ci-après présente l'ensemble des kilomètres parcourus globalement à l'échelle de l'aire d'étude par type de véhicule pour les différents scénarios modélisés.

		Tous véh	VL	PL	bus
Situation initiale	<i>dist parcourue /j</i>	260 914	243 395	17 520	non modélisés
Situation FDL 2027	<i>dist parcourue /j</i>	262 271	247 053	14 985	233
Projet sans écoq 2027	<i>dist parcourue /j</i>	243 570	231 984	10 948	638
	<i>écart avec FDL</i>	-7,1%	-6,1%	-26,9%	173,8%
Projet avec écoq 2027	<i>dist parcourue /j</i>	259 664	248 011	11 072	582
	<i>écart avec FDL</i>	-1,0%	0,4%	-26,1%	149,5%

Tableau 23: Bilan des distances parcourues (en véh.km) par scénario et écart avec le scénario de référence

On note une augmentation des distances globales parcourues (en véh.km) entre le scénario initial et le scénario de référence FDL. Cette augmentation est due à l'hypothèse de croissance globale des trafics paramétrée dans le modèle. Cette croissance reste néanmoins très limitée du fait du niveau de saturation important des axes structurants de la zone d'étude et des voies qui l'irriguent (Sud III, A150).

Les deux scénarios projet (avec et sans écoquartier) sont caractérisés par une diminution des distances parcourues sur l'aire d'étude du fait principalement de la réduction de trajet importante que permettrait la jonction directe entre Sud III et le Pont Flaubert. Ceci est principalement visible pour le flux de transit et notamment les poids-lourds.

Si on compare les deux scénarios projet avec et sans réalisation de l'écoquartier à horizon 2027, on constate que le scénario sans écoquartier conduit à une diminution des kilomètres parcourus sur l'aire d'étude (-7% environ sur le flux global et -27% pour les PL) par rapport à la situation avec écoquartier. Cet écart s'explique par le fait que l'écoquartier génère un trafic conséquent sur la zone lié aux activités et habitations qui y sont implantées qui n'est pris en compte que dans le scénario avec écoquartier.

On rappelle que le scénario projet sans écoquartier doit être considéré comme un scénario fictif car sa réalisation n'a pas été envisagée par les Maîtrises d'Ouvrage et donc que la modélisation le concernant n'a pas été aussi bien ajustée que pour les autres scénarios. Notamment, le réseau viaire modélisé sur la zone est le même que pour la situation avec écoquartier mais sans génération du trafic induit par sa réalisation.

Ces différents points concernant les variations de trafic entre les différents scénarios doivent être pris en considération pour l'analyse des bilans d'émission car ils les influencent fortement.

Les cartes ci-après donnent une représentation des flux de trafic pour les quatre scénarios modélisés. Les trafics sont donnés en TMJA. Pour la plupart des axes - au moins les plus importants - il s'agit des flux par sens de circulation.



Figure 22: Carte de trafic état initial (TMJA par sens)



Figure 23: Carte de trafic Fil de l'eau (TMJA par sens)

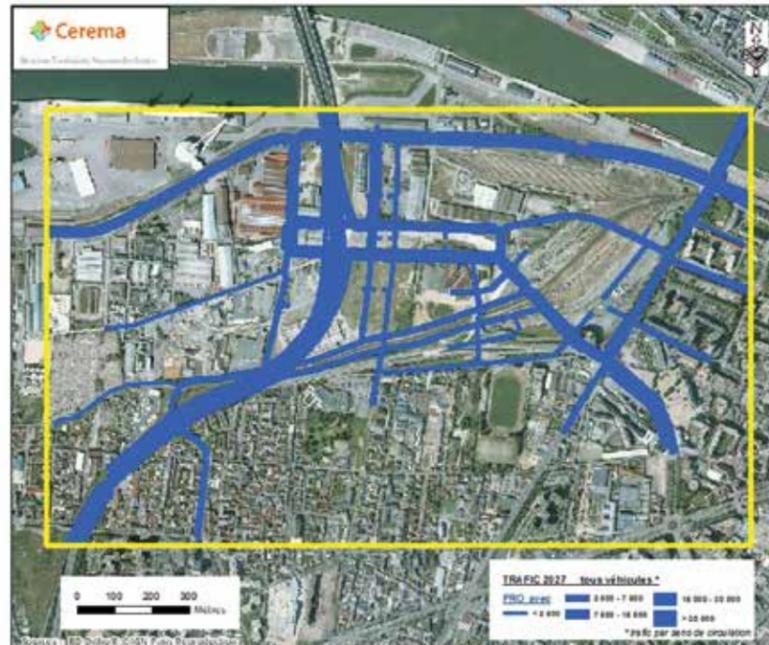


Figure 24: Carte de trafic projet avec écoquartier (TMJA par sens)

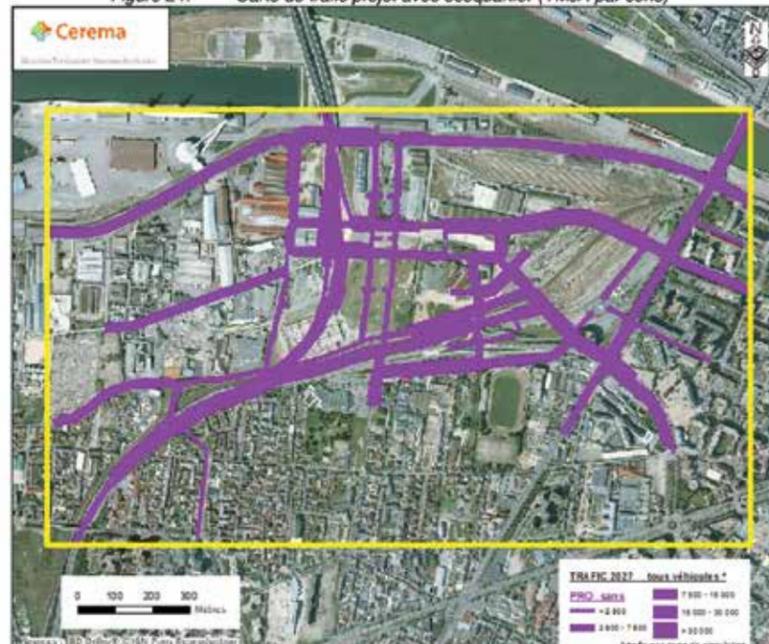


Figure 25: Carte de trafic projet sans écoquartier (TMJA par sens)

4.1.2 Méthodologie de calcul des émissions

Conformément aux recommandations de la note méthodologique de 2005 (CERTU-SETRA, 2005), les émissions polluantes ont été calculées à l'échelle de l'aire d'étude complète telle que définie en 1.2.2. et pour l'ensemble des polluants préconisés (cf chapitre « Les polluants à prendre en compte » en 1.2.2.).

En plus de ces polluants ayant un impact sanitaire reconnu, on inclura dans le bilan la consommation énergétique (quantité de carburant consommée) ainsi que les émissions de dioxyde de carbone (CO2) qui constitue le principal gaz à effet de serre émis par le transport routier.

Les émissions polluantes ont été calculées avec le logiciel COPCETE v4. Ce logiciel est un outil interne au RST (Réseau Scientifique et Technique) du MEDDE basé sur la méthodologie COPERT IV (computer programme to calculate emissions from road transport) élaborée par un groupe d'experts européens pour le compte de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE).

La méthodologie COPERT 4 est largement déployée en Europe et constitue une méthodologie privilégiée pour la réalisation des inventaires d'émission. En France, c'est la méthodologie choisie notamment par le CITEPA – organisme chargé des inventaires nationaux et du reporting à l'échelle européenne et internationale – les associations de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) et le CEREMA.

La méthodologie COPERT fait l'objet de fréquentes mises à jour et bénéficie des avancées scientifiques et mises à jour des facteurs d'émissions des véhicules. Son développement et sa diffusion sont assurés par EMISIA SA, société « spin off » de l'université de Thessalonique.

La version v4 de l'outil COPCETE qui a été utilisée pour l'étude inclut toutes les fonctionnalités de calcul de COPERT 4. Elle a été mise à jour en 2012 et tient compte des dernières modifications de la méthodologie (compatible avec la version 9.0 de novembre 2011 du logiciel COPERT4).

COPCETE v4 est un outil dérivé de la méthodologie COPERT 4 adapté aux besoins particuliers du MEDDE notamment pour les études d'impacts d'infrastructures routières. Il intègre des jeux de données spécifiques pour une utilisation en France (parc roulant, spécifications des carburants, données statistiques de circulation...).

Les principales fonctionnalités de COPCETE sont :

- calcul des émissions à chaud pour les véhicules légers et lourds (poids-lourds et Bus) ;
- calcul des surémissions à froid pour les véhicules légers ;
- calcul des surémissions liées à la pente pour les poids lourds et les bus ;
- prise en compte de corrections liées aux spécifications des carburants ;
- prise en compte de la dégradation des émissions liées au vieillissement des catalyseurs pour les véhicules essence ;
- calcul des émissions par évaporation pour les véhicules légers à motorisation essence (ces émissions particulières sont traitées à part des autres émissions) ;
- calcul d'une partie des émissions hors échappement (émissions des pneus, des plaquettes de freins, de l'usure de la chaussée avec prise en compte de la remise en suspension). Cette partie concerne les émissions particulières dont celles de métaux lourds

Le logiciel propose aussi un jeu de données sur la structure annuelle du parc de véhicules roulants en France (nombre de véhicules et kilométrage moyen) de 1998 à 2030. La structure de parc utilisée a été élaborée par l'IFSTTAR (ex- INRETS). La version disponible dans COPCETE v4 correspond à une mise à jour de novembre 2011. Elle inclut tous les types de véhicules (VL, VUL, PL et bus) jusqu'à la norme technologique Euro 6. Quatre structures types sont disponibles pour le parc français : un parc global, un parc urbain, un parc rural et un parc autoroutier.

A noter que pour les bus, le parc utilisé est un parc local correspondant à la flotte de bus moyenne circulant sur le réseau de l'agglomération rouennaise. Cette structure de parc a été construite par le CEREMA DTer NC en 2012 à partir de données fournies par la TCAR et mise en œuvre dans le cadre du programme OSCAR.

La méthodologie COPERT qui sert de référence au logiciel COPCETE est un modèle d'émission dit "à vitesse moyenne" c'est à dire que la circulation des véhicules y est principalement caractérisée par la vitesse de circulation.

Le niveau de congestion du trafic n'est pas pris en compte de manière explicite par ce type de modèle. Cependant, les facteurs d'émissions en fonction de la vitesse ont été déterminés à partir de cycles de conduite normalisés proches des situations réelles de circulation. Pour les basses vitesses, ces cycles de conduite sont

plutôt représentatifs d'une circulation en milieu urbain caractérisée par une suite d'accélération et de décélération voire d'arrêts.

Les données nécessaires au calcul sont :

- l'année retenue pour la modélisation;
- le flux de véhicules par catégorie (véhicules légers VL, poids lourds PL, bus);
- la vitesse des véhicules (km/h);
- la distance parcourue;

On notera que pour cette étude, les émissions liées à la circulation des 2 roues motorisés n'ont pas été prises en compte. En effet, nous ne disposons pas de données précises sur la circulation de ces véhicules sur l'aire d'étude pour les scénarios étudiés.

Les véhicules pris en compte sont donc

- les véhicules légers (VL) parmi lesquels est estimée une part de véhicules utilitaires légers (VUL) de 23% (en veh.km parcourus d'après une statistique nationale communément utilisée en l'absence de données locales plus précises)
- les poids lourds (PL)
- les bus, pour les scénarios à horizon 2027 (fil de l'eau et projet uniquement)

Précision concernant les surémissions liées aux portions de trajets réalisées avec un moteur froid :

La méthodologie COPERT propose de les aborder via un coefficient de démarrage à froid β dépendant principalement de la température et de la longueur moyenne de trajet. L'effet du démarrage à froid n'influe que sur les émissions des trajets les plus courts.

Comme déjà précisé au chapitre précédent, les modélisations réalisées dans le cadre de l'étude trafic ne fournissent pas la distinction entre les trafics internes, d'échange et de transit. Or, c'est principalement la part du trafic interne qui est utilisée pour l'estimation des surémissions à froid. Afin de palier ce manque de données et de fournir tout de même une estimation des surémissions occasionnées par les démarrages à froid, les paramètres de départ à froid déterminés dans le cadre de l'étude air du projet de contournement Est de Rouen liaison A28-A13 ont été utilisés. Pour cette étude, le modèle statique mis en place pour la modélisation des trafics par le CEREMA DTer NC, donnait une estimation de la part du trafic interne par axe.

Ainsi, pour chaque tronçon routier, le coefficient β a été calculé à partir de la longueur moyenne de trajet ($L=5,5$ km pour le trafic interne d'après les résultats de l'étude trafic) et de la température ambiante (moyenne sur l'année mais variable en fonction de la période horaire considérée) a ainsi été pondéré en fonction de la part de trafic interne fournie par l'étude de trafic.

Cette méthode permet une prise en compte des spécificités liées au réseau modélisé sur l'aire d'étude et à la nature du trafic sur chaque axe. Les axes à fort taux de trafic de transit sont moins impactés par ce type d'émissions que les voies de desserte locales, notamment ceux de l'écoquartier pour le scénario projet avec écoquartier.

Précisions concernant les émissions hors échappement :

Ce type d'émission couvre l'ensemble des émissions polluantes dues à l'usure de pièces du véhicule (pneumatiques et freins) et du revêtement routier provoqué par le contact pneu-route. Les émissions hors échappement concernent les émissions de particules PM10 et de métaux. Elles constituent une part importante des émissions de PM10 surtout pour le trafic PL. Cette part est amenée à augmenter du fait de la diminution des particules émises à l'échappement attendue avec la généralisation des filtres à particules obligatoires depuis l'entrée en vigueur de la norme Euro 5.

Précisions concernant les émissions par évaporation :

Ce type d'émission ne concerne que les composés organiques volatiles (hydrocarbures).

Les émissions par évaporation n'ont été que partiellement prises en compte dans le calcul. En effet, une partie importante de ce type d'émission est due aux évaporations pour les véhicules en stationnement et pour les arrêts effectués avec un moteur chaud. La méthode de calcul à développer pour ces processus nécessite des données qui ne sont pas fournies dans l'étude de trafic.

A noter que ces d'émissions, telles qu'elles sont abordées par la méthodologie COPERT, ne concernent que les véhicules essence. Or, étant données les spécificités du parc roulant français (fort taux de diesel) et les

améliorations technologiques (généralisation des dispositifs filtrants nommés « canister »), les pertes par évaporations peuvent être considérées comme marginales pour les scénarios actuels et futurs.

4.1.3 Résultats de calcul des émissions

Le calcul fournit les émissions polluantes dues au trafic routier sur l'aire d'étude sur une journée moyenne de l'année (2011 pour l'état initial et 2027 pour les scénarios fil de l'eau et projet) en sommant les émissions relatives aux différents tronçons routiers (homogènes en terme de trafic) composant l'aire d'étude.

Différentes analyses sont ensuite produites : comparaison des différents scénarios, part des émissions par type de véhicules (VL et PL), explications sur les tendances observées.

	Unité	Etat initial	Fil de l'eau 2027	Projet sans écoq 2027		Projet avec écoq 2027	
				émissions	écart / FDL	émissions	écart / FDL
Volume trafic	millier veh.km	260,9	262,3	243,6	-7,1%	259,7	-1,0%
Consommation	l/j	20,77	19,77	17,53	-11,3%	19,65	-0,6%
CO2	t/j	64,80	62,07	55,06	-11,3%	61,69	-0,6%
CO	kg/j	328,85	83,84	74,52	-11,1%	84,06	0,3%
NOx	kg/j	277,08	77,45	67,56	-12,8%	77,50	0,1%
COV	kg/j	37,27	7,38	6,99	-5,4%	7,95	7,7%
Benzène	kg/j	1,55	0,19	0,19	-4,5%	0,21	6,8%
PM10	kg/j	31,70	21,56	17,98	-16,6%	18,85	-12,6%
SO2	kg/j	0,42	0,40	0,35	-11,3%	0,40	-0,6%
CH4	kg/j	2,91	0,56	0,55	-1,2%	0,59	5,6%
COV non méth.	kg/j	34,37	6,82	6,44	-5,7%	7,36	7,8%
N2O	kg/j	2,03	2,43	2,03	-16,6%	2,24	-7,8%
NH3	kg/j	3,62	0,83	0,83	0,4%	0,81	-2,6%
HAP	kg/j	1,75	1,38	1,23	-11,4%	1,30	-6,1%
Acroleine	g/j	0,39	0,17	0,16	-3,8%	0,19	12,4%
Formaldehyde	g/j	1,65	0,60	0,58	-4,5%	0,67	11,3%
1,3-butadiene	g/j	0,43	0,07	0,07	-10,4%	0,08	2,7%
Acetaldehyde	g/j	0,82	0,32	0,31	-4,5%	0,36	11,3%
Benzo(a)pyrene	g/j	0,40	0,42	0,38	-8,2%	0,41	-2,1%
Plomb	g/j	0,0010	0,0010	0,0009	-11,6%	0,0010	-0,9%
Cadmium	g/j	0,24	0,22	0,20	-11,4%	0,22	-2,0%
Chrome	g/j	1,35	1,31	1,16	-11,5%	1,26	-3,9%
Nickel	g/j	0,53	0,50	0,44	-11,9%	0,47	-4,8%
Selenium	g/j	0,00	0,00	0,00	-10,9%	0,00	0,0%
Zinc	g/j	37,79	35,14	31,23	-11,1%	34,99	-0,4%
Baryum	g/j	2,99	2,84	2,52	-11,2%	2,67	-6,0%
Arsenic	g/j	0,02	0,02	0,01	-12,1%	0,02	-6,3%

Tableau 24: Bilan des émissions journalières sur l'aire d'étude

4.1.4 Analyse des résultats du calcul des émissions

Bilan énergétique sur l'aire d'étude

Cette analyse concerne les consommations de carburant sur l'aire d'étude et principalement les écarts entre scénarios.

	Distance parcourue (véh.km)	Consommation
Evolution entre FDL 2027 et état initial	+ 0.5%	-4.8%
Evolution entre scénario projet avec écoquartier et FDL 2027	-1%	-0.6 %
Evolution entre scénario projet sans écoquartier et FDL 2027	-7.1%	-11.3%

Tableau 25: Evolution de la consommation énergétique – Comparaison de scénarios

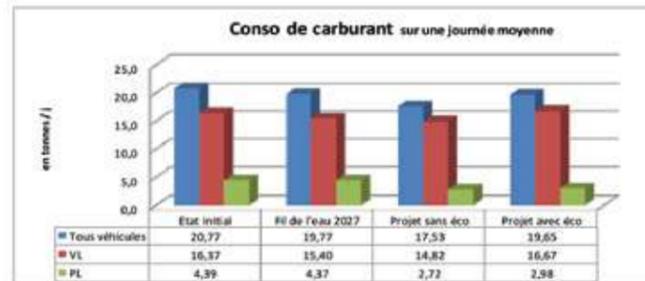


Figure 26: Consommation de carburant par scénario

L'analyse de l'évolution des consommations énergétiques montre une diminution des émissions entre les scénarios à horizon 2027 (projet et FDL) et l'état initial, et ce malgré l'augmentation des distances parcourues globalement sur la zone d'étude. Cette tendance s'explique principalement par l'amélioration technologique du parc automobile roulant.

Si on compare les scénarios à horizon 2027, les scénarios projets s'accompagnent d'une diminution de la consommation énergétique à l'échelle de l'aire d'étude par rapport au scénario de référence pour tous les types de véhicules. Cette baisse est à relier directement à celle observée sur les volumes globaux de trafic (diminution de la distance totale parcourue du fait de la diminution de longueur des trajets). On notera que la réduction observée sur la consommation ne suit pas exactement celle affectant les volumes de trafic : ceci s'explique par la modification des vitesses de circulation qui jouent un rôle important au niveau des consommations unitaires des véhicules.

La baisse est plus nette pour le scénario sans écoquartier qui globalement se traduit par une moindre congestion que le scénario avec écoquartier.

Les émissions de dioxyde de carbone CO2 – principal GES émis par le trafic routier – suivent la même tendance que la consommation de carburant.

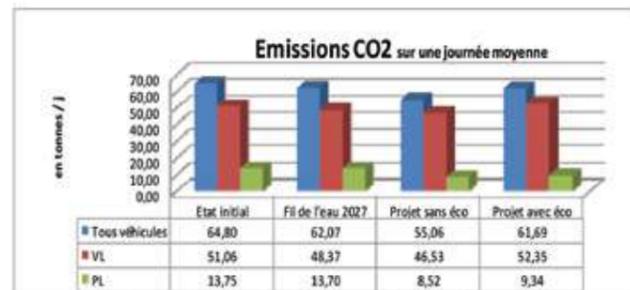


Figure 27: Émissions de CO2 par scénario

Bilan des émissions sur l'aire d'étude

Avant de dresser un bilan par polluant ou par familles de polluants, il convient de relever les grandes tendances qui concernent l'ensemble des polluants.

Pour l'ensemble des polluants (seul NH3 fait exception), les émissions des scénarios à horizon 2027 sont en baisse par rapport à l'état initial. L'importance de cette diminution varie fortement suivant le polluant ainsi que le type de véhicule considéré. Cette évolution est en majeure partie à imputer à l'amélioration technologique du parc automobile avec l'apparition sur le marché de véhicules répondant aux nouvelles normes Euro 5 et Euro 6 et le remplacement des véhicules les plus anciens.

Si on compare les scénarios projet avec et sans écoquartier au scénario Fil de l'eau qui sert de référence, le constat est plus contrasté :

Le scénario projet sans réalisation de l'écoquartier s'accompagne d'une diminution des émissions pour l'ensemble des polluants excepté pour les HAP pour lesquels elles restent stables. La baisse varie de 1% à 15% en fonction du polluant considéré et est à mettre en parallèle avec la diminution des kilomètres parcourus sur l'aire d'étude qui est de l'ordre de 20%.

Pour le scénario projet avec réalisation de l'écoquartier, le bilan des émissions est orienté soit à la hausse soit à la baisse en fonction des polluants en comparaison au scénario de référence. Les baisses, comme les hausses, s'échelonnent de 0 à 13% environ.

Cette différence s'explique notamment par les caractéristiques d'émission unitaire en fonction de la vitesse qui varient beaucoup d'un polluant à l'autre. Cette question des vitesses pratiquées permet sans doute d'expliquer les écarts d'émissions observés entre les différents scénarios à horizon 2027. Les trois scénarios sont assez contrastés sur ce point puisque les vitesses moyennes journalières calculées sur l'aire d'étude (tous véhicules confondus) sont respectivement de 25km/h pour le fil de l'eau, 29km/h pour le scénario projet sans écoquartier et 18km/h pour le scénario projet avec écoquartier. Or les vitesses en dessous de 40-50km/h occasionnent des surémissions d'autant plus importantes que la vitesse est basse.

Là encore, ces variations sont à comparer avec l'écart attendu sur les volumes de trafic (sommés des distances parcourues) qui est de l'ordre de -1%. L'impact positif de la diminution des véh.km notamment pour les PL est gommé pour certains polluants par l'effet négatif de la diminution des vitesses pratiquées.

Le tableau ci-dessous récapitule les polluants dont les émissions sont en augmentation d'une part et en baisse d'autre pour le scénario projet avec écoquartier qui, on le rappelle, est le seul dont la réalisation est envisagée.

Emissions en hausse	Emissions en baisse
Monoxyde de carbone CO	Dioxyde de carbone CO2
Oxydes d'azote NOx	Particules fines PM10
Composés organiques volatiles COV	Dioxyde de soufre SO2
Benzène C6H6	Protoxyde d'azote N2O
Méthane CH4	Ammoniac NH3
Composés organiques volatiles non méthaniques COVNM	Hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP
Acroléine	Benzo(a)pyrène B(a)P
Formaldéhyde	Plomb Pb
1,3-butadiène	Cadmium Cd
Acétaldéhyde	Chromium Cr
	Nickel Ni
	Zinc Zn
	Baryum Ba
	Arsenic As

Tableau 26: Émissions en hausse/baisse entre le scénario projet avec écoquartier et le fil de l'eau 2027

Les graphes ci-après illustrent l'évolution des émissions pour la plupart des polluants en distinguant les émissions VL et PL. Une petite analyse est développée pour les principaux polluants.

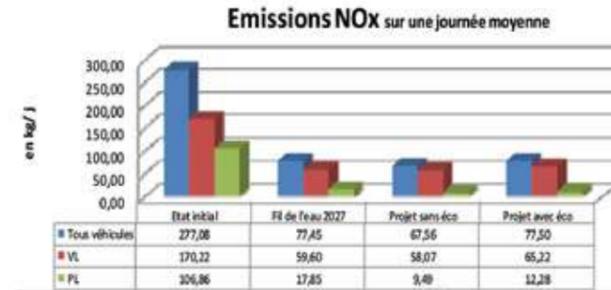


Figure 28: Émissions de NOx par scénario

Pour les oxydes d'azote NOx (monoxyde et dioxyde d'azote) les émissions sont en forte baisse pour les scénarios à horizon 2027 par rapport à la situation initiale du fait de la généralisation des catalyseurs. Le scénario projet avec écoquartier se traduit par un léger surplus d'émission en comparaison au scénario de référence. Cette augmentation concerne uniquement les véhicules légers.

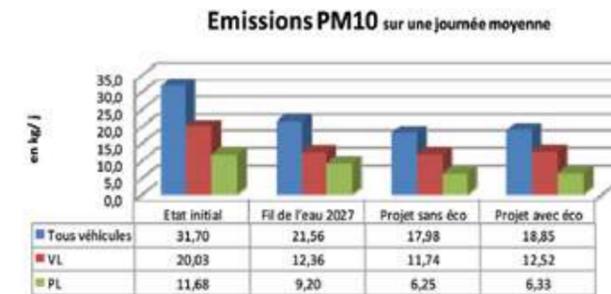


Figure 29: Émissions de PM10 par scénario

Pour les particules inférieures à 10µm PM10 les émissions sont en baisse pour les scénarios à horizon 2027 par rapport à la situation initiale du fait des normes Euro successives et de la généralisation des filtres à particules avec les normes Euro 5 et Euro 6 qui concerneront la majorité des véhicules en 2027. Le scénario projet avec écoquartier se traduit par une légère diminution des émissions de PM10 en comparaison au scénario de référence. Cette diminution concerne principalement les PL. On note la part importante des émissions PL par rapport aux émissions totale PM10 en comparaison avec les autres polluants. Ceci est dû principalement aux émissions PM10 hors échappement (remise en suspension).

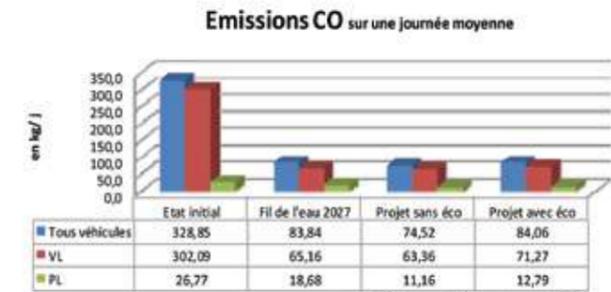


Figure 30: Émissions de CO par scénario

Pour le monoxyde de carbone CO, les émissions sont en très forte baisse pour les scénarios à horizon 2027 par rapport à la situation initiale du fait des améliorations technologiques et surtout de la part moins importante des véhicules essence dans le parc automobile roulant. La vitesse joue aussi un rôle très important pour les émissions de ce polluant. Le scénario projet avec écoquartier se traduit par une hausse des émissions de CO en comparaison au scénario de référence qui est sans doute imputable à la différence des vitesses pratiquées à l'échelle du réseau.

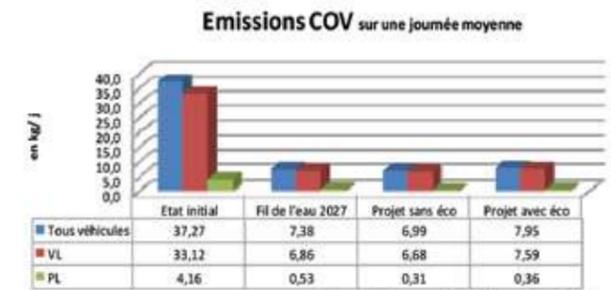


Figure 31: Émissions de COV par scénario

Pour les composés organiques COV, les conclusions à tirer du bilan des émissions sont identiques à celles observées pour le monoxyde de carbone. L'influence des véhicules à motorisation essence est très importante pour les COV (émissions à chaud, surémissions à froid et évaporations). La diminution de la part des véhicules essence au profit principalement du diesel ainsi que l'évolution technologique de cette motorisation et la généralisation des dispositifs de contrôle des évaporations conduisent à une baisse très forte à l'horizon 2027 pour ce polluant.

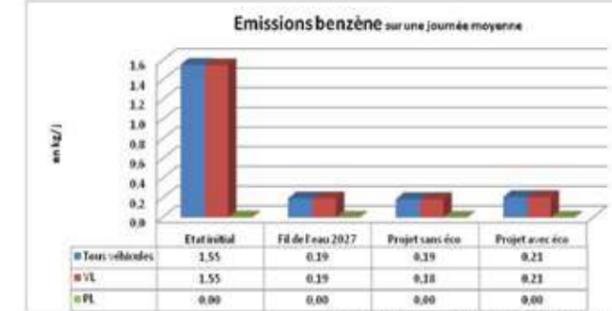


Figure 32: Émissions de C6H6 par scénario

L'évolution des émissions de benzène est très proche de celle de la famille des COV dont il fait partie. La diminution des teneurs en benzène dans l'essence ainsi que les évolutions de la motorisation essence déjà évoquées entraîne une très forte baisse des émissions de ce polluant. A noter que les émissions de benzène sont exclusivement dues à la circulation des véhicules légers.

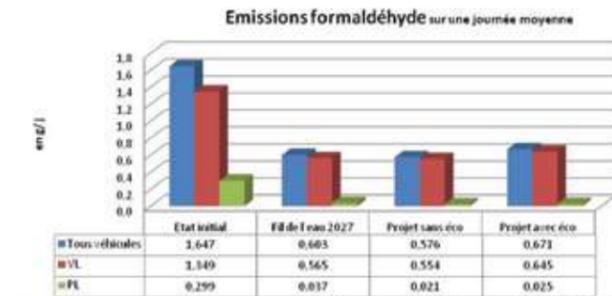


Figure 33: Émissions de formaldéhydes par scénario

Les tendances observées pour les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) sont similaires à celles relevées pour les COV dans leur ensemble.

Les émissions des autres composés appartenant à la famille des COVnm (formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine, 1,3-butadiène) montrent aussi une évolution très proche. Le graphique ci-contre présente le cas du formaldéhyde.

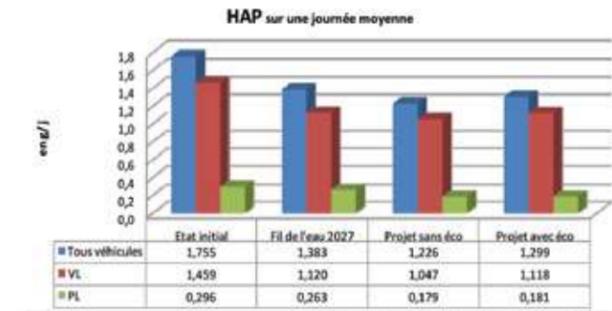


Figure 34: Émissions de HAP par scénario

Les émissions de HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) montrent une tendance à la diminution à l'horizon 2027 par rapport à la situation initiale. Cette baisse s'avère relativement limitée en comparaison à d'autres polluants (COV notamment). Ceci peut s'expliquer par le fait que les HAP ne sont actuellement pas réglementés directement à l'émission mais aussi par le fait que les facteurs d'émission pour ces polluants dans la méthodologie COPERT sont relativement anciens et ne prennent pas en compte les nouvelles technologies de véhicules.

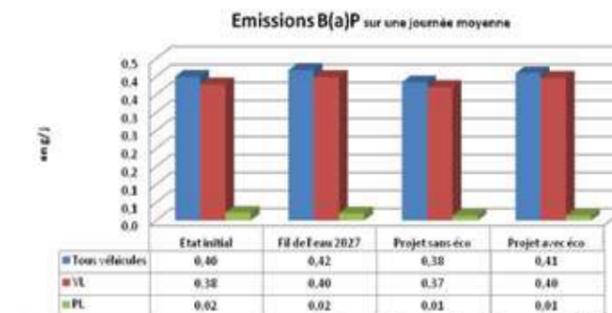


Figure 35: Émissions de B(a)P par scénario

Les émissions de benzo(a)pyrène (B(a)P) à l'inverse de la plupart des autres polluants montrent une tendance à la stagnation voire à la hausse à l'horizon 2027 par rapport à la situation initiale. Les explications qui peuvent être avancées sont les mêmes que pour les HAP dont ils font partie à savoir leur non-réglementation à l'émission et la forte incertitude qui réside sur la pertinence des facteurs d'émissions utilisés.

Le cas des métaux :

Les métaux sont émis à l'échappement et, pour certains, hors échappement du fait de l'usure des pièces du véhicule, du contact pneu-chaussée et des équipements de la route. Les facteurs d'émissions disponibles revêtent une incertitude significative, notamment pour les émissions hors échappement.

Le bilan des émissions de métaux (cadmium, nickel, chrome, mercure, zinc, arsenic, baryum, plomb, arsenic) suit des tendances similaires et proches de celle observée pour la consommation de carburant, à savoir :

- Les émissions à l'horizon 2027 sont très légèrement inférieures à celles de l'état initial
- Le scénario projet sans écoquartier présente le meilleur bilan
- Le scénario projet avec écoquartier est légèrement moins émetteur que la situation de référence (écart peu significatif).

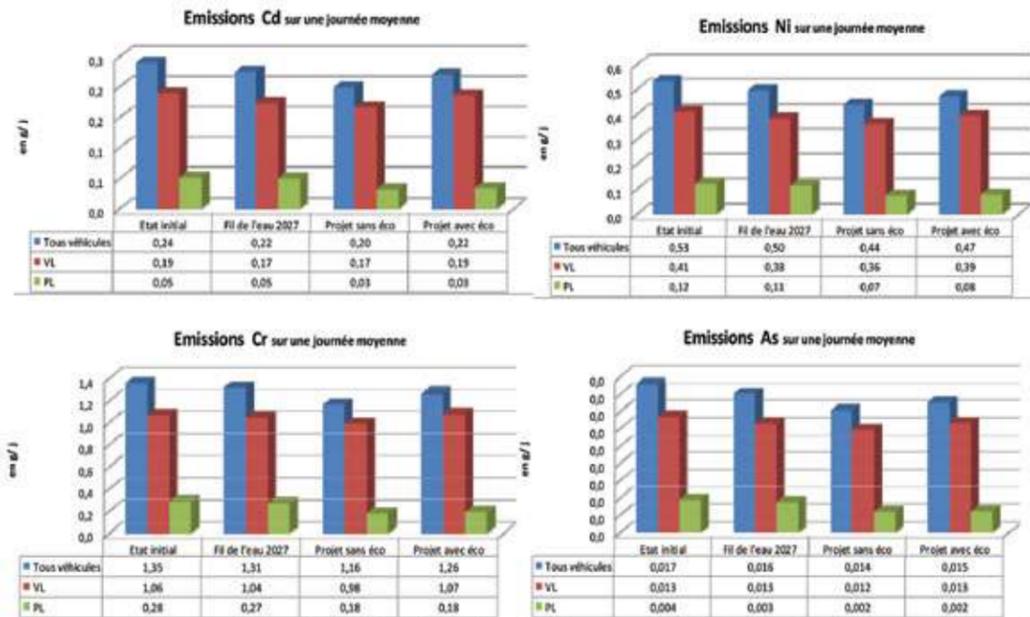


Figure 36: Émissions de métaux par scénario (4 graphes)

Bilan par période

Comme cela a été précisé lors de la présentation de la méthodologie, le calcul des émissions a été mené sur trois périodes horaires distinctes :

- les heures de pointe du matin HPM
- les heures de pointe du soir HPS
- les heures creuses HC

Pour chacune des périodes, les volumes de trafic, les vitesses et plus généralement l'ensemble des données nécessaires au calcul ont fait l'objet d'une estimation spécifique à partir d'un calage du modèle sur la période.

Les émissions par période ont ensuite été ré-agrégées pour aboutir aux émissions moyennes journalières présentées dans ce chapitre. L'intérêt principal de ce calcul désagrégé étant de modéliser les émissions avec des vitesses les plus proches possible de la réalité.

L'analyse des émissions par période horaire (HPM, HPS, HC) met en lumière plusieurs points :

- les émissions en heure de pointe (HPM + HPS) représentent entre 40 et 45% des émissions suivant le scénario et le polluant considérés ;

- les émissions aux heures de pointe sont plus importantes pour les véhicules légers que pour les PL;
- la répartition des émissions sur les périodes horaires varie relativement peu avec le polluant considéré. Les émissions de particules PM10 sont globalement moins importantes en heure de pointe en comparaison aux NOx. Ceci vient du fait qu'une part importante des particules sont émises hors échappement et que la méthodologie de calcul de ce type d'émission présente une sensibilité à la vitesse très faible ;
- la répartition des émissions suivant les périodes horaires varie peu d'un scénario à l'autre. On note tout de même que la part des émissions à l'heure de pointe est moins importante pour le scénario projet sans écoquartier pour les 4 polluants pris en compte. La différence d'un scénario à l'autre s'explique principalement par une modification des vitesses pratiquées.

Ces tendances sont illustrées par les graphes présentés ci-dessous pour quelques polluants représentatifs (CO2, NOx, PM10, CO, COV). Il s'agit des émissions globales (tous types de véhicules).

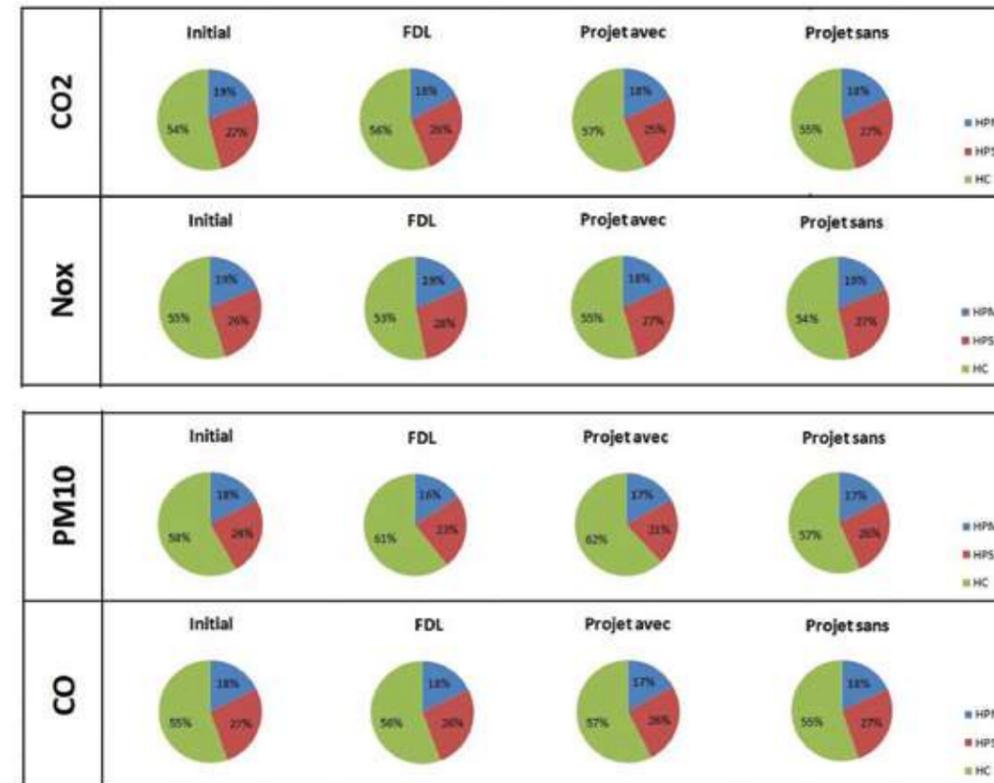


Figure 37: Comparaison des émissions par période horaire et par scénario

Cadastre des émissions

Les cartes reproduites ci-après représentent les cadastres d'émission sur l'aire d'étude pour deux polluants Nox et PM10 qui constituent les principaux polluants à enjeu sur l'aire d'étude pour le trafic routier. Les émissions de chaque tronçon y sont reportées en kg/km pour une journée moyenne annuelle. Les deux cartes sont également portées en annexe au format A4.

Seuls deux polluants ont été cartographiés mais l'ensemble des polluants présentent une répartition similaire de leurs émissions.

Les axes présentant les émissions les plus élevées de la zone d'étude sont la voie Sud III, le Pont Flaubert et ses accès actuels pour la situation initiale et le Fil de l'eau. Le tronçon en projet présente lui aussi des émissions de même niveau puisqu'il assure la jonction entre ces deux axes.

Comme cela a déjà été précisé, le réseau viaire modélisée pour la situation projet sans écoquartier est identique à celui de la situation avec. Les émissions y sont sensiblement moins élevées car ce réseau supporte uniquement le trafic de transit sur la zone.

A noter aussi la diminution des émissions sur l'axe Pont Guillaume – Avenue Jean Rondeaux à l'horizon 2027 occasionnée par l'aménagement de voies TCSP sur l'itinéraire.

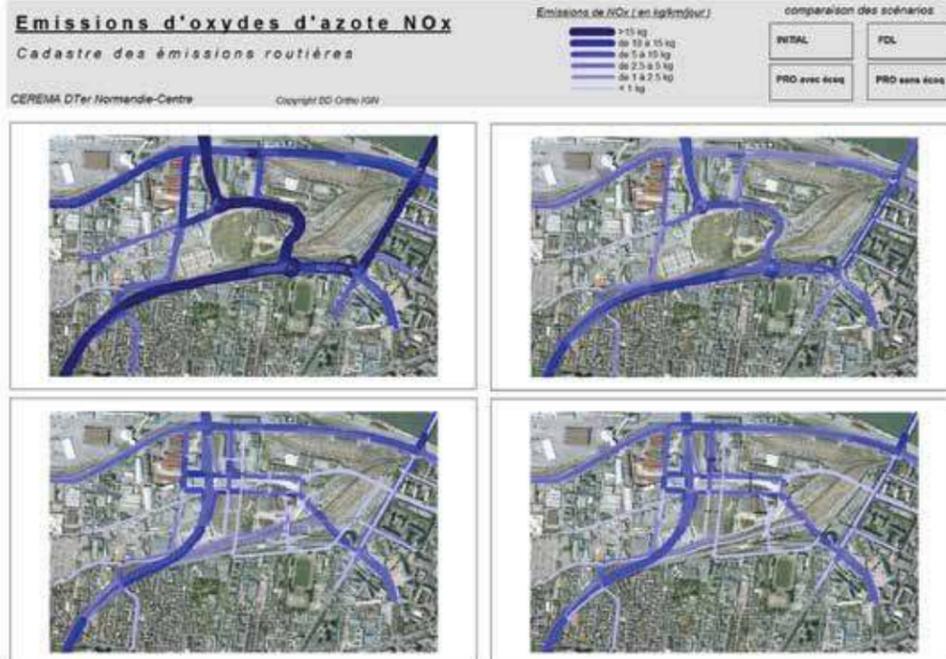


Figure 38: Cadastre des émissions NOx – Comparaison des scénarios

Emissions particules PM10

Cadastre des émissions routières

Emissions PM10 (en kg/km/jour)
 de 2,5 à 4 kg
 de 1 à 2,5 kg
 de 0,5 à 1 kg
 de 0,25 à 0,5 kg
 < 0,25 kg

comparaison des scénarios
 INITIAL FDL
 PRO avec écoq PRO sans écoq

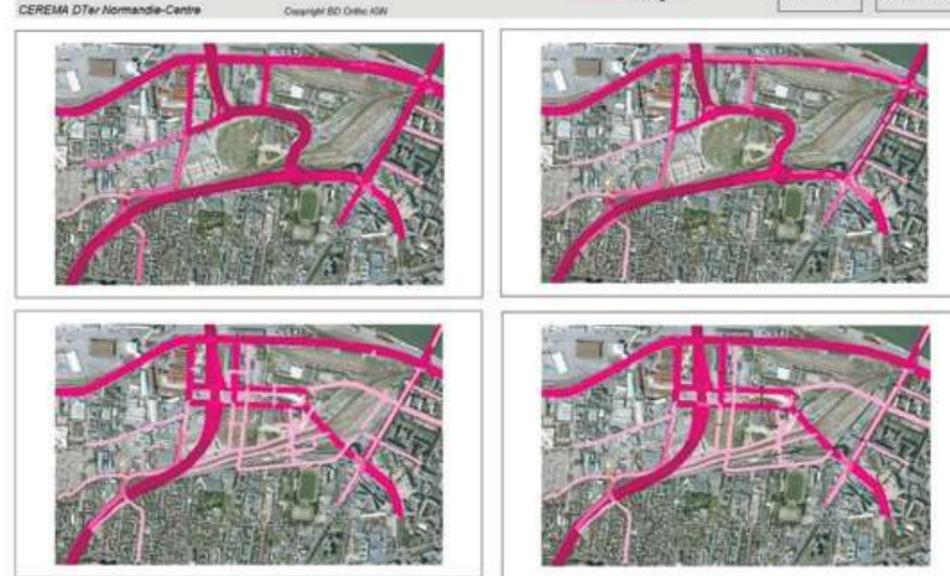


Figure 39: Cadastre des émissions PM10 – Comparaison des scénarios

Synthèse du calcul des émissions :

Les émissions polluantes d'origine routières ont été calculées à l'échelle de l'aire d'étude en appliquant la méthodologie européenne COPERT 4. Les émissions ont tout d'abord été estimées sur 3 plages horaires (HPM, HPM, HPS) pour lesquelles les flux de véhicules et les vitesses ont été modélisés précisément dans l'étude de trafic du CEREMA, puis ré-agrégées pour obtenir une émission moyenne journalière en fonction du poids relatif de chacune des périodes.

Le bilan ainsi dressé a montré que les émissions pour les horizons futurs sont nettement orientées à la baisse en comparaison au scénario initial. Cette baisse est à attribuer principalement aux améliorations technologiques des véhicules nouveaux (normes Euro 5 et 6) et au remplacement progressif des véhicules les plus anciens (et plus polluants). Cette tendance est moins marquée pour la consommation énergétique et les émissions de dioxyde de carbone CO2 qui suivent les évolutions des volumes de trafic, à savoir une certaine stagnation par rapport au scénario initial (légère hausse ou légère baisse en fonction du scénario considéré).

Si on compare les différents scénarios à horizon futur, le bilan est cette fois plus contrasté. Si le scénario projet sans écoquartier est source de moins d'émissions que le scénario fil de l'eau pris comme référence du fait principalement d'une réduction importante des volumes de trafic (baisse des véhicules.kilomètres parcourus), la variation observée avec le scénario projet avec écoquartier est orientée soit à la hausse soit à la baisse en fonction du polluant considéré. Les écarts observés, à la hausse comme à la baisse, s'échelonnent de 0 à 13%. Les polluants pour lesquels le projet avec écoquartier entraîne une augmentation des émissions polluantes sont le monoxyde de carbone CO, les oxydes d'azote NOx et les composés de la famille des COV. Pour les autres - notamment les particules PM10, les métaux, les HAP et le CO2- la tendance est à la baisse.

Une analyse plus détaillée des bilans d'émissions a aussi montré :

- une diminution des émissions liées au trafic poids-lourd pour les scénarios projet par rapport au fil de l'eau du fait de la jonction plus directe entre Sud III et le Pont Flaubert pour les flux de transit;
- l'impact des vitesses pratiquées (plus basses en moyenne pour le scénario projet avec écoquartier) sur les émissions polluantes ;
- le poids des heures de pointe qui cumulent 40 à 45% des émissions journalières.

De l'ensemble des ces éléments ressort un bilan plutôt favorable pour le projet pour la question des émissions polluantes.

4.2 Modélisation de la dispersion des polluants

La modélisation de la dispersion des polluants émis par les véhicules circulant sur l'aire d'étude a été réalisée afin d'évaluer l'impact du projet sur les concentrations dans l'air conformément à ce que prescrit la note méthodologique de 2005 pour les études de type 1.

Cette modélisation doit permettre avant tout de comparer les différents scénarios entre eux et aussi de situer la contribution du projet vis-à-vis des différents seuils réglementaires en moyenne annuelle et en percentiles.

D'après les recommandations de la note méthodologique de 2005, l'estimation des concentrations polluantes doit être réalisée à l'échelle de la bande d'étude telle que présentée en 1.2.2 (chapitre La zone géographique d'étude). On rappelle que la largeur de la bande d'étude varie en fonction de la charge de trafic attendue à terme et du type de polluant considéré (gazeux ou particulaire).

La note méthodologique ne fixe pas d'exigences particulières concernant le type de modélisation à mettre en œuvre. Les choix opérés afin de la mener à bien relèvent principalement de l'état de l'art (ici pratiques partagées au sein du RST Air du MEDDE), de l'expérience du modélisateur ainsi que des données disponibles pour la mener à bien.

La note méthodologique rappelle aussi que l'utilisation d'un modèle de dispersion est une opération complexe dont la précision sur les résultats obtenus dépend notamment de la qualité des données d'entrée et de leur utilisation. L'existence d'incertitudes importantes sur les résultats des calculs obtenus est explicitement mentionnée et il est demandé d'en tenir compte lors de leur interprétation, notamment pour la comparaison avec les seuils réglementaires.

Les concentrations en polluants ont été modélisées à l'aide du logiciel ADMS-Urban v3.2 (Atmospheric Dispersion Modelling System), développé par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultants - UK) et largement utilisé en France.

Les fichiers de calculs ont été constitués et paramétrés par le CEREMA DTer Normandie-Centre. La réalisation des calculs qui demande des ressources machines importantes en termes de performances et disponibilité a été externalisée et confiée à la société Numtech qui assure la distribution du logiciel ADMS pour la France. La prestation engagée par la DREAL auprès de Numtech avec l'appui du CEREMA qui en a assuré l'assistance à maîtrise d'ouvrage comprenait aussi, en plus de la réalisation des calculs, un contrôle des fichiers et des données d'entrées ainsi que du paramétrage du modèle.

4.2.1 Présentation du logiciel ADMS

Le modèle de dispersion ADMS sur lequel se base ADMS Urban est reconnu et validé sur le plan international. Il a en effet été validé grâce au « model validation kit », outil européen d'évaluation des modèles de dispersion et intègre régulièrement de nouvelles mises à jour en fonction de l'évolution des connaissances dans le domaine.

Il est assez largement répandu en France, notamment dans des organismes nationaux (AASQA, CEREMA, INERIS, Météo France...), des grandes entreprises et bureaux d'études.

Le logiciel ADMS-Urban est destiné à traiter des problèmes de dispersion allant du cas le plus simple (par exemple un émetteur industriel unique) au plus compliqué (comme des émissions industrielles, domestiques et routières multiples sur une aire urbaine importante). Il est tout à fait adapté à la modélisation des polluants aux abords d'un axe routier.

Le logiciel calcule, selon un modèle de type gaussien, les concentrations dans l'air ambiant des polluants courants, à partir des quantités d'émissions. La modélisation de la dispersion est réalisée via une paramétrisation de la couche limite utilisant la longueur de Monin-Obukhov et la hauteur de couche limite.

Différents modules complètent ce modèle de dispersion, ils offrent la possibilité d'affiner le calcul selon les paramètres locaux et l'échelle de la zone à modéliser. Parmi ces modules on compte :

- la prise en compte du relief ;
- différents modules chimiques dont un modèle photochimique ;
- la prise en compte des phénomènes de déposition des polluants (dépôts secs et humides) ;
- un modèle de rue canyon ;
- la prise en compte d'obstacles (bâtiments, écrans et merlons) ;

- l'utilisation d'un cadastre des émissions.

Ces modules n'ont pas été systématiquement utilisés dans le cadre de l'étude des raccordements définitifs du Pont Flaubert car certaines fonctionnalités nécessitent des données d'entrée spécifiques ou demandent des temps de calculs très longs.

L'utilisation de telle ou telle fonctionnalité a été considérée en fonction de l'impact attendu sur les résultats, de l'objectif visé, des données mobilisables et de l'incidence en termes de temps de calcul et de moyens à mobiliser.

Les hypothèses de modélisation sont précisées et justifiées dans la suite de l'étude.

Remarque importante :

Le CEREMA ne dispose pas de cadastre localisé des émissions polluantes multisources c'est à dire qui intégrerait à la fois les sources routières, industrielles, tertiaires, agricoles... Seules les sources d'origine routière ont été modélisées en tant que sources dans ADMS. L'influence des autres sources d'émission ne peut être appréhendée que par l'intermédiaire de la pollution de fond.

Il en résulte une incertitude importante sur les résultats produits en particulier pour les polluants pour lesquels le trafic routier ne constitue pas une part importante des émissions.

4.2.2 Description des hypothèses de calcul et des données d'entrée

Comme cela a été indiqué précédemment, le logiciel ADMS Urban permet de réaliser des modélisations de la dispersion plus ou moins complexes suivant les fonctionnalités prises en compte pour le calcul.

Toutefois, l'utilisation des différents modules et la complexification du modèle se traduisent par une augmentation plus ou moins sensible des temps de calculs et un besoin accru de données d'entrée.

Pour des soucis de rationalisation des temps de calculs et des moyens (en homme et machine) à mettre en œuvre, et selon la disponibilité des données, certains choix ont dû être opérés pour la prise en compte ou non des différentes fonctionnalités.

Les hypothèses de calculs sont précisées par la suite, elles sont principalement dictées par :

- l'enjeu et l'objectif du calcul ;
- la sensibilité au temps de calcul ;
- la disponibilité des données ;
- l'influence du paramètre considéré sur le résultat de la modélisation.

Parmi les paramétrisations/fonctionnalités ayant le plus d'influence sur les temps de calcul :

- le pas de temps des données météorologiques (la prise en compte d'une météo séquentielle horaire nécessite le calcul de 8760 situations pour décrire une année) ;
- la prise en compte du relief ;
- le nombre de points pour lesquels on réalise un calcul de dispersion (résolution) ;
- la prise en compte des réactions chimiques (possibilité de retenir des schémas chimiques plus ou moins complexes) ;
- le type de sortie (nombre de polluants, moyennes, calcul de percentiles etc...)

C'est sur l'ajustement de ces paramètres qu'un travail de calibrage et de tests important a été réalisé avec l'appui de la société Numtech afin d'optimiser le rapport « qualité des résultats / temps de calcul », Les hypothèses de calcul prises en compte sont précisées ci-après.

Les polluants

La modélisation de la dispersion des polluants a été menée sur l'ensemble des polluants préconisés par la note méthodologique de février 2005.

Les grandeurs statistiques modélisées sont principalement les concentrations moyennes annuelles exprimées en µg/m3 ou ng/m3. Pour certains polluants, la réglementation fixe des seuils exprimés en percentile.

Polluant	Concentration moyenne annuelle	Percentile
NO2	en µg/m3	P100 et P99.8 horaire
CO	en µg/m3	P100 jour sur 8h glissantes
SO2	en µg/m3	P100 et P99.7 horaires

Benzène	en µg/m ³	P99.2 journaliers
PM10	en µg/m ³	P100 PM90.4 journaliers
COV	en µg/m ³	
Formaldéhyde	en µg/m ³	
Acétaldéhyde	en µg/m ³	
Acroléine	en µg/m ³	
1,3-butadiène	en µg/m ³	
Benzo(a)pyrène	en ng/m ³	
Plomb	en ng/m ³	
Cadmium	en ng/m ³	
Nickel	en ng/m ³	
Zinc	en ng/m ³	
Arsenic	en ng/m ³	

Tableau 27: Modélisation de la dispersion : les grandeurs statistiques modélisées

Modélisation de la météorologie

Les données météorologiques utilisées pour simuler une année sont des données météorologiques séquentielles tri-horaires relevées par Météo-France sur la station de Rouen-Boos sur l'année 2010 et acquises par la DREAL Haute-Normandie.

Les données météorologiques séquentielles tri-horaires consistent à retenir les données météo sur un pas de trois heures soit 2920 lignes pour couvrir une année complète.

Le fait d'utiliser des données tri-horaires versus des données horaires permet d'alléger le temps de calcul d'un rapport 3 environ tout en conservant une bonne représentativité de la situation annuelle.

Les données météorologiques utilisées sont :

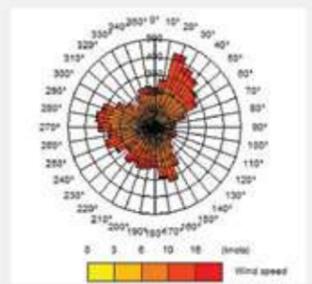
- la température ;
- la direction du vent ;
- la vitesse du vent ;
- la nébulosité exprimée en octas. A noter que cette donnée fait l'objet d'un relevé visuel par un opérateur et qu'elle est fréquemment manquante pour la période de nuit : la série a été complétée en utilisant la donnée disponible la plus proche ;
- la hauteur horaire de précipitation (utilisée pour la modélisation des dépôts humides).

Année 2010 :

Station météo-France de Rouen-Boos

Température moyenne : 9.6°

Rose des vents :



Modélisation des sources polluantes

On rappelle que seules les sources routières sont modélisées car ni la DREAL HN ni le CEREMA ne disposent de données d'émissions pour les autres secteurs émetteurs (industrie, tertiaires...).

Les données d'émissions polluantes utilisées sont celles issues du calcul d'émission présenté en 4.1. Pour chacun des polluants étudiés et chaque tronçon une émission moyenne horaire a été recalculée puis pondérée en fonction d'un profil journalier et hebdomadaire (basé sur le profil de variation du trafic présenté ci-dessous) afin de suivre le même séquençage que les données météorologiques.

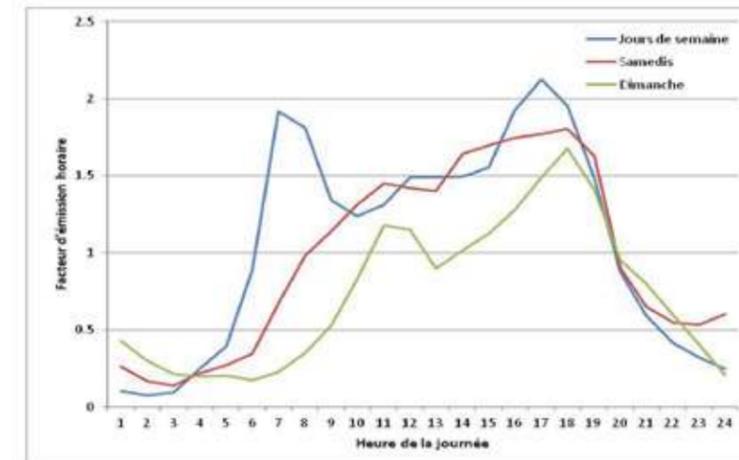


Figure 40: Profils temporels de variation des émissions routières

Résolution du calcul

Les concentrations polluantes ont été calculées sur un ensemble de points – appelés points récepteurs- couvrant l'aire d'étude.

La modélisation est réalisée sur un maillage discontinu. Le réseau de points récepteurs est plus dense en proximité des axes routiers suivant une logique de transects. Les transects sont placés sur l'ensemble des axes routiers et sont d'autant plus resserrés que l'axe est important (espacement de 20, 25 ou 30m suivant le taux d'émissions de l'axe considéré).

Des points récepteurs ont aussi été disposés au niveau de chaque bâtiment de l'aire d'étude (source BD TOPO de l'IGN) et des bâtiments qui seront implantés sur l'écoquartier (source plans de la future ZAC fournis par la DREAL Haute-Normandie).

Le maillage de point récepteurs résulte donc de la superposition :

- d'un quadrillage régulier de l'aire d'étude (30m x 30m environ)
- d'un maillage dit « intelligent » le long des sources routières (transects de 4 points à 5-10m et 15-20 m de part et d'autre de l'axe environ répartis tous les 20 à 30m)
- d'un réseau de points correspondant à la position des bâtiments ou emplacement de futurs bâtiments (position du centroïde)

Les résultats des calculs sont ensuite interpolés pour la réalisation de cartographies. Au total, les concentrations polluantes ont été modélisées pour près de 8000 points. Cette densité de points permet d'avoir une bonne précision des résultats et de produire une cartographie de bonne résolution.

La constitution du maillage de points a été réalisée conjointement par le CEREMA DTer NC et la société Numtech.

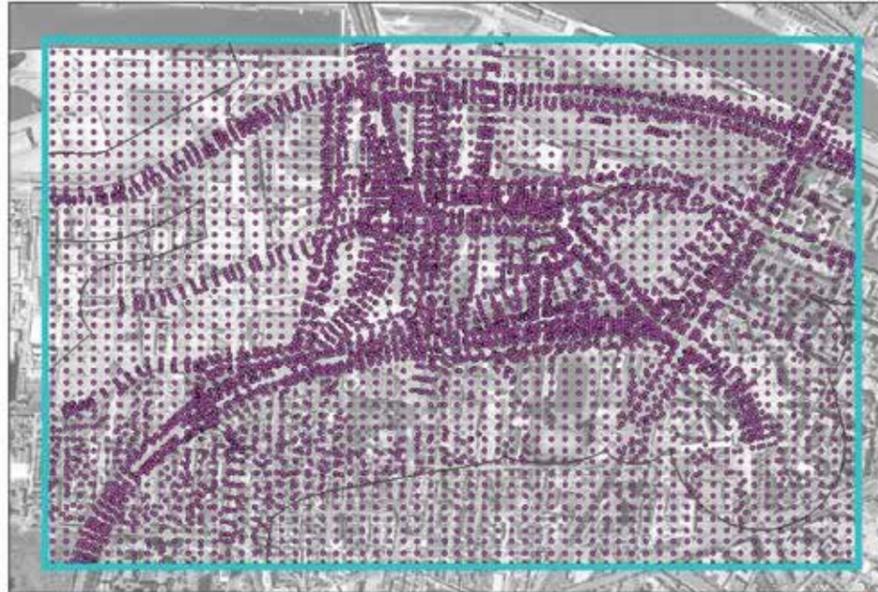


Figure 41: Modélisation de la dispersion : position des points récepteurs

La pollution de fond

Les données d'entrée de pollution de fond utilisées dans ADMS doivent être cohérentes avec les données météorologiques (une donnée de pollution de fond pour chaque entrée météo). Les données de pollution de fond ont été collectées auprès de Air Normand pour l'année 2010.

La disponibilité des données est variable en fonction du polluant considéré. Les données horaires notamment ne sont pas disponibles pour l'ensemble des polluants et sur certaines stations uniquement. La pollution de fond intégrée dans ADMS est celle mesurée sur une station dite « de fond » car relativement éloignée de toute source importante.

La station qui a été utilisée prioritairement est la station « Petit-Quevilly Piscine ». Des données complémentaires ont été collectées sur d'autres stations ou dans des bilans et études réalisés par l'AASQA.

Les données intégrées dans le fichier de pollution de fond de ADMS sont précisées ci-après :

Polluant	Donnée utilisée	Remarques
NO2	données tri-horaires 2010 sur la station Petit-Quevilly Piscine	
NOx	données tri-horaires 2010 sur la station Petit-Quevilly Piscine	données reconstituées à partir des concentrations tri-horaires 2010 de NO et NO2
O3	données tri-horaires 2010 sur la station Rouen Palais de Justice	
SO2	données tri-horaires 2010 sur la station Petit-Quevilly Piscine	
CO	moyenne annuelle 2010 sur la station de Rouen Guillaume le Conquérant	il n'y a pas de mesures au pas de temps horaire pour ce polluant
Benzène	moyenne annuelle 2010 sur la station de fond Palais de Justice à Rouen	il n'y a pas de mesures au pas de temps horaire pour ce polluant
Cd	moyenne annuelle 2011 sur la station de fond Palais de Justice à Rouen	il n'y a pas de mesures au pas de temps horaire pour ce polluant
Ni	moyenne annuelle 2011 sur la station de fond Palais de Justice à Rouen	il n'y a pas de mesures au pas de temps horaire pour ce polluant
As	moyenne annuelle 2011 sur la station de fond Palais de Justice à Rouen	il n'y a pas de mesures au pas de temps horaire pour ce polluant
BaP	moyenne annuelle 2011 sur la station de fond Palais de Justice à Rouen	il n'y a pas de mesures au pas de temps horaire pour ce polluant
Pb	moyenne annuelle 2011 sur la station de fond Palais de Justice à Rouen	il n'y a pas de mesures au pas de temps horaire pour ce polluant

Acétaldéhyde	Moyenne campagne mesures du CETE en 2013 près de la station Petit-Quevilly Piscine	Moyenne des 4 campagnes de mesures calculée sur le point de mesure P17
Formaldéhyde	Moyenne campagne mesures du CETE en 2013 près de la station Petit-Quevilly Piscine	Moyenne des 4 campagnes de mesures calculée sur le point de mesure P17
Acroléine	Moyenne campagne mesures du CETE en 2013 près de la station Petit-Quevilly Piscine	Moyenne des 4 campagnes de mesures calculée sur le point de mesure P17
1-3 Butadiène	Moyenne sur une campagne de mesures réalisée à Boos en 2008	Campagne de mesure (4 campagnes sur une année) réalisée par Air Normand par camion labo (Air Normand, 2009)
Ba	Moyenne sur une campagne de mesures réalisée à Petit-Quevilly en 2008	Campagne de mesure (4 campagnes sur une année) réalisée par Air Normand par camion labo (Air Normand, 2009)
Cr	Moyenne sur une campagne de mesures réalisée à Petit-Quevilly en 2008	Campagne de mesure (4 campagnes sur une année) réalisée par Air Normand par camion labo (Air Normand, 2009)

Tableau 28: Modélisation de la dispersion : les données de pollution de fond

Le relief

La zone d'étude est de taille réduite et le relief peut y être considéré comme plat. La prise en compte du relief n'a pas été intégrée pour la modélisation des concentrations.

Un module « effet canyon » prenant en compte la recirculation des polluants et les effets de turbulence dans les rues canyon permet une meilleure prédiction des concentrations dans les rues les plus étroites (caractérisation par le rapport hauteur/largeur). Très peu de tronçons sont concernés sur le domaine d'étude (<10).

Chimie

ADMS Urban inclut la possibilité de prendre en compte les effets de réactions chimiques ayant lieu dans l'atmosphère entre différents polluants (principalement NOx, ozone, COV et SO2). Plusieurs schémas, plus ou moins complexes sont proposés.

Le schéma intermédiaire a été retenu. Il s'agit du schéma chimique dit GRS pour « generic reaction set » qui comprend un jeu de 8 réactions mettant en jeu le phénomène photochimique entre NO, NO2 les COV et O3 ainsi que l'oxydation du SO2 qui mène à la formation de particules. La mise en œuvre de ce schéma chimique nécessite de disposer de données séquentielles horaires de pollution de fond pour NOx, NO2, O3 et SO2.

Dépôts

L'activation des modules de dépôts secs et humides proposés dans ADMS Urban permet de tenir compte de l'influence sur les concentrations dans l'air de la déposition sur le sol d'une certaine quantité de polluants. Cette déposition résultant du seul mouvement des polluants par effet de la gravité (dépôts secs) ou de leur lessivage par la pluie (dépôts humides) conduit à un abaissement des concentrations dans l'air.

Les modules de déposition n'ont été activés que pour les polluants particuliers (PM10, Cd, Ni, Pb, Zn, Cr, Ba, As, B(a)P). L'impact de la déposition sur les concentrations des polluants gazeux est très faible et ne justifie pas l'augmentation des temps de calcul occasionnée pour ce type d'étude.

La prise en compte des phénomènes de déposition nécessite la connaissance d'un certain nombre de paramètres dont les caractéristiques physiques des particules, les vitesses de déposition ainsi qu'un coefficient de lessivage dans le cas des dépôts humides.

Le paramétrage a été réalisé en utilisant les valeurs proposées dans le logiciel et sa documentation technique et en prenant avis auprès du CERE - laboratoire commun de l'école des Ponts ParisTech et de EDF R&D - qui travaille sur ces sujets.

Les dépôts sont calculés pour chaque point récepteur et seront utilisés dans l'étude santé (EQRS) pour la quantification du risque lié à l'ingestion.

Récapitulatif

Paramètre	Hypothèse de calcul / Commentaires
Polluants	Polluants recommandés par la Note méthodologique de Février 2005 pour une étude de type 1
Domaine d'étude	Aire d'étude de 2 x 1.3 km Réseau discontinu de 8000 points récepteurs plus dense le long des axes routiers et zones bâties
Sources polluantes	Sources routières uniquement Modélisation de l'ensemble des axes routiers de l'aire d'étude pris en compte dans l'étude trafic Les émissions associées sont celles calculées en 4.1 Profil d'évolution journalier et hebdomadaire des émissions
Météorologie	Données tri-horaires 2010 relevées sur la station de Rouen-Boos (station Météo France)

Pollution de fond	Si disponible données horaires sur station de fond du réseau Air Normand (station Petit-Quevilly Piscine ou Rouen Centre) Sinon toutes données disponibles dans bilans ou études Air Normand ou CEREMA
Topographie	Effet relief non pris en compte (terrain plat) Prise en compte de l'effet canyon
Chimie	Utilisation du module chimique « GRS » d'ADMS permettant la prise en compte d'évolutions chimiques simples entre O3, NOx, SO2, PM10
Modélisation des dépôts	Prise en compte du dépôt sec (gravité) et humide (lessivage par précipitations) pour les polluants particulaires (PM10, métaux et B(a)P)

Tableau 29: Modélisation de la dispersion : récapitulatif des paramètres et hypothèses de modélisation

4.2.3 Dispersion des polluants sur la zone d'étude

Ce chapitre présente les résultats du calcul des concentrations polluantes sur l'aire d'étude. Il rend compte des concentrations moyennes annuelles, percentiles réglementaires calculés pour les principaux polluants pour les trois scénarios à horizon 2027 (Fil de l'eau, projet avec écoquartier et projet sans écoquartier). L'analyse et la présentation des résultats ne sont pas rendues avec le même niveau de détail pour les 14 polluants de la liste. Dans ce chapitre, une synthèse des résultats est présentée pour l'ensemble des polluants mais l'analyse et la cartographie ne porteront que sur les principaux polluants (polluants réglementés à enjeu). Une cartographie complémentaire présentant les niveaux de concentrations estimés de quelques polluants est portée en Annexe.

Un résultat commun à tous les polluants, est que les concentrations sont les plus élevées au niveau de l'axe central des voies de circulation puis décroissent assez rapidement. Le niveau maximum atteint ainsi que la distance au bout de laquelle dépendent surtout du niveau d'émission de l'axe (couple trafic-vitesse) et aussi de la météorologie (vent).

Le graphe suivant illustre la décroissance des concentrations autour de l'axe du projet modélisée pour deux polluants (oxydes d'azote NOx et particules PM10). Les concentrations y sont représentées en % de la valeur maximum estimée au niveau du TPC (graduation 0 en abscisse).

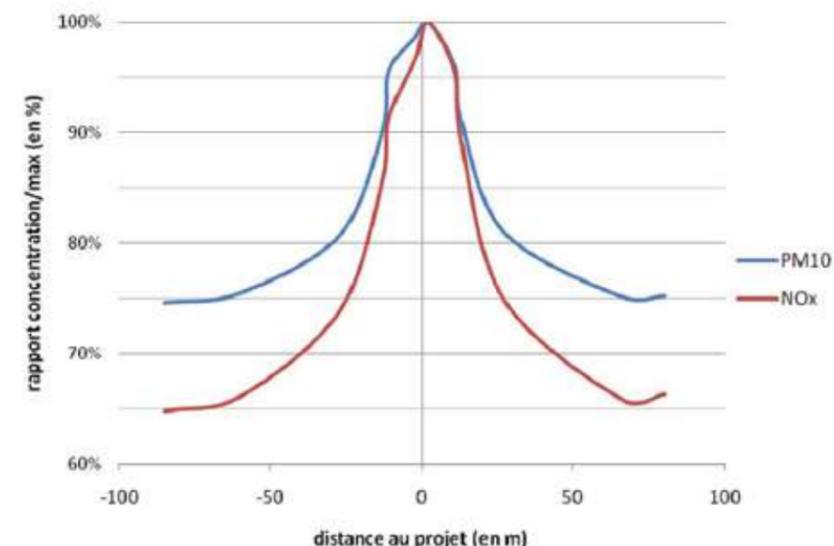


Figure 42: Variation des niveaux de concentrations modélisés autour de l'axe central du projet (scénario projet avec écoquartier en 2027)

On observe bien une décroissance très rapide des concentrations jusqu'à 50m de la voie puis plus lente jusqu'à 100m. On peut considérer qu'en l'absence de l'influence d'autres sources (ce qui n'était pas le cas dans la situation présentée ici), la concentration aurait rejoint le niveau de fond à 200m de l'axe.

L'influence des voies de circulation peut donc être considérée comme importante jusqu'à une distance de 50 à 100m de l'axe en fonction du trafic supporté -et de ses caractéristiques- et de la météo (vitesse et direction du vent notamment).

A noter que pour les polluants pour lesquels le trafic routier ne représente pas une source d'émission importante, l'impact des axes routiers est moins sensible à la fois pour le niveau de concentration atteint et pour la largeur de la zone d'influence. Le niveau de fond est alors beaucoup plus vite rejoint.

Dans le cas de cette modélisation, le fait que les « pics » de concentration soient limités à la proximité des seuls axes routiers tient aussi au fait que ce sont les seules sources qui ont été modélisées réellement sur l'aire d'étude. On rappelle que faute de connaissance d'informations quantitative sur les autres secteurs d'émissions, ceux-ci n'ont pu être pris en compte directement. Ceci constitue un facteur limitant pour l'obtention de valeurs de concentrations fiables.

Synthèse des résultats

Les tableaux suivants dressent un bilan des résultats obtenus pour l'ensemble des polluants sur les trois scénarios modélisés en 2027. Les valeurs de concentration maximale et minimale relevées en moyenne annuelle et le maximum horaire y sont reportés.

On rappelle qu'il s'agit de valeurs modélisées à l'horizon 2027 à partir d'hypothèses plus ou moins simplificatrices (se reporter à 4.2.1. et 4.2.2.) et qui par conséquent revêtent une incertitude potentiellement significative.

Les valeurs de concentrations minimales et maximales ont été synthétisées à deux échelles différentes :

- sur l'ensemble de l'aire d'étude (Tableau 30),
- au niveau des bâtiments existants ou prévus en l'état actuel d'avancement du projet d'écoquartier (Tableau 31). A noter qu'à ce stade, aucun tri n'a été opéré sur la vocation (habitat, bureaux, commerces, équipements etc) des bâtiments de l'écoquartier.

Polluant	unité	Concentration minimale (moyenne annuelle) modélisée sur l'aire d'étude en 2027			Concentration maximale (moyenne annuelle) modélisée sur l'aire d'étude en 2027			Concentration maximale horaire modélisée sur l'aire d'étude en 2027			Valeur réglementaire
		PROavec	PROsans	FDL	PROavec	PROsans	FDL	PROavec	PROsans	FDL	
NO2	µg/m3	30.256	30.206	30.380	37.954	36.898	40.054	212.122	205.212	226.708	Valeur limite: 40 µg/m3
SO2	µg/m3	2.546	2.546	2.547	2.801	2.776	2.858	211.450	211.447	211.432	Obj qualité: 50 µg/m3
CO	µg/m3	272.926	272.837	273.020	335.277	329.546	344.852	946.969	898.828	982.492	
Benzène	µg/m3	1.502	1.502	1.502	1.644	1.634	1.667	3.889	3.767	3.980	Obj qualité: 2 µg/m3
Formaldéhyde	µg/m3	2.107	2.106	2.107	2.483	2.463	2.601	NC ²	NC	NC	
Acétaldéhyde	µg/m3	1.154	1.153	1.154	1.355	1.345	1.418	NC	NC	NC	
Acroléine	µg/m3	0.152	0.152	0.152	0.259	0.255	0.292	2.210	2.160	2.221	
1,3-butadiène	µg/m3	0.201	0.201	0.201	0.247	0.240	0.261	NC	NC	NC	
Benzo(a)pyrène	ng/m3	0.202	0.202	0.202	0.504	0.500	0.524	NC	NC	NC	Valeur cible: 1 ng/m3
PM10	µg/m3	24.566	24.563	24.583	38.103	37.880	39.015	287.396	287.143	274.951	Valeur limite : 40 µg/m3 Obj qualité: 30 µg/m3
Chrome	ng/m3	2.506	2.506	2.507	3.376	3.333	3.490	NC	NC	NC	
Cadmium	ng/m3	0.201	0.201	0.201	0.344	0.332	0.371	NC	NC	NC	Valeur cible: 5 ng/m3
Nickel	ng/m3	2.302	2.302	2.303	2.631	2.617	2.671	NC	NC	NC	Valeur cible: 20 ng/m3
Arsenic	ng/m3	0.600	0.600	0.600	0.611	0.611	0.612	NC	NC	NC	Valeur cible: 1 ng/m3
Plomb	ng/m3	8.005	8.004	8.005	8.625	8.562	8.767	NC	NC	NC	
Mercuré	ng/m3	1.001	1.001	1.002	1.200	1.191	1.224	NC	NC	NC	Obj qualité: 0,25 µg/m3

Tableau 30: Dispersion : Synthèse des résultats à l'échelle de l'aire d'étude

A l'échelle de l'aire d'étude, les concentrations modélisées sont les plus élevées pour le scénario Fil de l'eau 2027 par rapport aux deux situations projet pour l'ensemble des polluants considérés.

Entre les deux scénarios projet, celui avec réalisation de l'écoquartier présente des niveaux de concentration légèrement plus élevés.

L'écart entre les trois scénarios varie suivant le polluant considéré. Cet écart est logiquement plus important sur les valeurs maximales et devient très peu sensible pour les valeurs minimales qui tendent à rejoindre les niveaux de fond.

Concernant la comparaison aux différents seuils réglementaires, on constate un dépassement pour la valeur maximale modélisée de la valeur limite pour le NO2 dans le cas du scénario FDL et de l'objectif qualité pour les particules PM10 (surligné en jaune dans le tableau 30).

Pour le NO2, on observe aussi le dépassement de la valeur 200 µg/m3 en moyenne horaire pour les trois scénarios (surligné en jaune dans le tableau 30). L'ensemble des points récepteurs concernés se situent sur la plateforme de la voie Sud3 ou du projet. Par contre, le seuil de dépassement de 200µg/m3 pendant plus de 18h par an qui constitue une valeur limite pour ce polluant n'est atteint pour aucun des scénarios à l'horizon 2027.

Remarque : Les valeurs réglementaires à comparer aux résultats ont été rappelées dans la colonne de droite. Il s'agit de concentrations moyennes annuelles qui ne peuvent donc être comparées au maximum horaires (avant dernière colonne). De plus il s'agit des valeurs réglementaires actuelles. Même si nous n'avons pas de vision

² NC : non calculé

précise sur les réglementations futures. Il est probable que les seuils en vigueur seront plus sévères pour certains polluants.

Polluant	unité	Concentration minimale (moyenne annuelle) modélisée sur les bâtiments			Concentration maximale (moyenne annuelle) modélisée sur les bâtiments			Concentration maximale horaire modélisée sur les bâtiments			Valeur réglementaire
		PROavec	PROsans	FDL	PROavec	PROsans	FDL	PROavec	PROsans	FDL	
NO2	µg/m3	30.650	30.604	31.101	35.439	33.862	34.586	195.200	169.795	174.359	Valeur limite: 40 µg/m3
SO2	µg/m3	2.548	2.548	2.557	2.657	2.630	2.637	211.082	211.062	211.051	Obj qualité: 50 µg/m3
CO	µg/m3	273.36	273.244	275.19	297.99	291.03	294.09	684.03	609.92	651.35	
Benzène	µg/m3	1.503	1.503	1.507	1.560	1.550	1.550	3.041	2.869	2.825	Obj qualité: 2 µg/m3
Formaldéhyde	µg/m3	2.111	2.109	2.121	2.303	2.277	2.238	NC ³	NC	NC	
Acétaldéhyde	µg/m3	1.156	1.155	1.161	1.259	1.245	1.224	NC	NC	NC	
Acroléine	µg/m3	0.153	0.153	0.156	0.208	0.202	0.189	1.532	1.250	1.396	
1,3-butadiène	µg/m3	0.201	0.201	0.203	0.222	0.218	0.217	NC	NC	NC	
Benzo(a)pyrène	ng/m3	0.203	0.203	0.209	0.289	0.284	0.288	NC	NC	NC	Valeur cible: 1 ng/m3
PM10	µg/m3	24.608	24.603	24.848	28.169	27.967	28.210	186.982	184.762	183.687	Obj qualité: 30 µg/m3
Chrome	ng/m3	2.510	2.509	2.527	2.783	2.736	2.760	NC	NC	NC	
Cadmium	ng/m3	0.202	0.202	0.205	0.251	0.240	0.243	NC	NC	NC	Valeur cible: 5 ng/m3
Nickel	ng/m3	2.304	2.304	2.310	2.406	2.390	2.398	NC	NC	NC	Valeur cible: 20 ng/m3
Arsenic	ng/m3	0.600	0.600	0.600	0.603	0.603	0.603	NC	NC	NC	Valeur cible: 1 ng/m3
Plomb	ng/m3	8.008	8.007	8.020	8.232	8.186	8.191	NC	NC	NC	
Mercuré	ng/m3	1.002	1.002	1.006	1.064	1.054	1.059	NC	NC	NC	Obj qualité: 0,25 µg/m3

Tableau 31: Dispersion : Synthèse des résultats à l'échelle des bâtiments de l'aire d'étude

A l'échelle des bâtiments de l'aire d'étude, les concentrations modélisées au niveau du centroïde des bâtiments sont relativement proches d'un scénario à l'autre pour les concentrations moyennes minimales et maximales à l'horizon 2027. Elles sont légèrement plus élevées pour le scénario projet avec écoquartier. Le scénario projet sans écoquartier présente les valeurs les plus faibles tout en restant du même ordre.

L'atténuation des différences notées d'un scénario à l'autre par rapport au bilan sur l'aire d'étude globale s'explique par la distance à la voie à laquelle se situent les bâtiments les plus exposés. On ne situe plus dans la zone de « pic de concentration » tel que présenté en Figure 42.

On rappelle que les bâtiments pour lesquels les concentrations ont été modélisées ne correspondent pas nécessairement à des bâtiments à vocation d'habitation, en particulier pour le scénario projet avec écoquartier.

Les valeurs réglementaires sont respectées au niveau des bâtiments de l'aire d'étude.

Le cas de quelques polluants à enjeu

La suite du chapitre présente un bilan plus détaillé pour quelques polluants à enjeu.

Le dioxyde d'azote :

Concernant le dioxyde d'azote, les valeurs maximales dépassent légèrement la valeur limite réglementaire fixée à 40µg/m3 pour le scénario Fil de l'eau en 2027. Ce seuil est respecté pour les situations projet avec et sans écoquartier.

Le seuil d'information fixé à 200µg/m3 en moyenne horaire est aussi dépassé pour quelques points récepteurs placés sur la plateforme de la voie Sud 3. On rappelle que ce seuil n'est pas dépassé pendant plus de 18h par an dans aucun des scénarios (le dépassement de 200 µg/m3 en moyenne horaire pendant plus de 18h par an constitue une valeur limite).

La carte ci-dessous représente les niveaux de concentration modélisés pour les trois scénarios étudiés à l'horizon 2027. Les cartes de concentration ont été construites par interpolation des points de concentration modélisés en utilisant le module Spatial Analyst du logiciel SIG ArcGIS (méthode dite des « voisins naturels »).

³ NC : non calculé

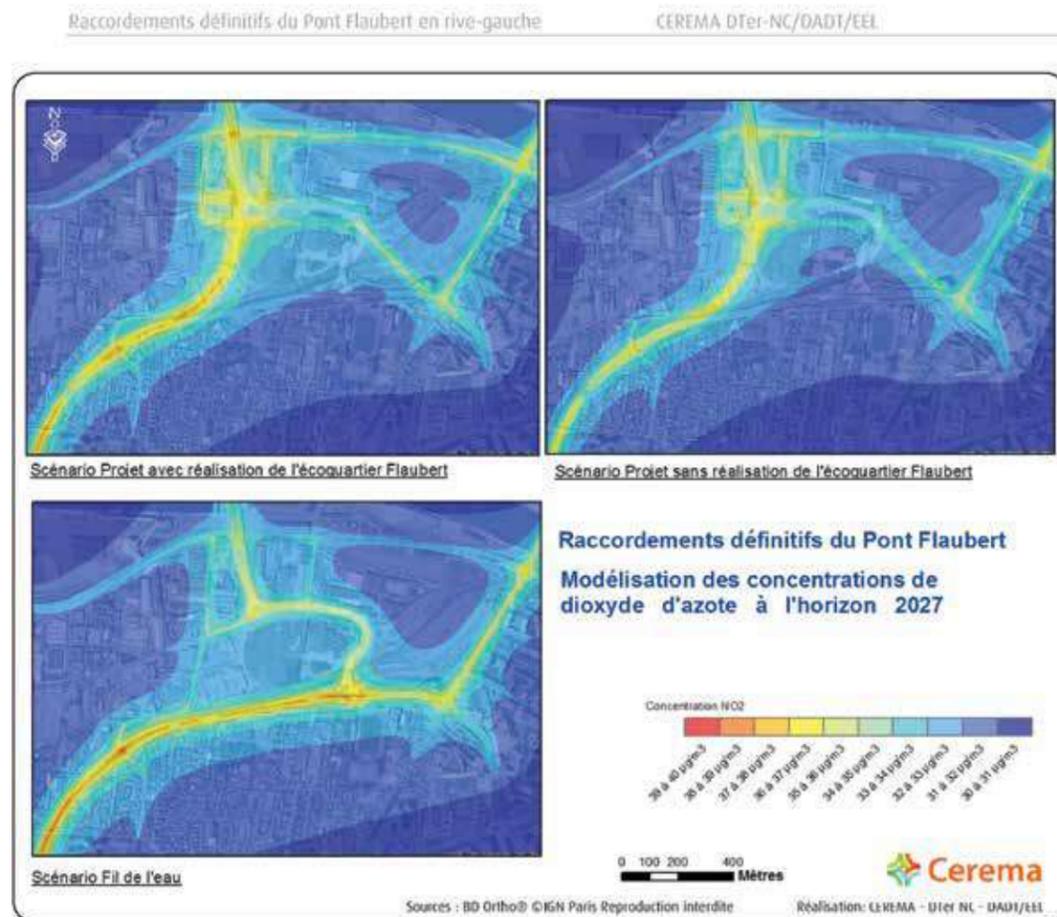


Figure 43: Modélisation de la dispersion : résultats pour le NO2

On retrouve bien sur les trois cartes la « signature » des axes routiers qui, on le rappelle, constituent les seules sources polluantes modélisées. Les concentrations les plus élevées sont localisées

- le long de Sud 3 jusqu'au giratoire de la Motte pour le Fil de l'eau
- le long de Sud 3 et du projet pour les scénarios projet avec et sans écoquartier

Si on compare les scénarios projet entre eux, l'influence du trafic généré par l'écoquartier apparaît sur l'écoquartier ainsi que sur la liaison Sud 3 et le projet.

Des cartes par scénario plus détaillées sont portées en annexe.

Les particules PM10 :

Pour les particules PM10, d'après la modélisation réalisée, la valeur limite de 40 µg/m3 en moyenne annuelle sera respectée en 2027 pour les trois scénarios. Les concentrations maximales sont modélisées sur la plateforme de la voie Sud 3 et du projet et sont de l'ordre de 38 à 39 µg/m3 suivant le scénario considéré.

L'objectif de qualité fixé à 30 µg/m3 en moyenne annuelle est dépassé le long des principaux axes routiers de l'aire d'étude.

Au niveau des bâtiments (existants ou prévus), l'objectif qualité devrait être respecté pour l'ensemble des bâtiments à l'horizon 2027.

La carte ci-dessous représente les niveaux de concentration en particules PM10 modélisés pour les trois scénarios étudiés à l'horizon 2027.

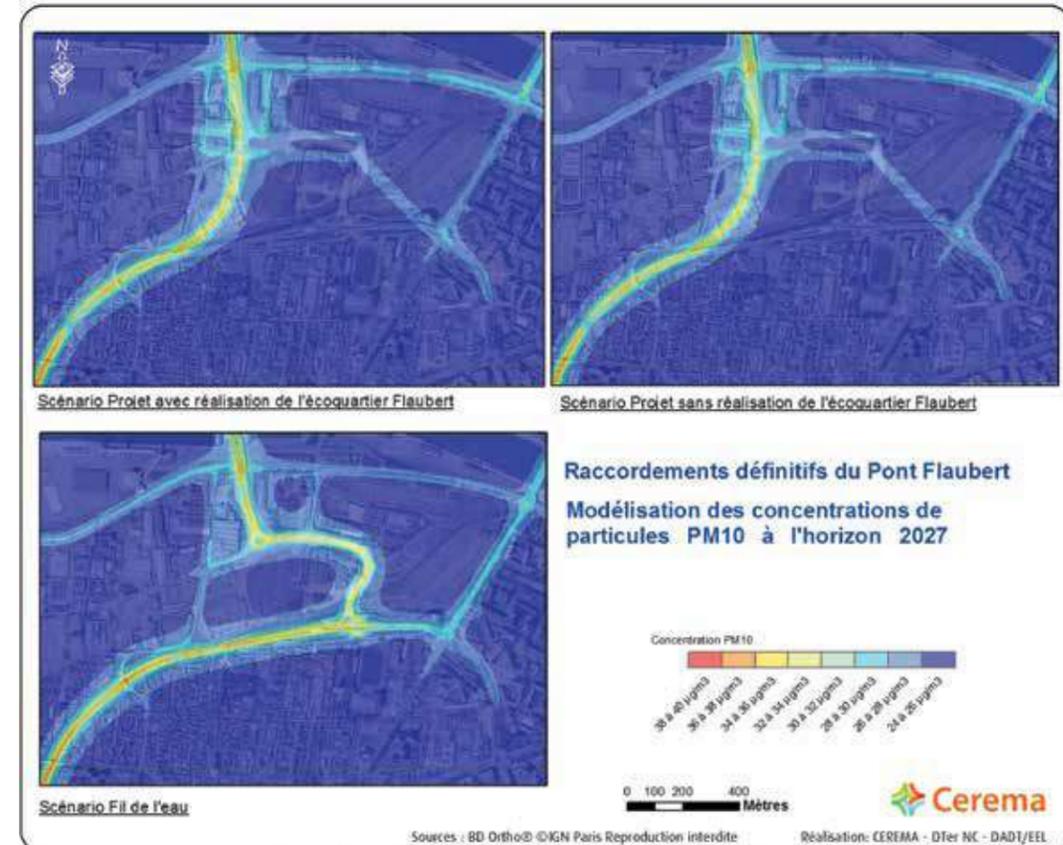


Figure 44: Modélisation de la dispersion : résultats pour les particules

On constate que pour les particules, l'influence des axes routiers est moins marquée que pour le NO2. Les surconcentrations en particules liées au trafic retombent plus rapidement que pour les polluants gazeux comme le NO2.

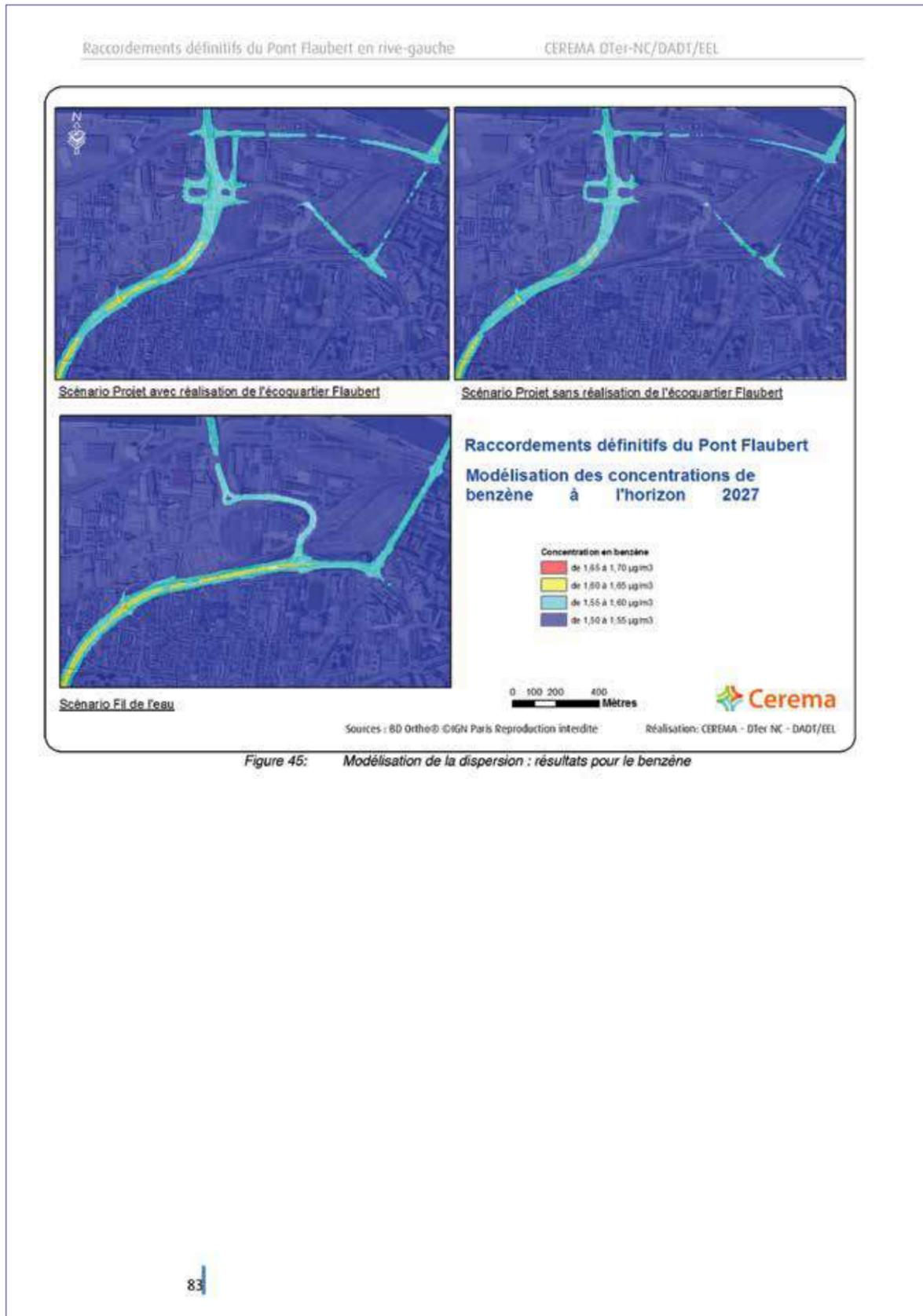
Ce comportement se retrouve pour l'ensemble des polluants particulaires soit les métaux (Cr, Cd, Ni, As, Pb, Hg) et le benzo(a)pyrène.

Des cartes par scénario plus détaillées sont portées en annexe.

Le benzène :

Les concentrations de benzène estimées sur l'aire d'étude se situent entre 1.50 et 1.67 µg/m3 en moyenne annuelle soit très proches de la concentration de fond fixée à 1.5 µg/m3 pour cette modélisation. Ces valeurs respectent la valeur limite et l'objectif de qualité qui sont respectivement fixés à 2 µg/m3 et 5µg/m3 en moyenne annuelle.

Le peu d'écart entre les concentrations modélisées – y compris les valeurs max - et le niveau de fond s'explique par le fait que le trafic routier n'est plus un émetteur prépondérant pour le benzène. La baisse de la teneur en benzène des carburants et la faible part des véhicules essence dans le parc roulant contribuent à la baisse des émissions de ce polluant.



Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche CEREMA DTer-NC/DADT/EEL

5. Les effets sur le sol et la végétation

Ce chapitre est destiné à apporter des informations d'ordre général sur l'impact de la pollution atmosphérique sur les sols et la végétation comme préconisé dans la note méthodologique de 2005. Il ne permet pas d'évaluer et quantifier les impacts potentiels du projet sur les sols et la végétation aux abords du projet mais permet une sensibilisation à cette problématique. A noter tout de même que quelques éléments chiffrés sur le niveau de contamination des sols et les dépôts sont fournis dans le volet Santé de l'étude.

Une contamination des différents compartiments (flore, faune, sols) existe à proximité des grandes infrastructures de transport. La pollution atmosphérique d'origine automobile engendre un impact sur la flore qui peut prendre deux formes :

- un impact de proximité de l'infrastructure ;
- un impact plus global, loin des sources ponctuelles, telle que la perte de rendement des cultures céréalières via l'ozone ou l'accroissement de l'effet de serre.

La question des impacts globaux dépasse le simple cadre d'un projet routier. Elle ne peut être appréhendée qu'au travers des politiques de transport régionales, nationales, voir européennes. On note toutefois qu'au niveau régional, la tendance depuis le début des années 80 est à la forte diminution des concentrations de SO₂. L'impact de ce gaz qui provoque des effets néfastes sur la végétation (nécroses foliaires, mortalité d'espèces sensibles) devrait donc continuer à diminuer. Le phénomène des pluies acides qui consiste en une pollution liée à la dilution des polluants acides (SO₂, NO_x, ammoniac NH₃, acide chlorhydrique HCl) dans les précipitations et provoque le dépérissement des forêts, n'est plus réellement une inquiétude dans nos régions et tend à disparaître.

Par contre, l'augmentation des concentrations en ozone, particulièrement en été, représente toujours une agression pour les végétaux. Les polluants primaires tels que le CO, les oxydes d'azote (NO_x), les COV et les particules, dans l'ensemble peu phytotoxiques, se transforment en ozone (polluant secondaire), polluant qui peut en revanche constituer une menace pour les végétaux qui se manifeste par des nécroses foliaires et des baisses de rendement des plantes cultivées les plus sensibles (5 à 15% dans certaines conditions d'après les programmes *National Crop Assessment Network* (NCLAN31) en Amérique, et *European Open-Top Chamber Program*, EOTCP32, en Europe).

Si l'on s'intéresse aux problèmes posés par les effets de proximité, les études menées sur le sujet montrent que la contamination de la flore est réelle mais limitée à une frange bordant l'infrastructure. Certains polluants particuliers, principalement les métaux lourds, ont un effet toxique sur les végétaux. En général, on considère que les dépôts de particules et HAP qui constituent cette pollution se produisent essentiellement dans une bande de 50 à 100m de part et d'autre de l'infrastructure. Comme pour la pollution aérienne, l'impact nocif des dépôts de particules (y compris HAP et métaux lourds) est maximal en bordure de voie et décroît très rapidement dès qu'on s'éloigne de l'axe.

Les sels de déneigement sont connus pour induire une réduction de la croissance générale des végétaux. Les projections salines dues au passage à grande vitesse des véhicules sont considérées comme la principale source de dégâts (nécrose foliaire des bourgeons). Ces sels de déneigement contiennent en outre un grand nombre d'impuretés et notamment des métaux. La phytotoxicité des sels est principalement liée à leur composition qui dépend de leur provenance et de leur source d'extraction. Une partie des sels de déneigement présents sur la chaussée va être lessivée et conduite dans les bassins de rétention via le réseau d'assainissement. Une autre partie pourra retomber de part et d'autre de la chaussée sous forme de brouillard salés.

La présence d'éléments toxiques contenus dans les végétaux, même si elle est minime, peut s'avérer nocive en cas d'ingestion. Les pollutions d'origine automobile sont susceptibles de contaminer ensuite aussi bien la microfaune que le bétail, directement ou indirectement à travers l'alimentation. La contamination de la microfaune est encore mal connue. La contamination par le plomb et le cadmium a toutefois été mise en évidence sur des populations de petits mammifères vivant en bordure des voies et de rapaces chassant dans les emprises. Elle concerne exclusivement les populations faunistiques vivant et se nourrissant à proximité des chaussées. Plus la zone servant à l'alimentation d'une espèce est étendue, moins le risque de contamination est élevé. La question de la contamination (à proximité immédiate de l'infrastructure) de l'homme par voie directe ou via la chaîne alimentaire ne fait pas l'objet de ce chapitre et sera abordée dans le cadre de l'étude spécifique santé (EQRS).

84

6. Mesures de réduction de l'impact et de suivi

6.1 Mesures de réduction de l'impact sur la qualité de l'air

La pollution atmosphérique liée au trafic routier peut être limitée suivant deux types de mesures :

- une action de réduction des émissions à la source ;
- une intervention sur la dispersion des polluants.

Ce chapitre donne quelques informations sur le panel de solutions envisageables.

6.1.1 Les actions à la source

Les émissions polluantes dépendent de principalement de la nature du flux de véhicules (nombre de véhicules, types de véhicules, composition du parc) et des conditions de circulation (vitesse de circulation, niveau de congestion...).

Concernant la nature du flux de véhicules, l'amélioration en termes de performances sur les émissions relève de mesures qui dépassent le cadre d'un simple projet routier. En effet, les mesures de ce type consistent à une amélioration des caractéristiques techniques du parc roulant qui relèvent plutôt d'une politique nationale voire européenne. Il peut s'agir :

- de mesures d'interdiction ou de limitation de la circulation des véhicules les plus polluants ;
- de l'amélioration des performances des véhicules qui relèvent directement des constructeurs ;
- de mesures financières et fiscales visant à accélérer le renouvellement du parc (prime à la casse, bonus-malus)

Pour ce qui est des conditions de circulation, celles qui ont une influence sur les émissions sont la vitesse de circulation ainsi que la fluidité et le niveau de congestion du trafic. Le lien entre vitesse et émissions dépend du type de véhicule et du polluant considéré. Il s'agit donc d'un lien complexe dans la mesure où de nombreux autres paramètres influent sur les émissions.

Concernant les voies rapides de type route et autoroute, l'abaissement des vitesses (de 130-120 km/h à 90-80 km/h ou de 90-80 km/h à 80-70 km/h) entraîne plutôt un effet positif sur les émissions et concentration d'après une synthèse d'études réalisée par l'ADEME (Impacts des limitations de vitesse sur la qualité de l'air, le climat, l'énergie et le bruit, ADEME, Février 2014). La baisse des émissions estimée peut aller jusqu'à 20% pour les NOx et les PM10 et celle des concentrations jusqu'à 8%. La même étude précise que le passage de 80 à 70km/h d'une voie fréquemment congestionnée permet en général une meilleure fluidité du trafic susceptible d'entraîner une baisse des émissions. Sur les voies urbaines (50 à 30 km/h), les résultats sont nettement plus contrastés et dépendent du cas traité.

Pour ce qui est des raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche, il a été montré que les scénarios projets permettent une réduction des émissions du fait du raccourcissement des trajets mais aussi que la modification des vitesses jouait sans doute un rôle sur les bilans d'émission (à la hausse ou à la baisse en fonction des scénarios et polluants considérés). Le projet permet aussi d'améliorer la fluidité du trafic.

L'abaissement des vitesses sur l'aménagement (la vitesse sera limitée à 70 km/h sur le projet) pourrait permettre une réduction des émissions. De même, toute mesure visant à améliorer la fluidité du trafic et limiter la congestion sur le réseau connexe, notamment celui de l'écoquartier, permettrait potentiellement de réduire les émissions polluantes.

Enfin, parmi les mesures de réduction des émissions à la source, on peut citer les informations données sur les panneaux à messages variables incitant les usagers à un comportement visant à réduire leurs émissions (incitation à une conduite « apaisée », covoiturage, utilisation de parkings relais, etc). L'itinéraire dans lequel s'inscrit le projet de raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive gauche et le projet proprement dit est et sera doté de ce type d'équipements assurant l'information des usagers.

6.1.2 Les actions sur la dispersion des polluants

Le second moyen de limiter l'impact de la pollution d'origine routière est d'agir sur sa dispersion aux abords de la voie. Plusieurs types d'aménagements sont proposés en général proposés pour atteindre ce résultat.

Il s'agit :

- de la plantation de haies en bordure de chaussée
- de l'effet des écrans antibruit ou merlons
- de la mise en œuvre de revêtements catalytiques sur la chaussée

Les études documentées rendant compte de l'efficacité réelle de ces différents aménagements ne sont pas nombreuses et fournissent des résultats parfois contrastés. Une étude publiée par l'ADEME en 2011 fournit une synthèse de l'état de l'art dans le domaine et donne quelques recommandations (Impacts des aménagements routiers sur la pollution atmosphérique – Etat de l'art des études traitant de l'impact des aménagements routiers (solutions antibruit, solutions spécifiques) sur la pollution atmosphérique, ADEME, 2011).

Les conclusions de l'ADEME concernant les trois types de mesures évoquées ci-dessus sont les suivantes :

Pour la plantation de haies :

D'après la littérature, l'implantation de haies permet d'avoir un impact sur la pollution atmosphérique par l'effet combiné d'une adsorption (concerne les particules) et d'une déviation du panache sous l'effet du vent (tous polluants). Certaines publications évoquent aussi la capacité des feuilles et des aiguilles à filtrer le NO2.

Conclusion de l'étude ADEME : L'effet des haies est incertain et de toute manière probablement faible. Il n'est pas possible de faire de recommandation sur l'application d'une telle mesure

Pour la mise en place d'écrans/merlons antibruit :

De nombreuses études mettent en évidence l'influence des murs, écrans et merlons antibruit sur la dispersion des polluants gazeux et particulaires. L'intérêt de l'écran est de disperser les polluants en hauteur ou de chaque côté de l'obstacle par des effets de turbulence. En fonction des caractéristiques de ces ouvrages, de leur position vis-à-vis des vents dominants et des conditions météorologiques, leur influence peut être positive ou négative. Un impact positif peut être attendu dans le cas de conditions favorables (atmosphère instable ou neutre) et, dans ce cas, des abattements de 10 à 50% des concentrations de NOx et particules ont été documentés. A l'inverse, dans le cas de conditions défavorables (atmosphère turbulente), l'impact peut être nul voire négatif derrière l'obstacle.

Conclusion de l'étude ADEME : L'effet des écrans, murs ou merlons antibruit peut être bénéfique pour la pollution atmosphérique. L'impact doit être évalué au cas par cas en tenant compte des caractéristiques du site (conditions météo, position vis-à-vis des zones habitées) et de l'ouvrage.

Pour la mise en œuvre de revêtements catalytiques :

Les revêtements photocatalytiques (à l'oxyde de titane notamment) enduits sur la chaussée ou les murs sont présentés comme ayant un impact sur les concentrations d'oxydes d'azote. Cependant, dans le cas des murs, l'efficacité dans des cas réels n'a pu être démontrée. Concernant les revêtements de chaussée, les expérimentations menées sur site réel ont montré des résultats très faibles voire nuls alors que les essais en laboratoire montrent une réduction de 20 à 100% des concentrations de NOx.

Conclusion de l'étude ADEME : L'effet des revêtements catalytiques n'a pas été démontré sur les murs en situation réelle. Pour les revêtements de chaussée, l'efficacité sur sites réels semble limitée et dépend des cas de figure. Leur utilisation pourrait éventuellement avoir un intérêt dans le cas d'une problématique d'épisodes aigus de pollution (pics) au dioxyde d'azote.

Concernant l'aménagement des raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive gauche, le projet s'accompagne sur la totalité de son linéaire de la mise en place d'écrans et/ou de merlon antibruit afin de réduire la gêne sonore. Ceux-ci auront aussi un impact sur la dispersion des polluants atmosphériques. Une étude spécifique réalisée par la société Numtech à la demande de la DREAL Haute-Normandie conclut en ce sens (NUMTECH, 2015). Cette étude basée sur une modélisation CFD 3D visait à évaluer l'impact de la morphologie du bâti (dont les protections antibruit) sur la dispersion des polluants en proximité du futur écoquartier. Elle conclut que les murs antibruit ont « un impact très marqué sur la dispersion des polluants et qu'ils protègent les zones situées en aval (côté Écoquartier) en élevant artificiellement la hauteur d'émission et en diluant le panache ».

La mise en place d'autres mesures agissant sur la propagation des polluants ne semble pas opportune dans la mesure où leur mise en œuvre dans un contexte urbain dense pourrait s'avérer compliquée et surtout parce que leur efficacité est loin d'être assurée dans l'état des connaissances actuelles sur le sujet.

6.2 Phase chantier : impact et mesures de réduction de l'impact

La phase chantier est susceptible d'engendrer un impact négatif, en général transitoire, sur la qualité de l'air avec pour conséquence des nuisances pour les populations riveraines et l'environnement.

Les nuisances occasionnées sont temporaires –avec des durées néanmoins très variables en fonction de l'ampleur du chantier et du passage des travaux- mais parfois relativement intenses.

Cependant, il n'est pas possible de quantifier cet apport qui dépend des stratégies qui seront mises en œuvre par les entreprises au moment des travaux (nombre d'engins, circulations, etc.).

Les polluants à prendre en compte prioritairement sont en général les particules (poussières, émissions à l'échappement), les composés organiques volatils (matériaux de chantier, émissions à l'échappement) et le dioxyde d'azote (émissions à l'échappement).

Selon le type de chantier et son contexte, il peut être nécessaire de prendre en compte des polluants spécifiques et notamment lorsque les travaux ont lieu sur des sols susceptibles d'être déjà pollués.

Parmi ces effets, la pollution émise par les matériels roulants et fixes (compresseurs, groupes électrogènes, centrales à béton et enrobés) ne peut être considérée comme négligeable en termes d'émissions de polluants et de consommation énergétique.

Les émissions routières liées à la mise en place de plans de circulation temporaires sont aussi à considérer comme un impact de la phase chantier. D'autant plus que ces situations engendrent en général des allongements de trajet et des perturbations (épisodes de congestion plus importants) qui conduisent à une surémission en comparaison à une situation habituelle.

Concernant l'aménagement des raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive gauche, l'instauration d'itinéraires de déviation rapprochés et de délestage sera accompagnée de la mise en place de mesures de gestion de trafic (abaissement de la vitesse maximale autorisée) visant à réduire les phénomènes de congestion pendant les travaux. De plus, seront aussi mises en œuvre des mesures incitatives de report modal (réalisation du TCSP Arc Nord-Sud T4 avant les travaux principaux du projet, accroissement de la fréquence des TC) ainsi qu'une cellule de communication et de coordination des flux de circulation à l'échelle de l'agglomération.

D'autres effets, inhérents aux travaux, sont à attendre. Il s'agit des émissions de poussières pendant les terrassements, des nuisances olfactives causées par la réalisation des chaussées et du risque d'une dispersion accidentelle de produits chimiques.

Les poussières peuvent être de deux types :

- Les poussières produites lors de la circulation des engins de terrassement et des mouvements de terre. Ces poussières issues des sols sont susceptibles de se déposer sur les végétaux et les bâtiments à proximité de l'infrastructure. En nombre important, elles peuvent être à l'origine d'une perturbation de la photosynthèse des végétaux et de salissures sur les bâtiments. Elles peuvent aussi constituer une nuisance pour les populations riveraines.
- Les poussières résultant des travaux d'excavation avec là aussi un impact sur l'environnement et les populations riveraines.
- Les poussières issues des opérations d'épandage de liants hydrauliques. Lorsqu'un liant hydraulique est nécessaire, les opérations d'épandage peuvent générer des poussières corrosives. A haute dose, ces poussières induisent un risque sanitaire. Elles concourent par ailleurs au dépérissement des plantations proches de l'axe.

Les mesures à prendre pour limiter les impacts liés aux poussières sont les suivantes :

- Réduire la dispersion des poussières en arrosant de manière préventive en cas de conditions météorologiques défavorables ;
- Choisir opportunément le lieu d'implantation des équipements ou zones de stockage de matériaux en tenant compte des vents dominants et de la sensibilité du voisinage.
- Interdire les opérations de traitement à la chaux ou aux liants hydrauliques ainsi que les opérations entraînant une forte production de poussières les jours de grands vents.

Lors de la réalisation des chaussées, des composés organiques volatils se dégagent des enrobés à chaud. Cela se traduit par une forte odeur qui persiste quelques heures.

Concernant le risque de dispersion accidentelle d'un produit chimique, ce dernier peut être limité en protégeant la zone de stockage, en surveillant les conditions de stockage (identification et intégrité des contenants) et en respectant les consignes de sécurité lors des transvasements.

Il s'agit également de limiter au maximum les émissions de CO2 nécessaires à la phase chantier. A cet effet, des réflexions peuvent être engagées pour limiter ces émissions au niveau des déplacements des personnels de chantier, des matériaux et techniques utilisés, de la valorisation des déblais...

Objectifs à atteindre	Mesures envisagées
Réduire les dispersions de poussières lors d'opérations de mise en œuvre sur un sol naturel sec (terrassements, circulations d'engins et de camions sur l'emprise du chantier)	Fixer la poussière avec de l'eau : - si les conditions météorologiques favorisent le phénomène (temps sec et venteux), arroser de manière préventive - dès l'apparition des poussières, arroser les pistes de chantier - maîtriser les ruissellements, éventuellement causés par les opérations d'arrosage (quantité d'eau épandue...)
Réduire les dispersions lors d'opérations sur les matériaux fixes (reprises de béton, découpe de béton ou de bitume à la scie ou limiter les reprises au marteau piqueur...)	- mettre en place sur le chantier une démarche qualité pour limiter les reprises - humidifier, si possible au préalable la zone de travail - installer un dispositif d'aspiration ou au moins un déflecteur limitant la dispersion des poussières dans l'environnement
Éviter la dispersion des produits pulvérisés.	- stocker à l'abri du vent, s'assurer du respect des précautions de transvasement
Limiter les dispersions de poussières issues des équipements et des zones de stockage	- choisir opportunément le lieu d'implantation des équipements ou zones de stockage de matériaux en tenant compte des vents dominants et de la sensibilité du voisinage
Éviter la dispersion des produits potentiellement polluants	- protéger la zone de stockage (signalisation, contrôle de la circulation) - surveiller les conditions de stockage (identification et intégrité des contenants, respect des consignes de sécurité lors des transvasements)
Réduire les dispersions de poussières lors des opérations de transfert, chargement et déchargement de matériaux	- tenir compte des conditions météorologiques - bâcher éventuellement les camions - veiller à des déchargements avec précautions, respecter la zone définie pour les chargements - déchargements - humidifier lors du chargement des camions et arroser les pneumatiques
Réduire le risque d'incendie, principal vecteur de dispersion dans l'air	- s'assurer de la surveillance et de la présence de moyens de lutte contre l'incendie et de personnels qualifiés - interdire tout feu sur le chantier à l'exception des braisiers et tout point chaud dans la zone de stockage
Limiter les émissions de fumées et de poussières	- contrôler les équipements producteurs de fumées et de poussières (installation de combustion, de mélange...) - contrôler l'entretien et la maintenance des équipements (centrales à béton...) - vérifier la présence de dispositifs de filtration des poussières et fumées - mettre en place la couverture éventuelle des stockages dans certaines circonstances (produits fins, temps sec et venteux)
Maîtriser les problèmes liés au gaz d'échappements émis par les camions et engins de chantier	- s'assurer de la maintenance et de l'entretien des camions et engins - équiper les camions et engins de chantier de filtres à particules du matériel récent
Réduire les dégagements d'odeurs liés à la mise en œuvre de certains produits ou à la réalisation de certains travaux	- tenir compte des conditions météorologiques (vent) et de la proximité des riverains - informer le voisinage de la durée des travaux (bitanché, revêtement...) et de l'utilisation de produits odorants (peinture...) - Lors de l'utilisation d'engins pour la démolition, informer les riverains et éviter les conditions météorologiques défavorables des phases de démolition, démanteler par éléments aussi gros que possible

Tableau 32: Principes de mesures à mettre en œuvre durant la phase chantier

7. Monétarisation et analyse des coûts collectifs de la pollution atmosphérique

Le dossier d'étude d'impact pour les infrastructures de transport doit présenter un chapitre d'analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances induits pour la collectivité. La monétarisation des effets en euros permet de chiffrer les différents impacts liés aux nuisances et bénéfices du projet et ainsi de comparer des scénarios.

La note méthodologique de Février 2005 préconise la réalisation d'une évaluation des coûts collectifs relatifs aux effets de la pollution atmosphérique.

L'instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport présente la méthode pour évaluer les principaux impacts des nuisances à prendre en compte dans les bilans socio-économiques de projets d'infrastructure de transport. Cette instruction officialise les recommandations du rapport « Transports : choix des investissements et coût des nuisances », dit rapport « Boiteux II » et paru en 2001. Par la suite, les travaux du groupe du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective, présidé par Émile Quinet et portant sur l'évaluation socio-économique en 2013, ont proposé des évolutions méthodologiques et des révisions de certaines valeurs utilisées. Les deux référentiels dénommés « Boiteux II » et « Quinet » par la suite, ont été mis en œuvre, et les résultats sont présentés pour chaque méthode dans ce chapitre.

En ce qui concerne la pollution atmosphérique, deux évaluations doivent être effectuées :

- la monétarisation des effets sur la santé,
- la monétarisation de l'effet de serre.

7.1 Les effets sur la santé

Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé dépendent du niveau de pollution et de la sensibilité du milieu qui sera ici appréhendée par la densité de population du milieu.

7.1.1 Rapport « Boiteux »

La méthodologie

L'instruction cadre du 25 mars 2004 recommande l'utilisation des valeurs des coûts externes établies par le rapport « Boiteux II ». Ces valeurs intègrent la pollution locale de l'air sur la base de ses effets sanitaires. Pour les deux grands types de trafic VL et PL et trois milieux de densité différente (urbain dense, urbain diffus, rase campagne), le rapport « Boiteux II » fournit une valeur en euro de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique.

Les valeurs proposées sont reportées dans le tableau ci-dessous. Dans le cas de l'étude air des raccordements du Pont-Flaubert, l'aire d'étude s'inscrit dans un milieu urbain dense (densité >420 hab/km²) ou urbain diffus. L'affectation des classes de densité est identique pour les trois scénarios à l'horizon 2027 excepté pour la zone de l'éco-quartier qui est classée en « urbain dense » pour le scénario projet avec écoquartier et « urbain diffus » pour les deux autres.

	Urbain dense	Urbain diffus	Rase campagne
VL	2.9	1	0.1
PL	28.2	9.9	0.6

Tableau 33: Monétarisation des effets sanitaires de la pollution: valeurs proposées en 2000 - €/100veh.km

Évolution des valeurs :

Les valeurs des tableaux ci-dessus peuvent être considérées comme le produit de deux valeurs. L'une proportionnelle aux émissions polluantes, l'autre proportionnelle à la valeur de la vie humaine. La première devrait diminuer de 5,5 % par an sur la période 2000 – 2030 pour les véhicules légers, de 6,5 % par an pour les PL, les bus et les cars. Quand à la valeur de la vie, elle augmente comme la dépense de consommation par tête.

(Instruction cadre du 25 mars 2004). L'augmentation de la dépense de consommation est estimée comme constante et croissante de 1,6% par an (hypothèse faite dans « la demande de transports en 2025, octobre 2004 » établi par le Service économie, statistiques et prospectives de l'ex ministère de l'Équipement.). Cependant, il a été décidé de faire correspondre ces valeurs avec les hypothèses retenues pour le scénario de référence de l'étude socio-économique à savoir :

- +1.6% par an de 2000 à 2002
- +2.4% de 2002 à 2007
- +1.2% de 2007 à 2010
- +0.1% de 2010 à 2013
- +1% de 2013 à 2025

Les résultats

A partir des volumes de trafic circulant sur l'aire d'étude – bilan sur une journée moyenne- pour chaque type de véhicule et du cadre méthodologique présenté ci-dessus on peut déterminer le coût lié aux effets sur la santé pour les trois scénarios à l'horizon 2027.

	VL (veh.km)	PL (veh.km)	Coût (en €2000)
Situation FDL 2027	247 053	14 985	2 164
Projet sans écoq 2027	231 984	10 948	1 687
Projet avec écoq 2027	248 011	11 072	2 449

Tableau 34: Monétarisation des effets sanitaires de la pollution pour les scénarios étudiés d'après « Boiteux » (en €/jour)

	Ecart (en %)
Ecart scénario Projet sans écoquartier / Fil de l'eau 2027	-24.8%
Ecart scénario Projet avec écoquartier / Fil de l'eau 2027	+12.2%

Tableau 35: Monétarisation des effets sanitaires de la pollution: comparaison des scénarios – méthode « Boiteux »

7.1.2 Rapport « Quinet »

La méthodologie

Le rapport « Quinet » qui date de 2013 met à jour la méthode de calcul ainsi que les valeurs tutélaires à prendre en compte pour le calcul de la monétarisation des coûts environnementaux de l'impact des projets d'infrastructures.

Il modifie la typologie des densités de population en ajoutant deux catégories pour l'urbain, passant ainsi de 3 à 5 types :

	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Densité hab/km ²	< 37	37 à 450	450 à 1500	1500 à 4500	> 4500

Tableau 36: Classes de densité de population établie dans le rapport Quinet

Dans le cas de l'étude air des raccordements du Pont-Flaubert, l'aire d'étude s'inscrit dans un milieu urbain dense à très dense. L'affectation des classes de densité est identique pour les trois scénarios à l'horizon 2027 excepté pour la zone de l'éco-quartier qui est classée en « urbain très dense » pour le scénario projet avec écoquartier et « urbain dense » pour les deux autres.

Les valeurs tutélaires recommandées pour ces différents milieux :

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VL	15.8	4.3	1.7	1.3	0.9
PL	186.6	37.0	17.7	9.4	6.4

Tableau 37: Valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique 2010 en €/100km d'après « Quinet »

Évolution des valeurs

Les valeurs tutélaires sont établies pour l'année 2010. Il convient de les faire évoluer pour les horizons futurs. Le rapport « Quinet » recommande de faire évoluer les valeurs de la pollution atmosphérique en tenant compte de l'évolution des performances des véhicules en terme d'émission et de l'évolution du PIB par tête.

L'évolution des émissions est estimée à -6% par an sur la période 2010-2020, puis nulle ensuite. Les hypothèses d'évolution du PIB par tête ont été calquées sur celles prises en compte pour l'étude socio-économique :

- + 0.73% de 2010 à 2013,
- + 1.1% de 2014 à 2025,
- + 0.58% de 2025 à 2050.

Les résultats

A partir des volumes de trafic circulant sur l'aire d'étude – bilan sur une journée moyenne - pour chaque type de véhicules et du cadre méthodologique présenté ci-dessus, on peut déterminer le coût lié aux effets sur la santé pour les trois scénarios à l'horizon 2027.

	VL (veh.km)	PL (veh.km)	Coût (en €2010)
Situation FDL 2027	247 053	14 985	24 722
Projet sans écoq 2027	231 984	10 948	14 950
Projet avec écoq 2027	248 011	11 072	34 709

Tableau 38: Monétarisation des effets sanitaires de la pollution pour les scénarios étudiés d'après « Quinet » (en €/jour)

	Ecart (en %)
Ecart scénario Projet sans écoquartier / Fil de l'eau 2027	-49.3%
Ecart scénario Projet avec écoquartier / Fil de l'eau 2027	+33.6%

Tableau 39: Monétarisation des effets sanitaires de la pollution : comparaison des scénarios – méthode « Quinet »

7.1.3 Synthèse de monétarisation des effets de la pollution atmosphérique

Le tableau ci-dessous présente les gains ou pertes en termes de monétarisation des effets de la pollution atmosphérique des scénarios projet par rapport au scénario pris comme référence (Fil de l'eau) en 2027. Les résultats y figurent pour deux méthodes de calcul : l'ancien référentiel de l'instruction cadre de 2004 « Boiteux » et le plus récent présenté dans le rapport « Quinet » de 2013.

Les résultats obtenus par les deux méthodes ne peuvent être comparés, et seules les évolutions d'un scénario à l'autre peuvent être analysées.

	Méthode Boiteux Ecart €2000 par jour	Méthode Quinet Ecart €2010 par jour
Ecart scénario Projet sans écoquartier / Fil de l'eau 2027	-477 €	-9 771 €
Ecart scénario Projet avec écoquartier / Fil de l'eau 2027	+281 €	+9 987 €

Tableau 40: Monétarisation des effets sanitaires de la pollution: comparaison des scénarios

Le scénario projet sans réalisation de l'écoquartier se traduit par un gain par rapport au scénario de référence en 2027. A l'inverse, le scénario projet avec écoquartier entraîne une hausse du coût lié à la pollution atmosphérique. Ceci s'explique par le fait qu'à la fois les volumes de trafic et la population sur l'aire d'étude augmentent significativement pour ce scénario du fait de la réalisation de l'écoquartier Flaubert.

L'écart entre scénarios se trouve accentué pour la méthode « Quinet » du fait de la nouvelle typologie de classes de densité de population qu'elle introduit pour les calculs sur les zones les plus densément peuplées.

7.2 L'impact sur l'effet de serre

7.2.1 Rapport « Boiteux »

La monétarisation de l'impact sur l'effet de serre d'un projet routier est basée sur le coût de la tonne de carbone due au trafic. L'instruction cadre de mars 2004 suit les préconisations du rapport « Boiteux II » qui fixe le coût d'une tonne de carbone à 100€ (en euro 2000) constant sur la période 2000-2010 puis en augmentation de 3% par an ensuite. Cette augmentation est justifiée par le système de taxation qui devrait se mettre en place afin de permettre à la France de satisfaire aux engagements pris quant à la réduction de ses émissions de GES. Cette monétarisation de la tonne de carbone rejetée relève d'une démarche coût efficacité.

Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus avec la méthode « Quinet », le prix de la tonne de carbone a été convertie en euros 2010, soit 118 € (en euro 2010).

	2000-2010	> 2010
Coût de la tonne de carbone	100 € en euros 2000 118 € en euros 2010	+ 3% par an

Tableau 41: Valeurs tutélaires de l'effet de serre 2010 en €/100km d'après « Boiteux »

Le coût de l'impact sur l'effet de serre pour chaque scénario peut donc être calculé à partir des émissions de CO2 (cf chapitre 4.1) converties en équivalent carbone par l'application d'un coefficient 12/44 et en appliquant le coût présenté ci-avant.

	CO2 émis en tonnes par jour	CO2 émis en tonnes équ C par jour	Coût (en €2010)
Situation FDL 2027	62,1	16,9	3 302
Projet sans écoq 2027	55,1	15,0	2 929
Projet avec écoq 2027	61,7	16,8	3 281

Tableau 42: Monétarisation de l'impact sur l'effet de serre pour les scénarios étudiés méthode «Boiteux» (en €/jour)

7.2.2 Rapport « Quinet »

	2010	2010-2030	2030
Coût de la tonne CO2	32 € en euros 2010	+ 5.8% par an	100 € en euros 2010

Tableau 43: Valeurs tutélaires de l'effet de serre 2010 en €/100km d'après «Quinet»

Comme pour la méthode « Boiteux », le coût de l'impact sur l'effet de serre pour chaque scénario peut donc être calculé à partir des émissions de CO2 (cf chapitre 4.1.) sans conversion cette fois, puisque le coût s'applique directement à la tonne de CO2.

	CO2 émis en tonnes par jour	Coût (en € 2010)
Situation FDL 2027	62,1	1 413
Projet sans écoq 2027	55,1	1 253
Projet avec écoq 2027	61,7	1 404

Tableau 44: Monétarisation de l'impact sur l'effet de serre pour les scénarios étudiés méthode « Quinet » (en €/jour)

Les deux scénarios projet présentent un coût inférieur à celui du scénario de référence du fait de la diminution des émissions de CO2. Comme pour les émissions, c'est le scénario projet qui s'avère le moins coûteux, puisqu'il s'accompagne d'un raccourcissement des trajets et de l'absence du trafic généré par l'écoquartier.

7.2.3 Synthèse de la monétarisation de l'impact sur l'effet de serre

Le tableau ci-dessous présente les gains ou pertes en termes de monétarisation de l'impact sur l'effet de serre des scénarios projet par rapport au scénario pris comme référence (Fil de l'eau) en 2027. Les résultats y figurent pour deux méthodes de calcul : l'ancien référentiel de l'instruction cadre de 2004 « Boiteux » et le plus récent présenté dans le rapport « Quinet » de 2013.

Les résultats obtenus par les deux méthodes ne peuvent être comparés, et seules les évolutions d'un scénario à l'autre peuvent être analysées.

	Méthode Boiteux Ecart €2000 par jour	Méthode Quinet Ecart €2010 par jour
Ecart scénario Projet sans écoquartier / Fil de l'eau 2027	-373 €	-160 €
Ecart scénario Projet avec écoquartier / Fil de l'eau 2027	-20 €	-9 €

Tableau 45: Monétarisation des effets sanitaires de la pollution: comparaison des scénarios

La diminution des volumes de trafic et des émissions de CO2 à l'échelle de l'aire d'étude observée pour les deux scénarios se traduit par une baisse du coût de l'impact sur l'effet de serre par rapport au scénario de référence.

8. Références bibliographiques

- ADEME, 2011, Impacts des aménagements routiers sur la pollution atmosphérique, 68 pages
- ADEME, 2014, Impacts des limitations de vitesse sur la qualité de l'air, le climat, l'énergie et le bruit
- Air Normand, 2002, Evaluation de l'incertitude sur les concentrations de NO2 mesurées par les tubes à diffusion du fournisseur PASSAM AG. Application de la norme NF ISO 13752, rapport n°E-02-06
- Air Normand, 2009, Contournement Est de Rouen, Mesures de qualité de l'air, rapport n°08-03-09
- Air Normand, 2011, Bilan des teneurs en benzo(a)pyrène sur 4 sites haut-normands en 2010, 5 pages
- Air Normand, 2013, Bilan 2012, 30p, disponible aussi en pdf téléchargeable sur <http://www.air-com.asso.fr/Publications/Publications-telechargeables/Programmes-de-surveillance-Bilans>
- Air Normand, 2013-2, Campagne de mesure du dioxyde d'azote par échantillonneurs passifs sur le territoire de la Communauté de l'Agglomération Rouen Elbeuf Austreberthe, référencé n°11_16_13, 34 pages
- Air Normand, 2014, Bilan 2013, 39p, disponible aussi en pdf téléchargeable sur <http://www.air-com.asso.fr/Publications/Publications-telechargeables/Programmes-de-surveillance-Bilans>
- CEREMA, 2013, Ecoquartier Flaubert, Simulation dynamique de trafic, Direction Territoriale Normandie-Centre DITM/GMOD, 91 pages, réactualisation des données 2014
- CERTU-SETRA, 2005, Note méthodologique sur l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières, 52 pages
- CITEPA, 2014, Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France, Format SECTEN, 333 pages, disponible en pdf téléchargeable sur <http://citepa.org>
- CREA, 2013, PDU de l'agglomération Rouen-Elbeuf-Austreberthe, Rapport environnemental, 124 pages, disponible en pdf téléchargeable sur http://www.metropole-rouen-normandie.fr/files/publications/PDU/Projet-PDU-2013_environnement.pdf
- DREAL Haute-Normandie, Site OCE, Observatoire Climat Energie de Haute-Normandie, <http://www.climats-energies.hautenormandie.fr/>
- EMISIA, site COPERT 4, <http://www.emisia.com/copert/>
- ESMERALDA, Plateforme inter-régionale de cartographie et de prévision de la qualité de l'air - v2, <http://www.esmeralda-web.fr/index.php>
- INVS, 2004, Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires liés aux infrastructures routières, rapport du groupe de travail et annexes
- MEEDDM, 2010, décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air
- NUMTECH, 2015, Modélisation Eco-quartier Flaubert à Rouen, Impact de la morphologie du bâti à proximité d'un axe routier, ref 284.1214, 20 pages
- PPA Plan de Protection de l'Atmosphère de Haute-Normandie, 2013, 330 pages, téléchargeable sur le site <http://www.haute-normandie.developpement-durable.gouv.fr/plan-de-protection-de-l-atmosphere-a1204.html>
- PRSE Plan Régional Santé Environnement de Haute-Normandie 2010-2013, 2010, téléchargeable sur le site de l'ARS <http://www.ars.haute-normandie.sante.fr/Plan-Regional-Sante-environnem.121435.0.html>
- SRCAE Schéma Régional Climat Air Energie de la région Haute-Normandie, 2013, 342 pages, téléchargeable sur le site <http://www.haute-normandie.developpement-durable.gouv.fr/schema-regional-du-climat-de-l-air-a1353.html>
- Union Européenne, 2008, directive 2008/50/CE du Parlement Européen et du Conseil du 21 avril 2008 concernant la qualité de l'air et un air pur pour l'Europe
- Union Européenne, 2004, directive n°2004/107/CE du 15 décembre 2004 du Parlement européen et du Conseil concernant l'arsenic, le cadmium et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant

Annexe 1

Localisation des stations de mesures du réseau Air Normand sur l'agglomération de Rouen (2011)

Source : Air Normand, www.airnormand.fr

Carte

Localisation des stations de mesures d'Air Normand en 2011

Les stations "Urbanistes"

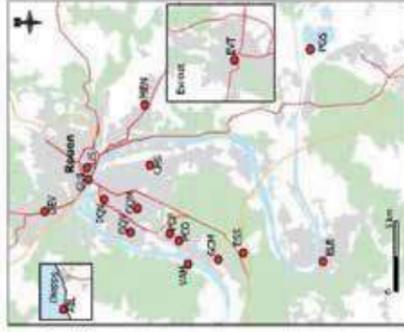
- JUS** SO₂, PM10, PM2.5, NO, NO₂, O₃, BTX, BAP, métaux toxiques - Station du Palais de Justice (Rouen centre) - rue Saint Lo - Rouen
- DEV** SO₂ - Parc du Logis - 346 route de Dieppe - Deville-les-Rouen
- CHS** SO₂, PM10, NO, NO₂, O₃ - Centre Hospitalier spécialisé du Rouvray - Souville-les-Rouen
- GQM** SO₂ - Rue Robert Legros - Grand-Quevilly
- EVT** PM10, NO, NO₂, O₃ - Station Evreux centre - Rue Tissandier - Evreux
- PQV** SO₂, PM10, PM2.5, NO, NO₂, NH₃ - allée Paul Gauguain - Petit-Quevilly

Les stations de "Trafic"

- GUI** CO, NO, NO₂, PM10, BTM - Station Guillaume le Conquérant - Boulevard des Belges - Rouen
+ BTX, NO_x - Quai du Havre - Rouen

Les stations "Périurbaines"

- MEN** O₃ - Gymnase Couderin (Plateau Est de Rouen) - Rue Pierre de Coubertin - Mesnil Evreux



Les stations "industrielles"

- PCP** SO₂, BTX - Ivonne - Rue de Rihorel - Petit-Couronne
+ BTX - impasse Berthier - Petit-Couronne
- PCO** SO₂, HT, HNM - Chateau d'eau - Rue du 11 Novembre - Petit-Couronne
- GCM** SO₂, PM10 - Ecole F. Buisson - Rue Ductos - Grand-Couronne
- VAH** SO₂ - Rue des Frères Duret - Val de la Haye

Les stations "rurales"

- AIL** O₃, PM10 - Phare d'Alby - Sainte Marguerite sur mer
- POS** O₃, PM10 - Base de loisirs de Lery Pous - Le Val de Reuil
Saint Sabin (sans corn) BAP - Ecole les Petits Tanouars - rue Amable Briand

Les stations "d'observation"

- ELB** O₃ - Chambre de Commerce et d'Industrie - Rue Henry - Elbeuf

Les stations météo

- GQV** DV, VV - Place Gabriel Peri - Grand-Quevilly (bouge)
- ESS** T - Pylône TDF des Essarts - Avenue Jean Lagarigue - Grand Couronne

SO ₂ dioxyde de soufre	T température
NO monoxyde d'azote	HR humidité relative
NO ₂ dioxyde d'azote	DV direction du vent
O ₃ ozone	VV vitesse du vent
FN fumées noires	SOL solénoimètre
PM10 et PM 2.5 particules en suspension	PL pluviomètre
HT hydrocarbures totaux	PA pression
HNM hydrocarbures non méthaniques	
CO monoxyde de carbone	
NH ₃ ammoniac	
BTX benzène toluène xylènes	
BAP benzopyrène	

Les stations "urbanistes"
Elles représentent l'air respiré par la majorité des habitants d'une agglomération. Elles sont placées en ville, hors de l'influence immédiate et directe d'une voie de circulation ou d'une installation industrielle.

Les stations de "Trafic"
Elles représentent l'exposition maximale sur les axes routiers à une forte circulation urbaine et rurale.

Les stations "Périurbaines"
Elles représentent l'exposition maximale à la pollution secondaire en zone habitée, sans l'influence directe d'une agglomération.

Les stations "industrielles"
Elles représentent l'exposition maximale sur les axes routiers directement à une pollution d'origine industrielle.

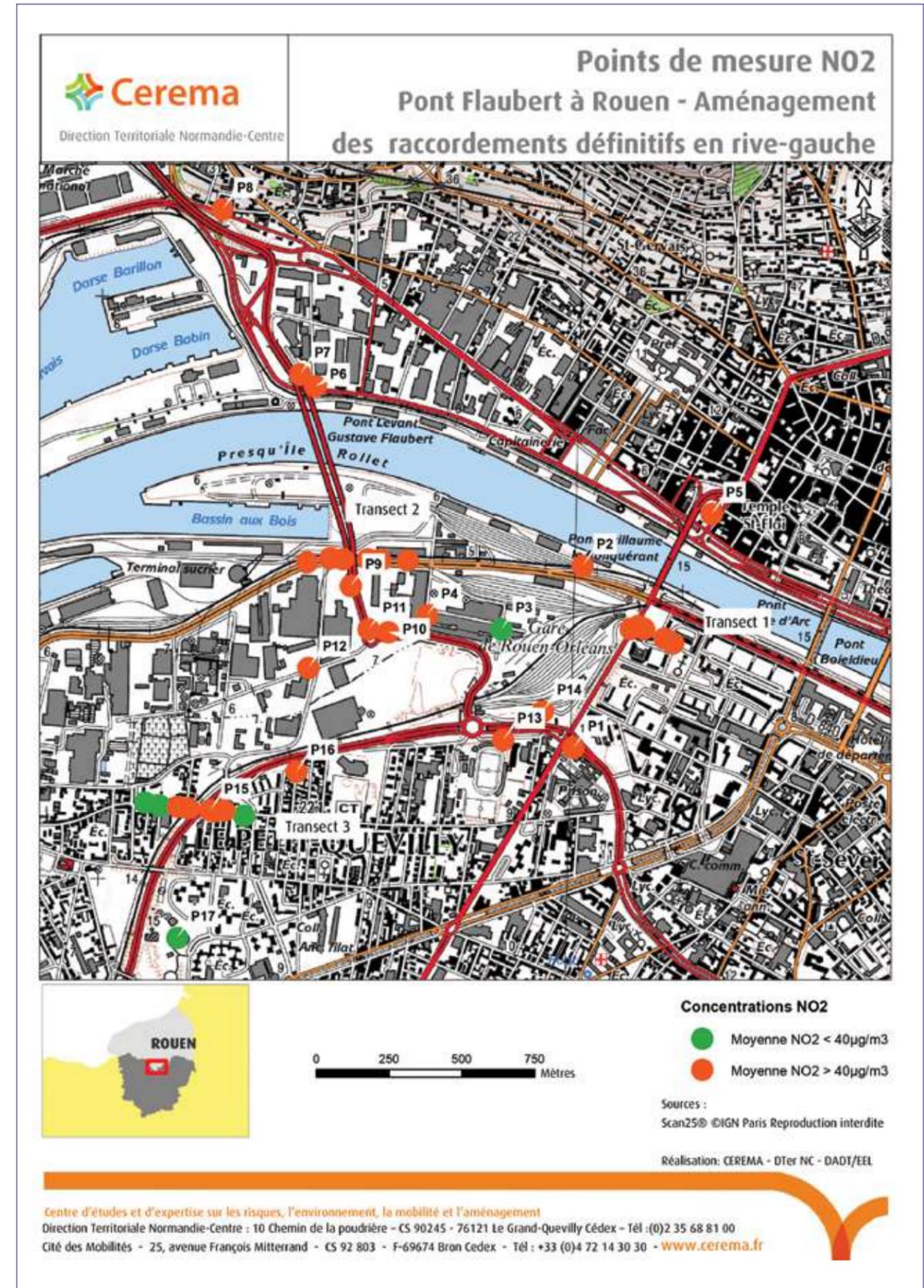
Les stations "d'observation"
Elles se trouvent sur des axes routiers importants et directs d'une voie de circulation ou d'une installation industrielle.

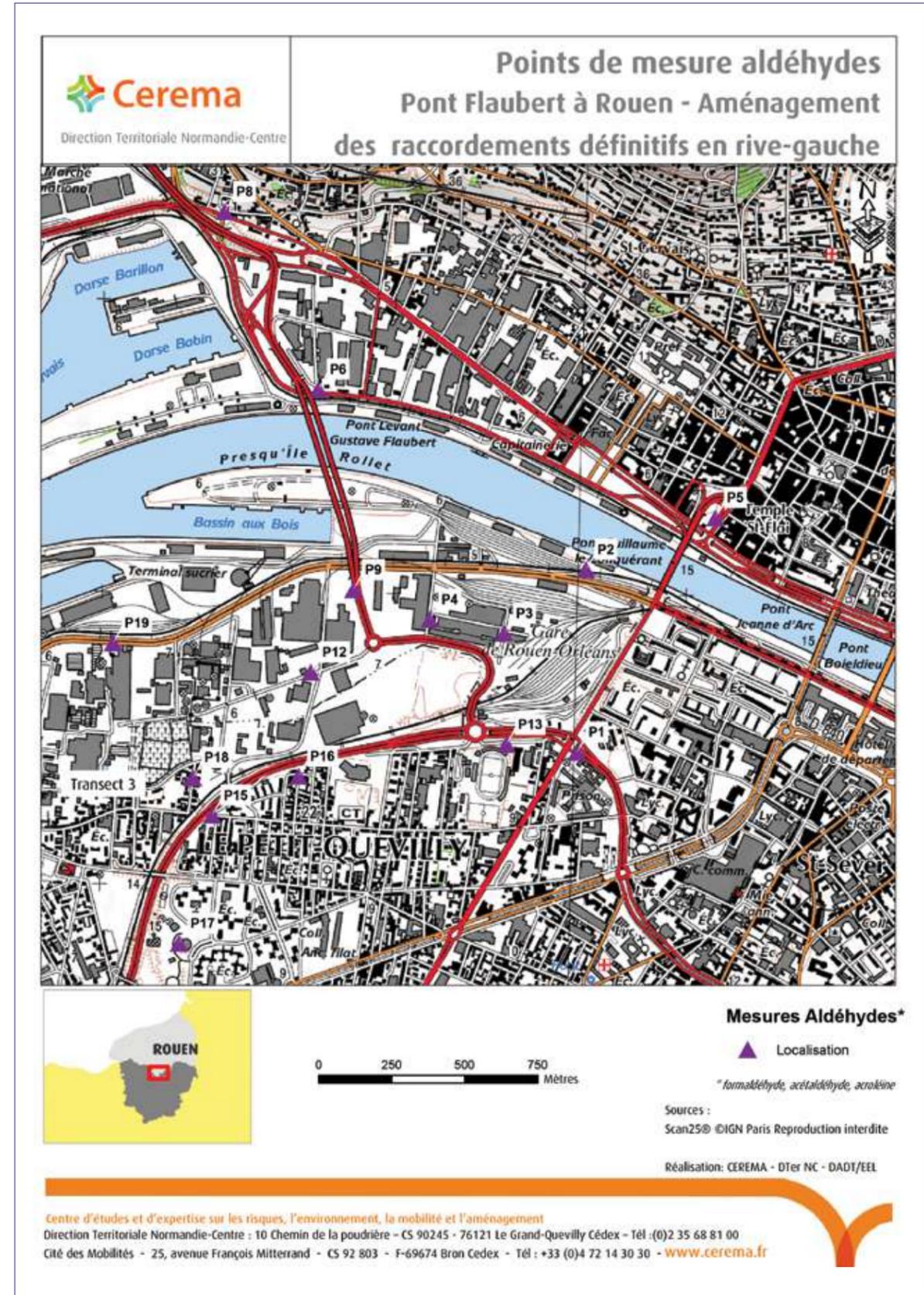
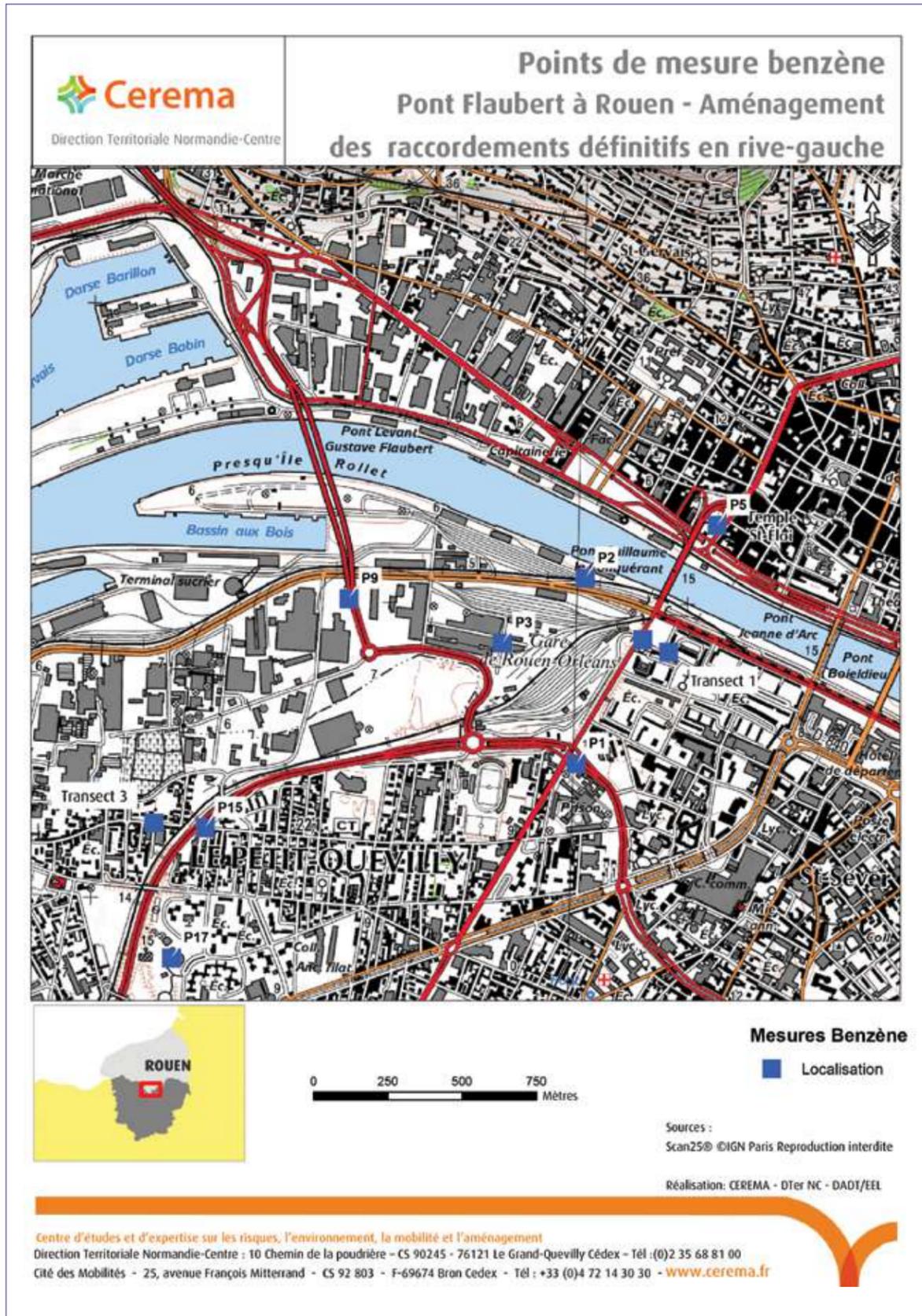
Les stations "rurales"
Elles représentent le niveau régional ou national la pollution des zones peu habitées.

Annexe 2

Localisation des points de mesures de la campagne spécifique menée en 2013 par le CEREMA

Cartographie





Annexe 3

Cadastres des émissions NOx et PM10

Comparaison des scénarios

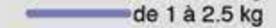
Emissions d'oxydes d'azote NOx

Cadastre des émissions routières

CEREMA DTer Normandie-Centre

Copyright BD Ortho IGN

Emissions de NOx (en kg/km/jour)

-  >15 kg
-  de 10 à 15 kg
-  de 5 à 10 kg
-  de 2.5 à 5 kg
-  de 1 à 2.5 kg
-  < 1 kg

comparaison des scénarios

INITIAL	FDL
PRO avec écoq	PRO sans écoq



Emissions particules PM10

Cadastre des émissions routières

CEREMA DTer Normandie-Centre

Copyright BD Ortho IGN

Emissions PM10 (en kg/km/jour)

- de 2.5 à 5 kg
- de 1 à 2.5 kg
- de 0.5 à 1kg
- de 0.25 à 0.5 kg
- < 0.25 kg

comparaison des scénarios

INITIAL

FDL

PRO avec écoq

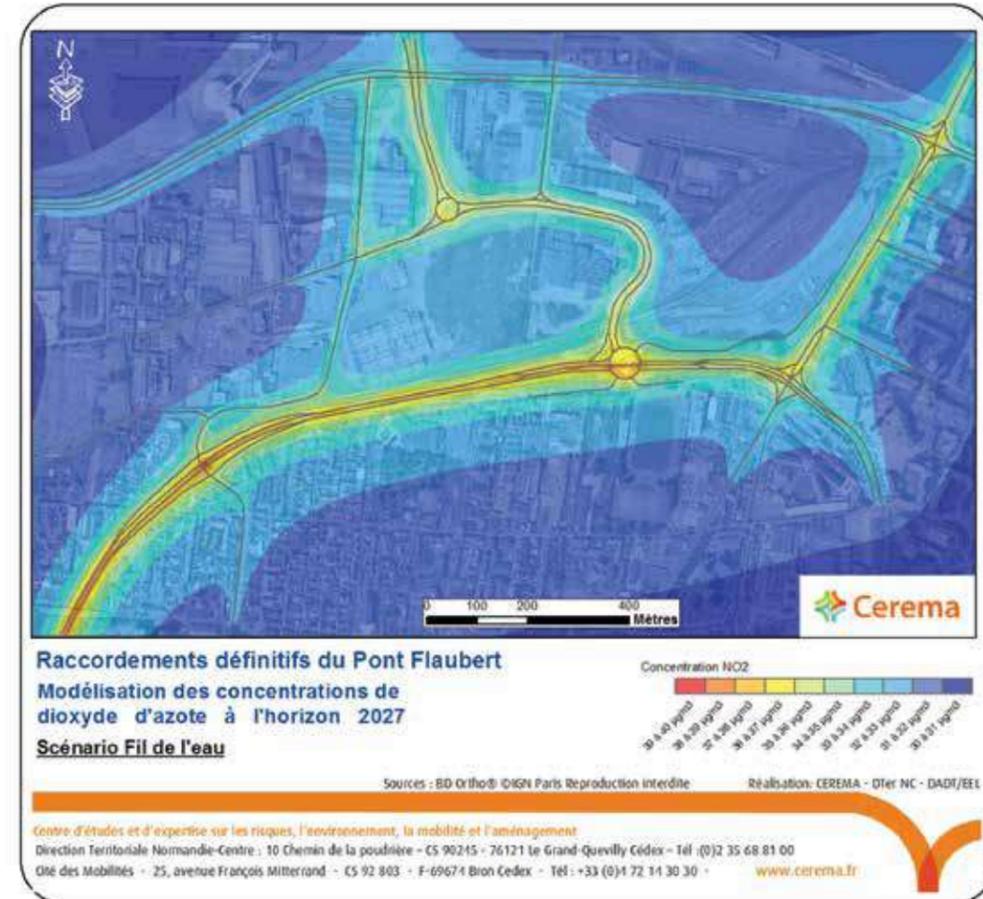
PRO sans écoq



Annexe 4

Modélisation de la concentration en polluants sur l'aire d'étude

Cartographie pour les polluants NO₂, PM₁₀, Benzène, Benzo(a)pyrène



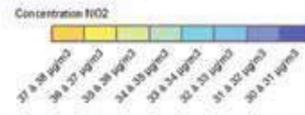
Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADI/EEL



Raccordements définitifs du Pont Flaubert
Modélisation des concentrations de
dioxyde d'azote à l'horizon 2027

Scénario Projet avec réalisation de l'écoquartier Flaubert



Sources : BD Ortho ©IGN Paris Reproduction interdite

Réalisation: CEREMA - DTer NC - DADI/EEL

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90215 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél : (0)2 35 68 81 00

Site des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 11 30 30 - www.cerema.fr

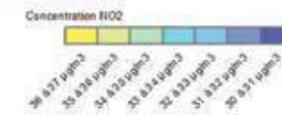
Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADI/EEL



Raccordements définitifs du Pont Flaubert
Modélisation des concentrations de
dioxyde d'azote à l'horizon 2027

Scénario Projet sans réalisation de l'écoquartier Flaubert



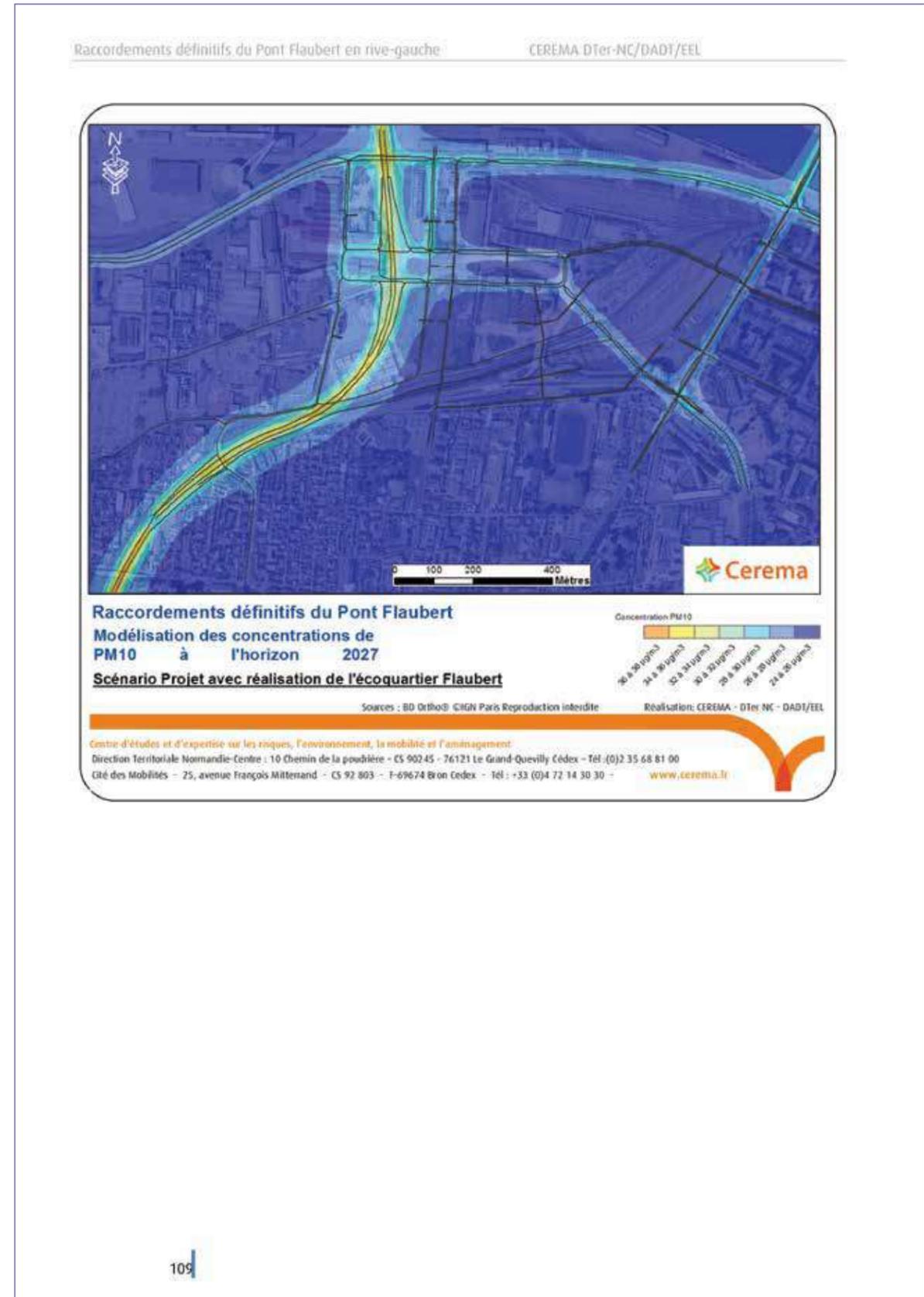
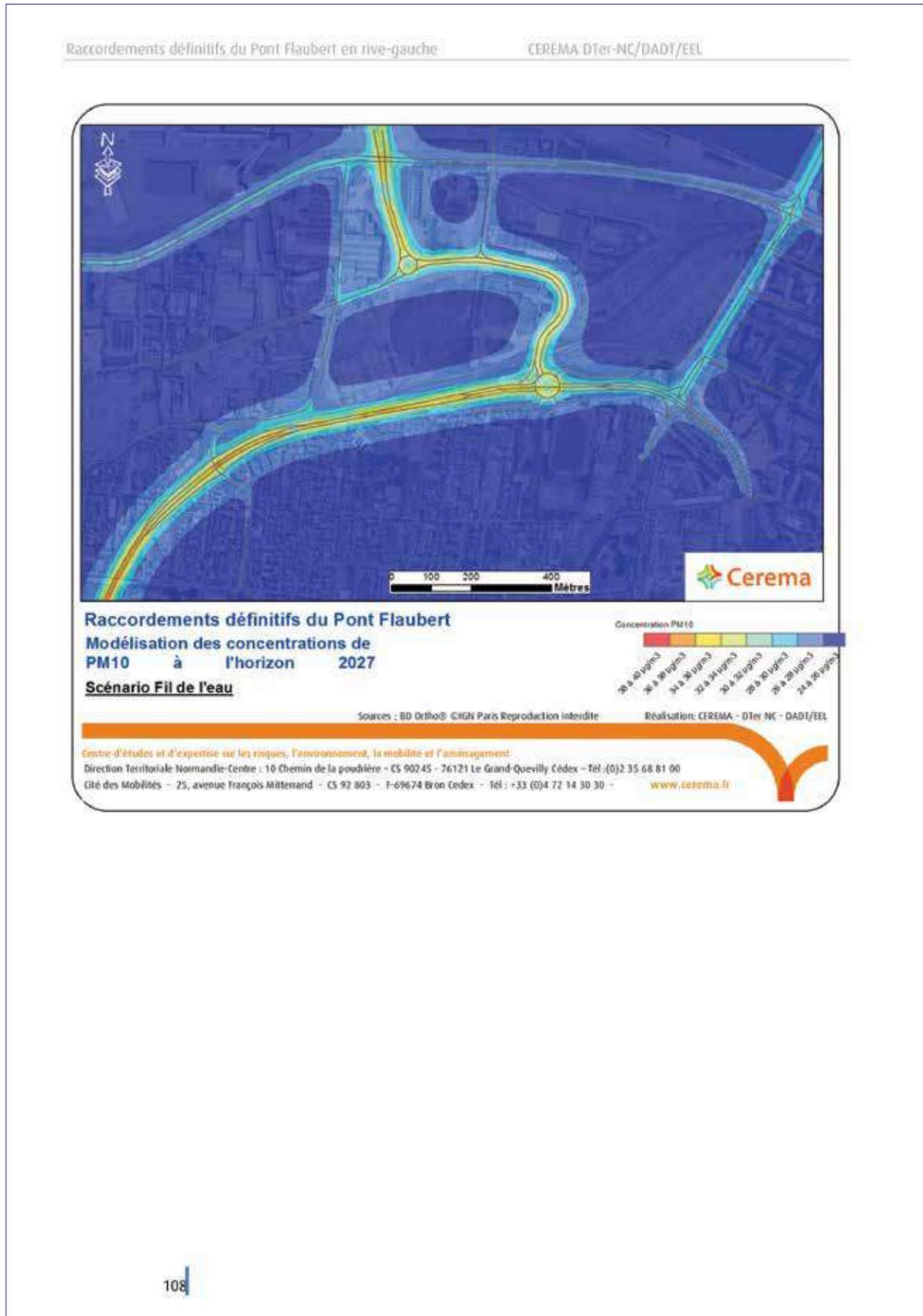
Sources : BD Ortho ©IGN Paris Reproduction interdite

Réalisation: CEREMA - DTer NC - DADI/EEL

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

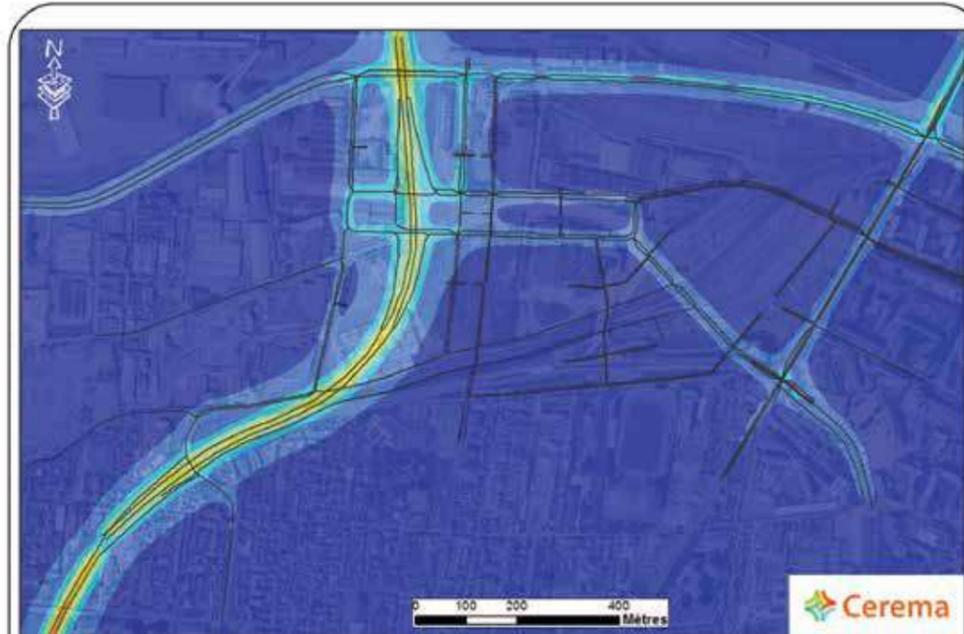
Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90215 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél : (0)2 35 68 81 00

Site des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 11 30 30 - www.cerema.fr



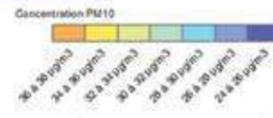
Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADI/EEL



Raccordements définitifs du Pont Flaubert
Modélisation des concentrations de
PM10 à l'horizon 2027

Scénario Projet sans réalisation de l'écoquartier Flaubert



Sources : BD Ortho © IGN Paris Reproduction interdite

Réalisation: CEREMA - DTer NC - DADI/EEL

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90245 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél. (0)2 35 68 81 00

Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 -

www.cerema.fr

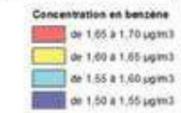
Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADI/EEL



Raccordements définitifs du Pont Flaubert
Modélisation des concentrations de
benzène à l'horizon 2027

Scénario Fil de l'eau



Sources : BD Ortho © IGN Paris Reproduction interdite

Réalisation: CEREMA - DTer NC - DADI/EEL

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90245 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél. (0)2 35 68 81 00

Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 -

www.cerema.fr

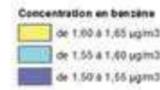
Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADI/EEL



Raccordements définitifs du Pont Flaubert
Modélisation des concentrations de
benzène à l'horizon 2027

Scénario Projet avec réalisation de l'écoquartier Flaubert



Sources : BD Ortho® IGN Paris Reproduction interdite

Réalisation: CEREMA - DTer-NC - DADI/EEL

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90245 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél : (0)2 35 68 81 00
Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr

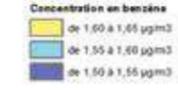
Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADI/EEL



Raccordements définitifs du Pont Flaubert
Modélisation des concentrations de
benzène à l'horizon 2027

Scénario Projet sans réalisation de l'écoquartier Flaubert



Sources : BD Ortho® IGN Paris Reproduction interdite

Réalisation: CEREMA - DTer-NC - DADI/EEL

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90245 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél : (0)2 35 68 81 00
Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADI/EEL



Raccordements définitifs du Pont Flaubert
Modélisation des concentrations de
benzo(a)pyrène à l'horizon 2027

Scénario Fil de l'eau



Sources : BD Ortho © IGN Paris Reproduction interdite

Réalisation: CEREMA - DTer NC - DADI/EEL

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90245 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél. (0)2 35 68 81 00
 Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DADI/EEL



Raccordements définitifs du Pont Flaubert
Modélisation des concentrations de
benzo(a)pyrène à l'horizon 2027

Scénario Projet avec réalisation de l'écoquartier Flaubert



Sources : BD Ortho © IGN Paris Reproduction interdite

Réalisation: CEREMA - DTer NC - DADI/EEL

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
 Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90245 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél. (0)2 35 68 81 00
 Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DAD1/EEL



Raccordements définitifs du Pont Flaubert
Modélisation des concentrations de
benzo(a)pyrène à l'horizon 2027

Scénario Projet sans réalisation de l'écoquartier Flaubert

Concentration en benzo(a)pyrène
0,4 à 0,5 ng/m³
0,3 à 0,4 ng/m³
0,2 à 0,3 ng/m³

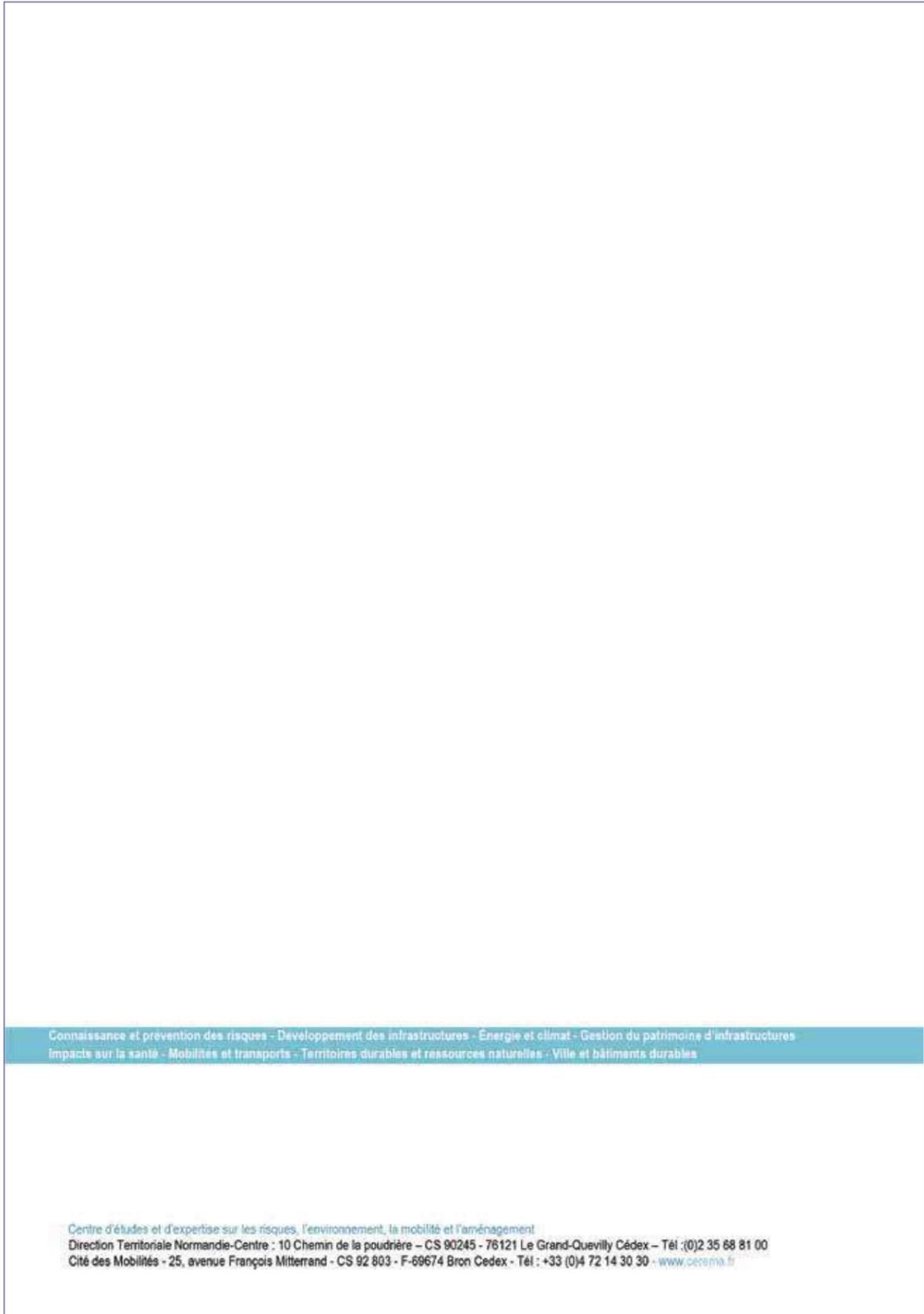
Sources : BD Ortho© IGN Paris Reproduction interdite

Réalisation: CEREMA - DTer-NC - DAD1/EEL

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90245 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél : (0)2 35 68 81 00
Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr

Raccordements définitifs du Pont Flaubert en rive-gauche

CEREMA DTer-NC/DAD1/EEL



Connaissance et prévention des risques - Développement des infrastructures - Énergie et climat - Gestion du patrimoine d'infrastructures
Impacts sur la santé - Mobilités et transports - Territoires durables et ressources naturelles - Ville et bâtiments durables

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Direction Territoriale Normandie-Centre : 10 Chemin de la poudrière - CS 90245 - 76121 Le Grand-Quevilly Cédex - Tél : (0)2 35 68 81 00
Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr

