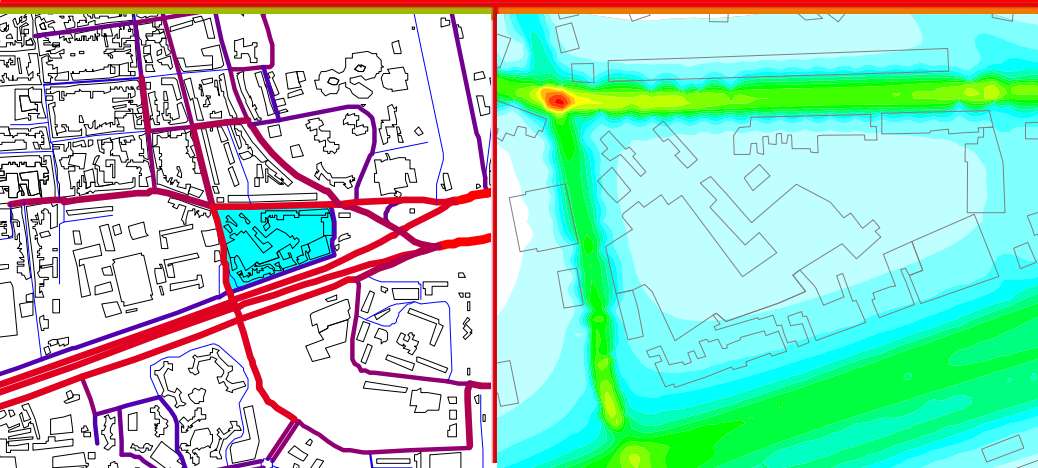


Rapport d'étude



Aide à la maîtrise d'ouvrage
Evaluation environnementale Air
Etude de renouvellement urbain - Ilot des ateliers municipaux
Saint-Pol-sur-Mer



Aide à la maîtrise d'ouvrage

Evaluation environnementale Air

Etude de renouvellement urbain -

Ilot des ateliers municipaux

Saint-Pol-sur-Mer

Rapport d'étude N° 02-2010-CB

30 pages (hors couvertures)

Parution : juin 2010

	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom	Charles BEUGARD	Nathalie SOHNE	Emmanuel FAURE
Fonction	Ingénieur d'Etudes	Ingénieur d'Etudes	Directeur Général

Conditions de diffusion

Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit être signalée par « source d'information Atmo Nord - Pas de Calais, rapport N° 02/2010/CB ».

Les données contenues dans ce document restant la propriété d'Atmo Nord - Pas de Calais peuvent être diffusées à d'autres destinataires.

Atmo Nord - Pas de Calais ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels l'association n'aura pas donné d'accord préalable.

Sommaire

Sommaire	2
Contexte et objectifs de l'étude	3
Domaine d'étude	4
Polluants surveillés	5
Le dioxyde de soufre (SO ₂)	5
Les oxydes d'azote (NO _x)	5
Les poussières en suspension (PS).....	5
Le monoxyde de carbone (CO).....	5
Repères réglementaires	6
Recommandations de l'OMS	6
Valeurs réglementaires en air ambiant	7
Caractéristiques de la qualité de l'air du secteur	8
Dioxyde de soufre SO ₂	9
Dioxyde d'azote NO ₂	10
Particules en suspension PM10	11
Ozone O ₃	12
Estimation des émissions de polluants	13
Données d'entrée	13
Méthode d'estimation	15
Cartes d'émissions.....	16
Paramètres de la modélisation	17
Présentation du modèle utilisé	17
Domaine de simulation	18
Données météorologiques	18
Données de terrain	18
Réactions chimiques et pollution de fond	19
Prise en compte des rues canyon	19
Grilles de calcul et sorties	19
Résultats des simulations	20
Phase 1 - Diagnostic	20
Phase 2 - Evaluation des scénarii	22
Conclusion	29

Contexte et objectifs de l'étude

Dans le cadre de l'étude de renouvellement urbain sur le secteur des ateliers municipaux de Saint-Pol-sur-Mer, La Communauté Urbaine Dunkerque Grand Littoral a mandaté Atmo Nord – Pas-de-Calais pour la réalisation d'une étude d'aide à la maîtrise d'ouvrage sur les thématiques Air et Bruit.

Cette mission consiste à apporter au maître d'ouvrage une expertise sur les questions relatives à la qualité de l'air et au bruit tout au long du projet, en quantifiant les impacts environnementaux relatifs des différents scénarii d'aménagement, dans les domaines air et bruit uniquement, par le biais de leur modélisation.

Le présent rapport traite de l'évaluation des impacts sur la qualité de l'air.

La première phase de l'étude consiste en une analyse et un diagnostic de l'existant visant à mettre en évidence les caractéristiques du site au regard de la qualité de l'air. Ce diagnostic s'appuie sur une analyse des données de la station de mesure de Saint-Pol-sur-Mer, et sur la modélisation.

La seconde phase consiste en une analyse de l'impact sur la qualité de l'air des différents scénarii d'aménagement, tenant compte de leurs incidences en terme d'organisation de l'espace (voirie, formes urbaines) et de programmation de logements.

Domaine d'étude

L'étude de renouvellement urbain porte sur l'îlot accueillant les ateliers municipaux. Situé à l'est et à l'entrée de la commune de Saint-Pol-sur-Mer, ce secteur d'environ 2 hectares est bordé par la rue de la République au nord, la rue Jean-Baptiste Trystram à l'ouest, et le quai Wilson au sud et à l'est (figure 1).

C'est un îlot urbain entouré de maisons de ville occupé en son cœur principalement par les hangars de la Ville de Saint-Pol-sur-Mer, et au sud-est par des concessions automobiles.

L'îlot est intégré dans un tissu urbain dense, proche du cœur d'agglomération, et composé de maisons de ville, de grands ensembles et de services. Il est en proximité directe de la RD 601 (ex. RN1), et bordé au nord par une pénétrante majeure de la ville (rue de la République), empruntée par le réseau de bus urbains.

Enfin le secteur est situé à environ 1000 m des premiers établissements de la zone industrielle du Port Est, et à environ 2.5 km des principaux points d'émissions industrielles canalisées.



Figure 1 : emprise de l'étude de renouvellement urbain

Le périmètre d'intervention initial du projet de renouvellement urbain est délimité par les rues de la République et Jean-Baptiste Trystram, et le quai Wilson. Cependant, les parcelles situées à l'est dans le prolongement de l'îlot, sur la commune de Dunkerque, ont été intégrées à la réflexion sur les scénarii d'aménagement.

Polluants analysés dans l'étude

Le dioxyde de soufre (SO₂)

La combustion du charbon ou des dérivés du pétrole, dégage du gaz carbonique mais aussi du dioxyde de soufre. Ce gaz irritant provient des installations de chauffage, de certains procédés de fabrication industrielle et des gaz d'échappement des véhicules.

En association avec les particules en suspension, et selon les concentrations, il peut déclencher des effets bronchospastiques chez l'asthmatique, augmenter les symptômes respiratoires chez l'adulte et altérer la fonction respiratoire chez l'enfant.

L'analyse du dioxyde de soufre s'effectue par fluorescence du rayonnement U.V.

Les oxydes d'azote (NO_x)

Ils se forment à haute température. C'est une combinaison entre l'oxygène et l'azote présents dans l'air ou dans les combustibles. Là encore, sont incriminés, les foyers de combustion, les procédés industriels et surtout la circulation automobile. Le dioxyde d'azote est un gaz agressif pulmonaire pouvant altérer la fonction respiratoire, voire augmenter chez les enfants la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.

Les oxydes d'azote sont analysés dans l'air ambiant par chimiluminescence.

Les poussières en suspension (PS)

Une partie des poussières qui se trouvent dans l'air est d'origine naturelle, mais s'y ajoutent des particules de compositions chimiques diverses émises notamment par les installations de combustion, les transports et les moteurs diesels. Elles peuvent provoquer des difficultés respiratoires chez les personnes fragiles, notamment chez l'enfant. Certaines d'entre elles ont des propriétés mutagènes ou cancérigènes.

La technique utilisée, le TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance) est basée sur le principe de la microbalance à quartz. Elle mesure l'accumulation, en masse, des particules sur un filtre fixé sur quartz oscillant.

La variation de fréquence du quartz est utilisée pour mesurer en continu et en direct la masse des particules accumulées.

Le monoxyde de carbone (CO)

Formé lors de combustions incomplètes, il est essentiellement émis par les véhicules automobiles ou les installations de combustion mal réglées. Sa concentration naturelle dans l'air se situe entre 0,01 et 0,23 mg/m³ (0,01-0,20 ppm). Particulièrement assimilable dans le sang, il asphyxie nos globules rouges en empêchant l'assimilation de l'oxygène. A très forte dose, il est mortel. A concentration plus faible et répétée, il peut entraîner des maladies cardio-vasculaires ou relatives au système nerveux.

La mesure du monoxyde de carbone se fait par absorption infra-rouge.

Repères réglementaires

Pour l'interprétation des données, nous disposons de diverses réglementations et recommandations.

Recommandations de l'OMS

Le bureau européen de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a élaboré, avec l'aide de spécialistes, des recommandations sur la qualité de l'air.

● Le tableau suivant regroupe les différents seuils recommandés (valeurs à ne pas dépasser) pour les polluants (Données 1999 - Source : Guidelines for Air Quality, WHO, Geneva 2000)

Tableau 1 : seuils recommandés par l'OMS

Seuils	Sur 1h	Sur 8h	Sur 24h	Sur la semaine	Sur l'année
Poussières PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	25	-	10
Poussières PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	50	-	20
Dioxyde de soufre SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	500 (pour 10 minutes)	-	20	-	50
Dioxyde d'azote NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200	-	-	-	40
Ozone O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	100	-	-	-
Monoxyde de carbone CO (mg/m^3)	30	10	-	-	-
Plomb Pb (ng/m^3)	-	-	-	-	500
Manganèse Mn (ng/m^3)	-	-	-	-	150
Cadmium Cd (ng/m^3)	-	-	-	-	5
Toluène (mg/m^3)	1 (pour 30 minutes)	-	-	0,26	-
Formaldéhyde (mg/m^3)	0,1 (pour 30 minutes)	-	-	-	-
Acétaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	-	50

Valeurs réglementaires en air ambiant

Les valeurs réglementaires (seuils, objectifs, valeurs limites...) sont définies au niveau européen dans des directives, puis elles sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

L'**objectif de qualité** est un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base de connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

La **valeur limite** est un niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

(Source : Article L. 221-1 du Code de l'Environnement)

- Le tableau suivant regroupe les valeurs pour chaque polluant réglementé :

Tableau 2 : valeurs réglementaires

Polluant	Normes Valeurs limites et objectifs de qualité			
	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne horaire	
dioxyde de soufre (SO ₂)	50 µg/m ³ (objectif de qualité)	125 µg/m ³ (- de 3 jours/an ou Percentile 99.2)	350 µg/m ³ (- de 24 heures/an ou Percentile 99.7))	-
dioxyde d'azote (NO ₂)	40 µg/m ³ (valeur limite) 40 µg/m ³ (objectif de qualité)	-	200 µg/m ³ (- de 175 heures/an ou Percentile 98) 200 µg/m ³ (- de 18 heures/an ou Percentile 99.8)	-
poussières (PM10)	40 µg/m ³ (valeur limite) 30 µg/m ³ (objectif de qualité)	50 µg/m ³ (- de 35 jours/an ou Percentile 90.4)	-	-
monoxyde de carbone (CO)	-	-	-	moyenne glissante sur 8 heures : 10 mg/m ³
ozone (O ₃)		65 µg/m ³ (protection de la végétation)	200 µg/m ³ (protection de la végétation)	120 µg/m ³ Sur 8 heures (objectif de qualité)

Caractéristiques de la qualité de l'air du secteur

Pour caractériser la qualité de l'air du secteur, il est possible de se référer aux mesures de la station du réseau d'Atmo Nord – Pas de Calais la plus proche.

La station de Saint-Pol-sur-Mer de typologie urbaine, est localisée à l'école Vancauwenberghe, 80 avenue E. Flamand, à environ 1 800 mètres de notre domaine d'étude.

Les similitudes d'environnement de la proximité de la station et du domaine d'étude, en termes de densité de population et, d'émetteurs potentiels, permettent de considérer que la station est représentative de notre domaine d'étude.

Les polluants suivis sont le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les particules en suspension et l'ozone.

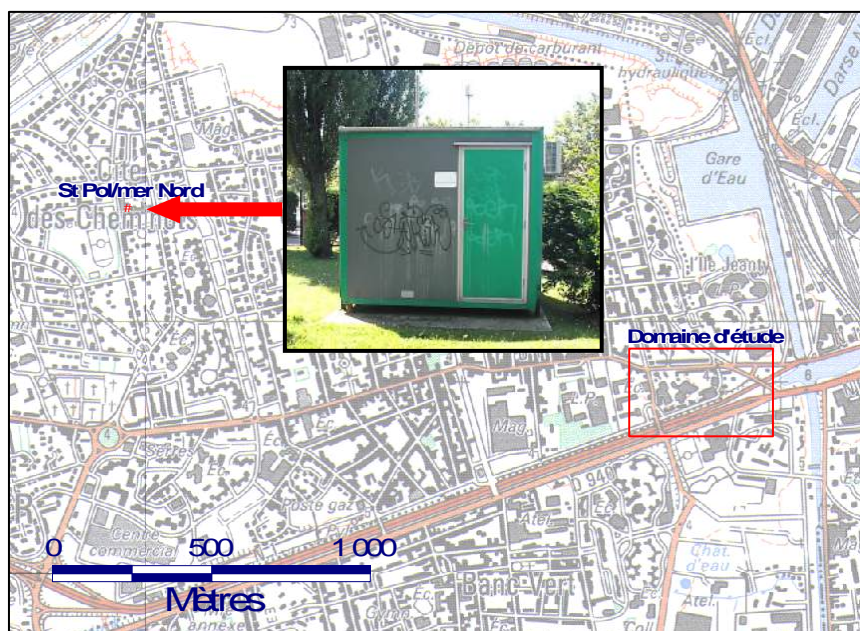


Figure 2 : localisation de la station de mesure de Saint-Pol-sur-Mer

Dioxyde de soufre SO₂

Les valeurs moyennes annuelles sont supérieures à la moyenne régionale, à cause de l'influence de la proximité de plusieurs établissements industriels émetteurs de SO₂. La plupart des pics de SO₂ se produisent en période estivale, à la faveur des brises côtières qui rabattent les rejets industriels vers l'agglomération de Dunkerque. Néanmoins, les seuils réglementaires sont respectés, tant en moyenne annuelle et percentiles, que dans le cadre de la procédure d'alerte.

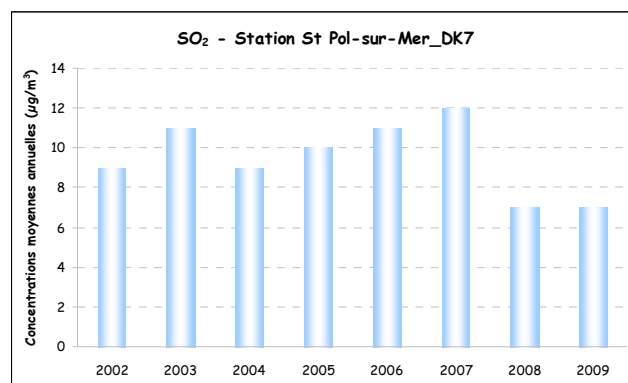


Figure 3 : concentrations moyennes annuelles en SO₂

Tableau 3 : Comparaison des résultats de la station avec la réglementation (en µg/m³)

Année	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne horaire	Moyenne sur 8 heures glissantes
2002	9	P99,2 = 45	P99,7 = 115	
2003	11	P99,2 = 60	P99,7 = 135	
2004	9	P99,2 = 45	P99,7 = 121	
2005	10	P99,2 = 45	P99,7 = 115	
2006	11	P99,2 = 63	P99,7 = 152	
2007	12	P99,2 = 68	P99,7 = 176	
2008	7	P99,2 = 50	P99,7 = 134	
2009	7	P99,2 = 34	P99,7 = 104	

Tableau 4 : Procédure d'alerte (en µg/m³ sur 1 h)

Année	Seuil d'information	Nombre de dépassements du seuil d'information	Seuil d'alerte	Nombre de dépassements du seuil d'alerte
2002	300	0	500	0
2003		4		0
2004		0		0
2005		0		0
2006		0		0
2007		0		0
2008		0		0
2009		0		0

Dioxyde d'azote NO₂

Les valeurs en NO₂ mesurées sur la station de Saint-Pol-sur-Mer sont en règle générale assez représentatives de la pollution urbaine de fond, en retrait des principales sources. L'influence industrielle est assez peu sensible. Les valeurs réglementaires sont respectées, et aucun seuil d'information n'a été franchi depuis le démarrage de la mesure en 2007.

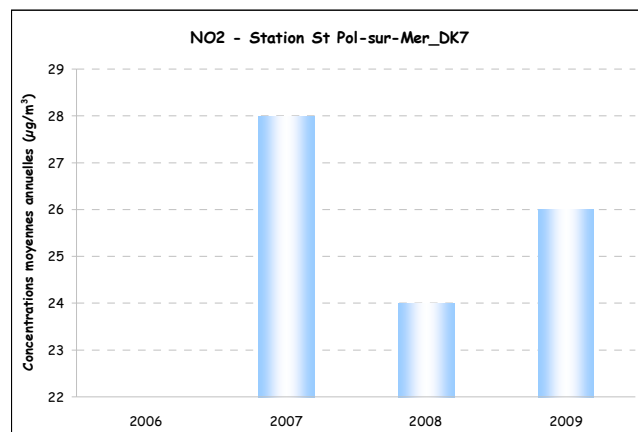


Figure 4 : concentrations moyennes annuelles en NO₂

Année	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne horaire	Moyenne sur 8 heures glissantes
2007	28		P98 = 73 P99,8 = 92	
2008	24		P98 = 69 P99,8 = 93	
2009	26		P98 = 70 P99,8 = 91	

Année	Seuil d'information	Nombre de dépassements du seuil d'information	Seuil d'alerte	Nombre de dépassements du seuil d'alerte
2007	200	0	400	0
2008		0		0
2009		0		0

Particules en suspension PM10

L'objectif de qualité ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) et la valeur limite en percentile 90,4 sont dépassés sur la station de Saint-Pol-sur-Mer, depuis 2007, date de la mise en œuvre de la mesure de la fraction volatile des particules en suspension, qui jusqu'alors n'était pas estimée. D'après les estimations, ce dépassement concernait, en 2008, la quasi-totalité de la région Nord Pas-de-Calais.

On observe en parallèle de nombreux dépassements individuels du seuil d'information ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne glissante 24 heures) sur cette station.

Saint-Pol-sur-Mer subit, pour les particules en suspension, à la fois l'influence des émetteurs industriels proches, et les phénomènes d'ampleur régionale liés aux conditions météorologiques et aux transports longue distance des particules.

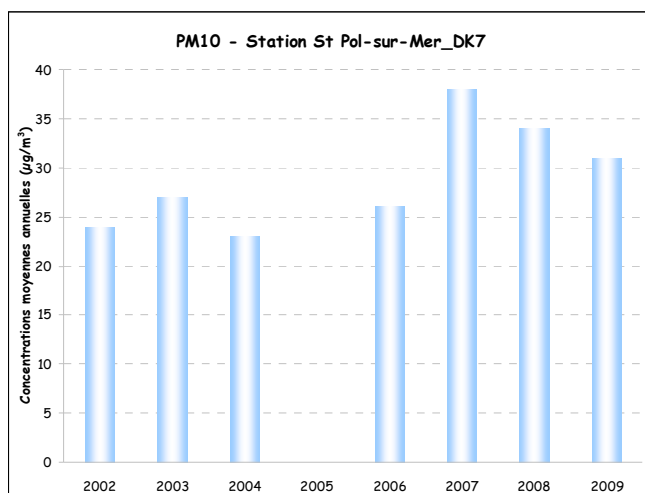


Figure 5 : concentrations moyennes annuelles en PM10

Tableau 7 : Comparaison des résultats de la station avec la réglementation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Année	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne horaire	Moyenne sur 8 heures glissantes
2002	24	P90,4 = 41		
2003	27	P90,4 = 48		
2004	23	P90,4 = 39		
2005				
2006	26	P90,4 = 42		
2007	38 (> Objectif de qualité)	P90,4 = 67		
2008	34 (> Objectif de qualité)	P90,4 = 55		
2009	31 (> Objectif de qualité)	P90,4 = 53		

Tableau 8 : Au niveau de la procédure d'alerte (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 h glissantes)

Année	Seuil d'information	Nombre de dépassements du seuil d'information	Seuil d'alerte	Nombre de dépassements du seuil d'alerte
2004	80	0	125	0
2005				
2006		41		0
2007		356		33
2008		190		24
2009		153		0

Ozone O₃

En règle générale le littoral n'est pas caractérisé par des fréquents épisodes de pollution par l'ozone, l'ampleur des phénomènes photochimiques y étant souvent limitée par les phénomènes locaux de brises côtières.

Néanmoins des dépassements du seuil d'information peuvent survenir à la faveur de conditions favorables aux épisodes photochimiques, comme en août 2009.

L'objectif de qualité en moyenne glissante 8 heures est également dépassé, comme c'est le cas de façon systématique sur les mesures d'ozone dans la région.

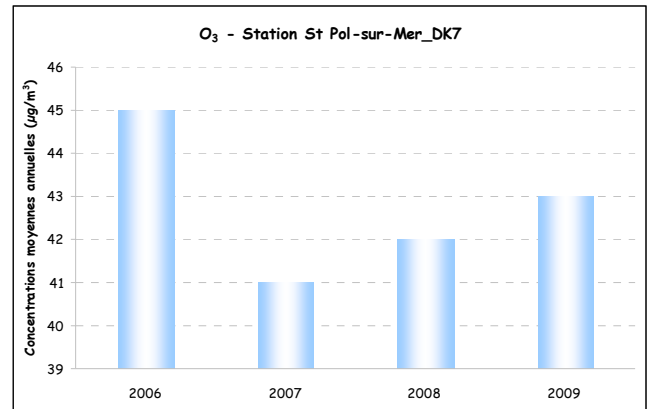


Figure 6 : concentrations moyennes annuelles en O₃

Année	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne horaire	Moyenne sur 8 heures glissantes	
2006		69 dépassements		16 dépassements	
2007		35 dépassements		1 dépassement	
2008				Objectif de qualité : 2 dépassements	Valeur cible dépassée 6 fois en moy.
2009				Objectif de qualité : 10 dépassements	

Année	Seuil d'information	Nombre de dépassements du seuil d'information	Seuil d'alerte	Nombre de dépassements du seuil d'alerte
2002	180	0	240 300 360	0
2003		0		0
2004		0		0
2005		5		0
2006		0		0
2007		0		0
2008		0		0
2009		1		0

Estimation des émissions de polluants

Données d'entrée

En règle générale, la modélisation urbaine intègre 3 types de sources de polluants :

- les sources linéaires (routes)
- les sources ponctuelles (cheminées d'usines)
- les sources surfaciques (habitat, ou secteur résidentiel et tertiaire)

Les données qui y sont associées dans le modèle, correspondent aux sources de polluants explicites définies par les activités émettrices de polluants. Ajoutées à d'autres types de sources (p.e. autres transports, agriculture et sylviculture, etc.), ces données forment un inventaire des émissions de polluants qui vise à spatialiser de la manière la plus exhaustive possible les émissions.

La méthode de modélisation employée dans cette étude est basée sur **une simulation de la dispersion des polluants émis par des sources linéaires, avec utilisation d'une pollution de fond urbaine**. Ce choix s'appuie sur deux constats :

- en dehors du trafic automobile il existe peu d'activités sensiblement émettrices de polluants dans le domaine d'étude, tant dans l'évaluation de l'état initial que dans l'évaluation des scénarii ;
- les données d'activités ne sont disponibles à haute résolution que pour le trafic ; les données liées au secteur résidentiel par exemple ne sont disponibles qu'à l'ilot INSEE.

Dès lors, la constitution de l'inventaire des émissions se limitait au trafic automobile. **Les tronçons routiers situés dans un rayon de 500 mètres depuis le centre de la zone d'étude ont été sélectionnés.**

Des contacts ont donc été pris avec la Direction des Transports de la Communauté Urbaine de Dunkerque pour obtenir les données disponibles. Suite à ces échanges la Communauté Urbaine a réalisé, pour les besoins de l'étude, une série de comptages du trafic sur les tronçons situés de part et d'autre du domaine. Cette action a permis d'obtenir des données récentes et couvrant toutes les rues entourant l'ilot des ateliers municipaux.

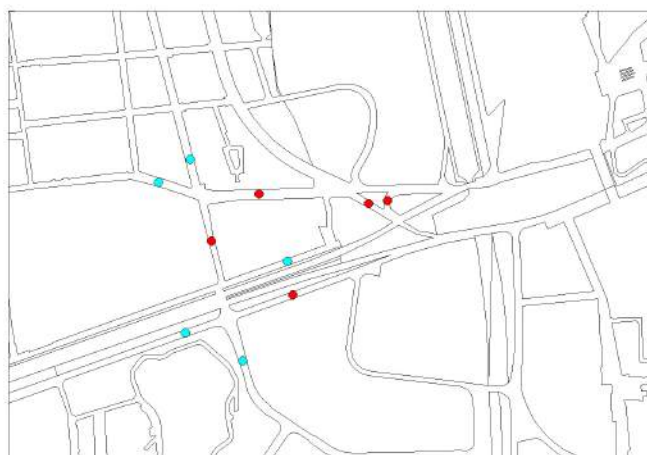


Figure 7 : localisation des comptages trafic

Pour les autres tronçons, deux options sont possibles :

- utilisation des sorties d'un modèle de trafic (étude commanditée par la Communauté Urbaine de Dunkerque, basée sur une enquête de déplacements de 2006),
- attribution d'une valeur forfaitaire sur les autres tronçons non renseignés par exemple de 50 véh./jour en TMJA^[1].

Les données de comptages sont basées sur une campagne d'une semaine, permettant d'estimer :
TMJO^[2] + moyenne samedi + moyenne dimanche.

Le TMJA a donc été estimé par la formule :

$$\text{TMJA} = \text{TMJO} \times 0.9$$

Les sorties modèle étaient exprimées en trafic à l'heure de pointe du soir (HPS). Pour estimer le TMJO la formule généralement admise est :

$$\text{TMJO} = 10 \times \text{HPS}$$

Au final **135 tronçons routiers** ont été décrits dans l'inventaire des émissions. Leur géométrie est extraite de la BD TOPO de l'IGN.

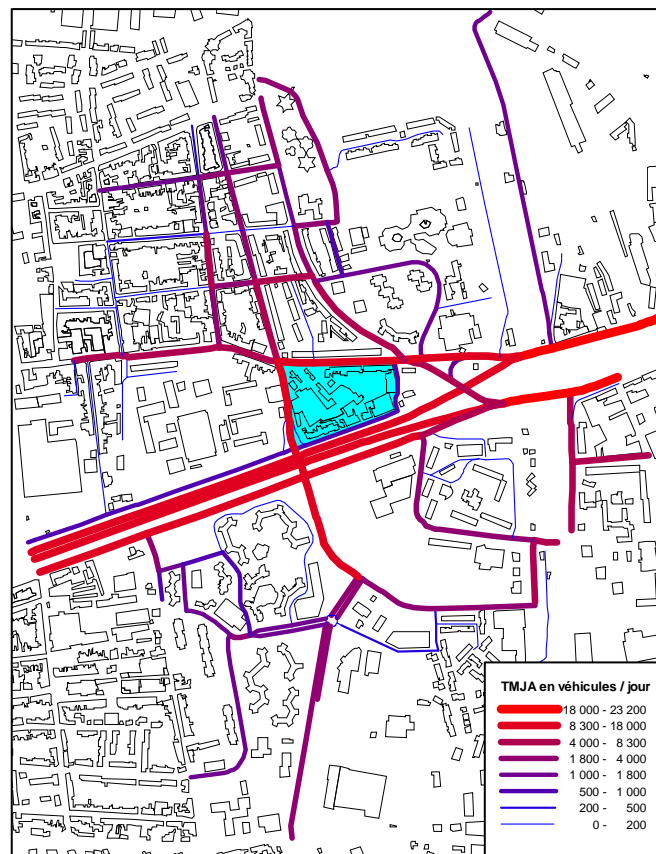


Figure 8 : TMJA sur les tronçons routiers de l'étude

¹ Trafic moyen journalier annuel

² Trafic moyen des jours ouvrés

Méthode d'estimation

Afin d'estimer les émissions de polluants à partir des comptages routiers, le logiciel CIRCULAIR, développé par l'ASPA^[3] dans le cadre du projet transfrontalier Atmo-rhena INTERREG III, a été utilisé

Cet outil utilise :

- Une base de données d'émissions unitaires et de consommation pour chaque catégorie de véhicules du parc français susceptibles d'être présents sur la voirie aujourd'hui et dans les années à venir. Ces données sont issues des travaux d'un groupe d'experts européens qui ont conduit à la réalisation de COPERT III puis COPERT IV (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport) pour le compte de l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE).
- Un jeu de données sur la structure annuelle du parc français de véhicules (nombre et kilométrage moyen) de 1995 à 2020, élaboré au sein du CITEPA.

Parmi les paramètres à définir dans cet outil, on compte :

- le flux de véhicules légers, de poids lourds ou de deux roues (TMJA),
- le pourcentage des véhicules utilitaires légers parmi les véhicules légers,
- la vitesse des véhicules dans la voie en valeur maximale,
- les caractéristiques de la chaussée (nombre de voies, pente, longueur),
- la capacité de la chaussée
- le pourcentage de véhicules circulant moteur froid,
- le taux de charge des poids lourds
- les profils journaliers (JO, Samedi et Dimanche) et mensuels de trafic.

CIRCULAIR utilise les trafics moyens journaliers annuels qu'il désagrège au niveau horaire à partir des clés temporelles (profils journaliers, hebdomadaires et mensuels). Les vitesses horaires, ajustées en fonction de la capacité maximale de la voie, sont ensuite intégrées directement dans les équations de COPERT IV afin de calculer les émissions de polluants à pas de temps horaire. Au final ces émissions sont agrégées de façon annuelle.

L'année de base utilisée pour la structure du parc automobile est 2008. Les autres paramètres (charges de trafic, vitesses, pourcentage de bus, etc.) ont été renseignés à partir de références bibliographiques, ou après consultation de la Direction des Transports de la Communauté Urbaine de Dunkerque.

³ www.atmo-alsace.net

Cartes d'émissions

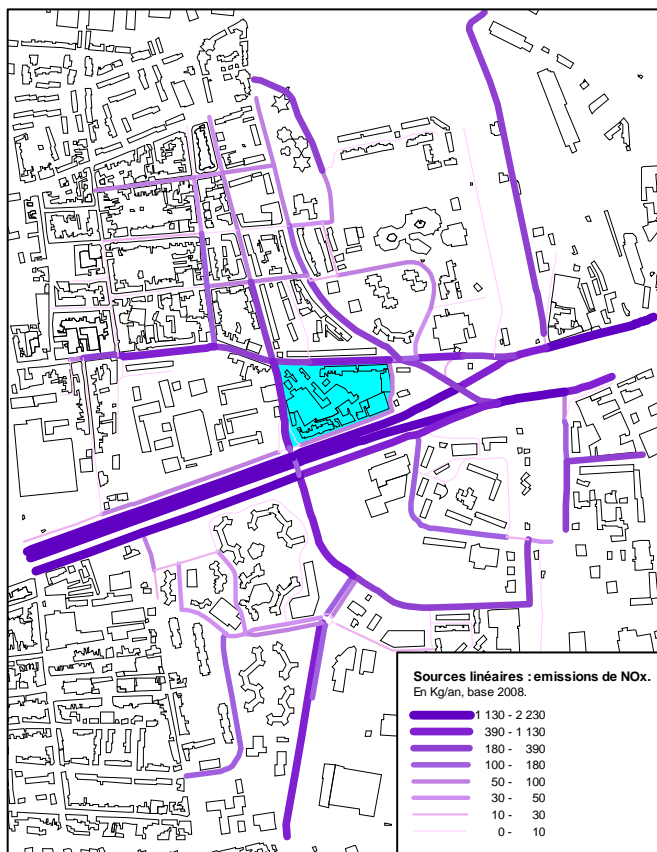


Figure 10 : émissions de NOx sur les tronçons routiers

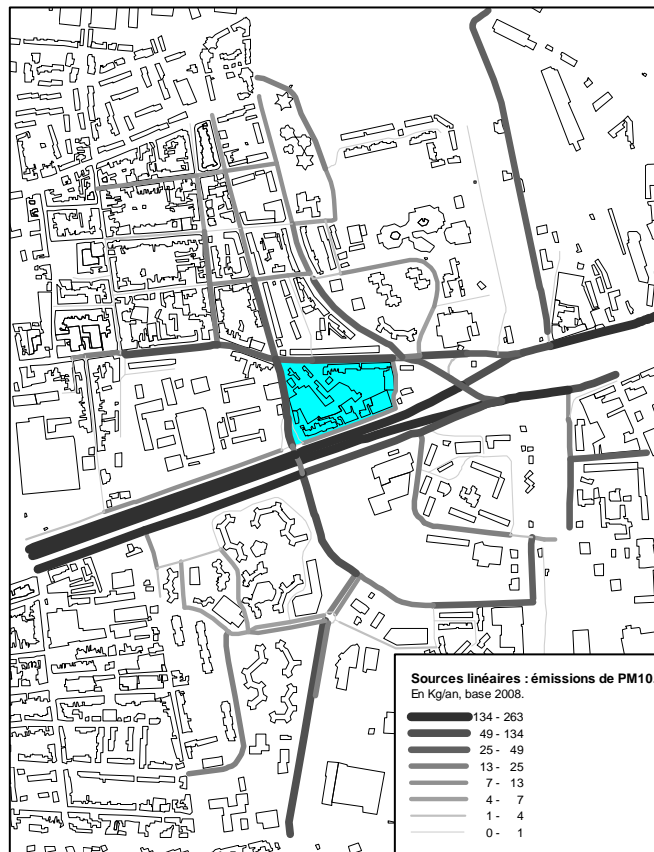


Figure 9 : émissions de PM10 sur les tronçons routiers

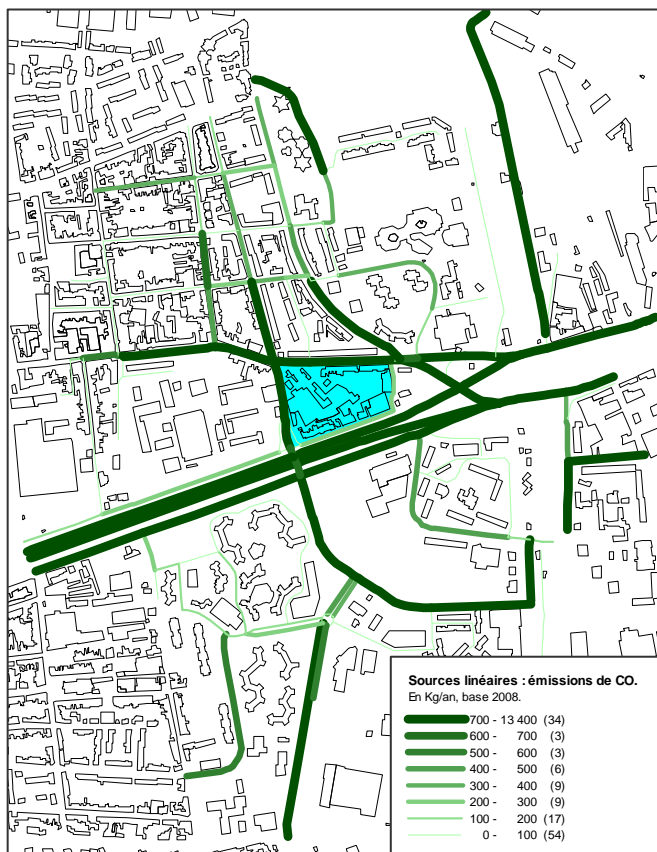


Figure 11 : émissions de CO sur les tronçons routiers

Paramètres de la modélisation

Présentation du modèle utilisé

Le modèle ADMS Urban, développé par Cambridge Environmental Research Consultants (CERC), a été utilisé.

ADMS Urban, fonctionnant sous environnement PC, est un modèle de dispersion des polluants issus de sources industrielles, domestiques, ou routières en zone urbaine. Ces sources sont modélisées sous forme de points, de lignes, de volumes ou de grilles. Le modèle est conçu pour traiter la problématique de la dispersion du cas le plus simple (par exemple une source ponctuelle isolée) au cas urbain le plus complexe (plusieurs centaines de sources industrielles, domestiques ou routières distinctes).

Le modèle ADMS Urban est de type gaussien de seconde génération. Il utilise la paramétrisation de la structure de la couche limite atmosphérique basée sur la longueur de Monin-Obukhov, ainsi que sur la hauteur de cette couche limite. Alors que la plupart des modèles de ce type caractérisent la couche limite de façon approximative en termes de classes de Pasquill, dans ADMS la structure de la couche limite est définie par des grandeurs physiques mesurables, permettant une représentation plus réaliste de l'évolution des conditions de dispersion avec l'altitude.

Les principales fonctionnalités d'ADMS Urban sont

- la multitude des applications, de l'étude d'impact environnemental à l'évaluation de la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération en passant par la planification de la circulation urbaine,
- la modélisation simultanée de, dans un seul et même domaine, jusqu'à 1500 sources linéaires routières, 1500 sources industrielles (ponctuelles, linéaires, surfaciques, et volumiques), et d'une grille de 3000 cellules,
- un modèle de rue canyon intégré,
- un modèle de chimie réactive de base, impliquant les espèces NO, NO₂, O₃, et la génération de particules de sulfates à partir du SO₂,
- un préprocesseur météo calculant les paramètres de la couche limite atmosphérique à partir de plusieurs données d'entrées comme la vitesse du vent, le jour et l'heure ainsi que la couverture nuageuse, ou la vitesse du vent, le flux de chaleur sensible et la hauteur de couche limite,
- le calcul du flux et de la dispersion au dessus des topographies complexes et autour des bâtiments.

Le modèle ADMS Urban a fait l'objet de plusieurs études d'intercomparaison et de validation. De nombreuses références sont disponibles sur le site de CERC :

<http://www.cerc.co.uk/software/publications.htm>

Domaine de simulation

Le domaine retenu pour effectuer la simulation inclut tout le périmètre de l'étude urbaine, parcelles situées à l'est sur le territoire de Dunkerque comprises, ainsi que les axes routiers adjacents, dont la RD 601.

Le domaine de simulation constitue ainsi un rectangle de 450 par 275 mètres, représenté par le cadre rouge dans la figure 12.

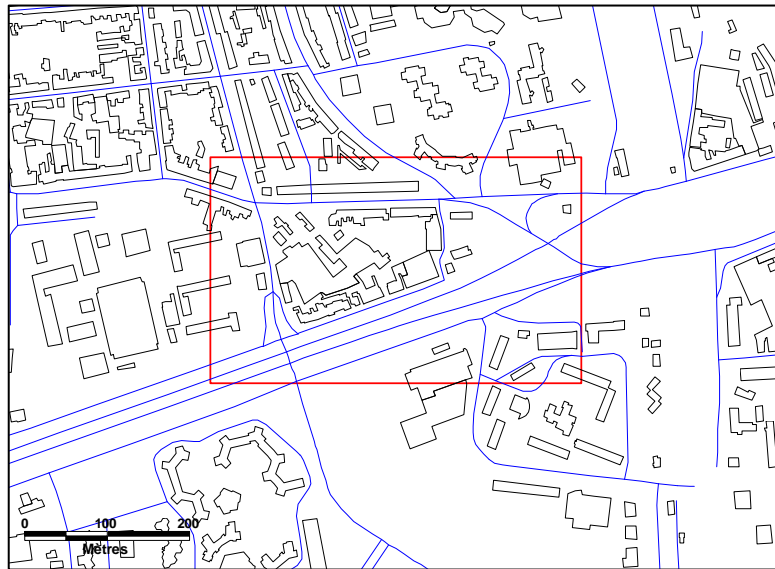


Figure 12 : domaine de simulation ADMS Urban (cadre rouge)

Données météorologiques

Les données moyennes horaires des stations Météo France de Dunkerque et Lesquin ont été utilisées. La série chronologique utilisée, en vue d'estimer une moyenne annuelle, est celle de l'année 2008. Seules les données de nébulosité de Lesquin ont été employées pour combler les données manquantes sur l'autre site.

Les paramètres utilisés sont donc :

- vitesse du vent,
- direction du vent,
- température,
- précipitations,
- humidité relative,
- nébulosité.

Données de terrain

Compte tenu du relief faible de la zone d'étude, les données topographiques n'ont pas été utilisées dans le domaine. De même, les faibles différences d'utilisation du sol et la taille modeste de la zone ne justifiaient pas l'emploi d'une longueur de rugosité variable.

Par conséquent une valeur constante du paramètre de rugosité z_0 de 1 m a été appliquée à l'ensemble du domaine de simulation.

Réactions chimiques et pollution de fond

Le schéma réactif GRS du modèle a été utilisé. Il permet de simuler des réactions chimiques et photochimiques de base, notamment celles impliquant les oxydes d'azote (NOx). Ainsi l'estimation des concentrations en dioxyde d'azote (NO₂) à partir des émissions en NOx utilise ce schéma.

L'utilisation de ce schéma GRS nécessite une pollution de fond. De plus, le postulat de base de la simulation était de modéliser les sources linéaires avec ajout d'une concentration urbaine de fond. Par conséquent les données de la station urbaine de Saint-Pol-sur-Mer ont été utilisées dans le modèle. Les paramètres NO, NO₂, NOx, PM10, et SO₂ font partie des concentrations de fond introduites, en valeur horaire pour chaque échéance calculée.

Prise en compte des rues canyon

Un « canyon » est formé dans une rue entre deux rangées de grands bâtiments. La direction et la force du vent au-dessus des toits et la forme du canyon conditionnent le développement d'un ou plusieurs tourbillons (vortex) à l'intérieur de la rue, qui seront à l'origine de phénomènes d'accumulation, en particulier du côté de la rue sous le vent.

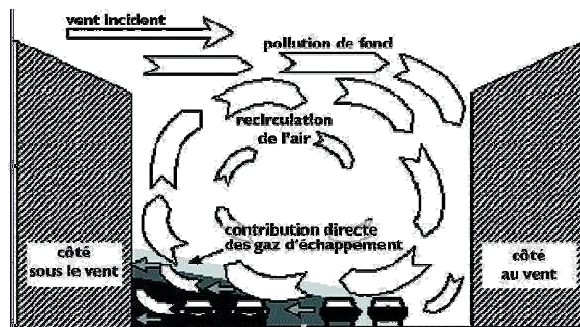


Figure 13 : schéma simplifié des écoulements d'air dans une rue canyon

Le paramètre principal qui caractérise une rue « canyon » est son rapport hauteur / largeur. H est la hauteur moyenne du bâti et L la largeur moyenne entre les rangées de bâtiments. Les régimes d'écoulement à l'intérieur du canyon dépendent du rapport H/L.

Pour chaque axe routier, une estimation de H et L a été effectuée à partir des données de la BD TOPO de l'IGN. N'ont ensuite été retenus et caractérisés comme canyon dans les paramètres du modèle que les axes présentant un caractère « fermé », c'est-à-dire quand les deux rangées de bâti de part et d'autre de l'axe sont continues, ou présentent très peu de discontinuités. Au final, parmi les 135 axes routiers décrits, 33 ont été référencés comme étant des rues canyon.

Grilles de calcul et sorties

L'option de « maillage intelligent » du modèle a été retenue de façon à mieux estimer les concentrations sur les points récepteurs en proximité automobile. La simulation porte donc sur 6050 points récepteurs, dans le domaine, ce qui garantit une résolution spatiale élevée des résultats.

En sortie les résultats suivants ont été paramétrés :

NO ₂	Moyenne annuelle, percentile 98
NOx	Moyenne annuelle
PM10	Moyenne annuelle
CO	Moyenne annuelle

Résultats des simulations

Phase 1 - Diagnostic

Les étapes de l'estimation des émissions et du paramétrage franchies, les simulations sont lancées, tout d'abord sur le diagnostic de l'existant. Parmi les données d'entrée figurent donc les formes bâties tirées de la BT TOPO et l'inventaire des émissions du trafic routier comprenant les 135 tronçons initiaux, sur une géométrie extraite elle aussi de la base de l'IGN (figure 14).

La simulation a été réalisée avec les données météo horaires de l'année 2008, dans le but de fournir directement des résultats en moyenne ou percentiles annuels.



Figure 14 : axes routiers et formes bâties existants

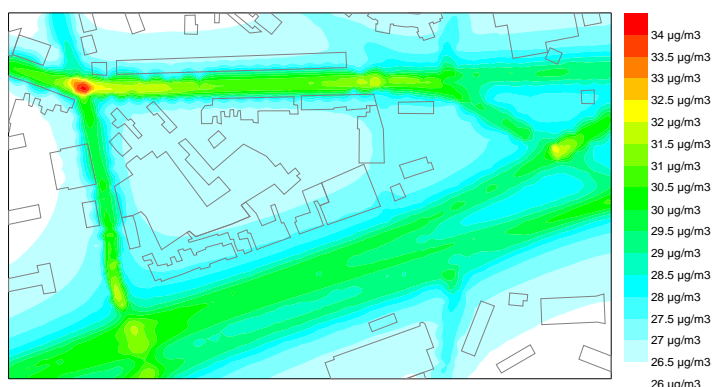


Figure 15 : concentrations moyennes annuelles en NO₂

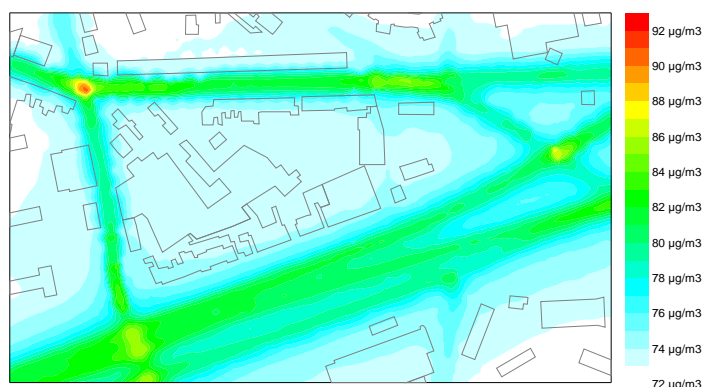


Figure 16 : percentile 98 annuel en NO₂

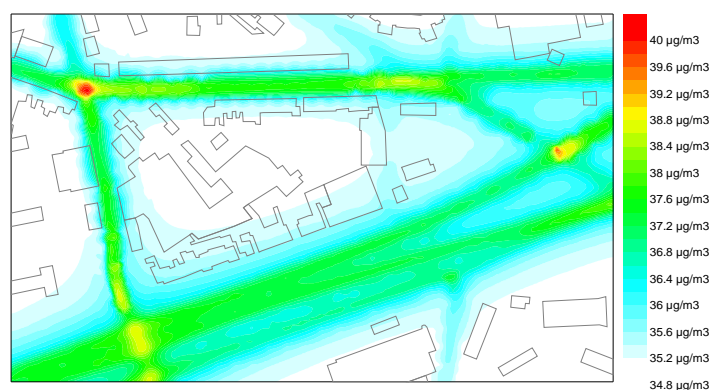


Figure 17 : concentrations moyennes annuelles en PM10

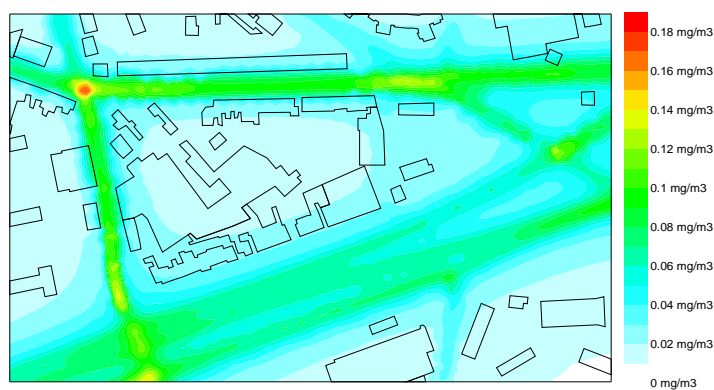


Figure 18 : concentrations moyennes annuelles en CO

Commentaires

Les concentrations des différents polluants s'établissent selon un gradient dont le maximum est localisé, à chaque fois, au niveau du carrefour entre la rue de la République et la rue Trystram. L'influence des axes de circulation principaux (dont RD601, rue de la République, rue Trystram) est bien marquée et proportionnelle à la charge de trafic. L'influence de la portion en canyon de la rue de la République est assez peu marquée.

Pour le dioxyde d'azote (NO₂), la valeur maximale simulée (34 µg/m³) est inférieure à la valeur limite en moyenne annuelle (figure 15). La concentration simulée au centre de l'îlot, et pouvant s'apparenter à une valeur urbaine de fond, est légèrement supérieure à la moyenne annuelle 2008 mesurée sur la station de Saint-Pol (26,5 contre 24 µg/m³). En percentile 98 (figure 16), les concentrations sont également inférieures à la valeur limite pour le NO₂. La valeur du centre de l'îlot est également légèrement supérieure à celle mesurée sur la station de Saint-Pol-sur-Mer.

La valeur limite de 40 µg/m³ en moyenne annuelle pour les particules PM10 serait dépassée au niveau du carrefour République – Trystram d'après la simulation, ainsi que sur une zone très limitée localisée au niveau de la chaussée d'accès à la RD 601 en venant de Dunkerque (figure 17). Ailleurs, la répartition des concentrations est similaire à celle du NO₂.

La valeur estimée au centre de l'îlot est une moyenne équivalente à celle de la station de mesure. L'influence du bruit de fond est plus prépondérante pour les PM10, et gouverne en règle générale une part importante de la concentration moyenne.

Pour le monoxyde de carbone (CO), les valeurs sont faibles (figure 18). Il faut néanmoins mentionner qu'aucune concentration de fond n'a été entrée dans le modèle faute de mesure suffisamment représentative sur Dunkerque (le CO est souvent mesuré en proximité automobile). On peut néanmoins considérer, au regard des valeurs faibles estimées, que la valeur limite pour le CO ne devrait pas être dépassée sur le domaine d'étude.

Phase 2 - Evaluation des scenarii

Pour chacun des 3 scenarii d'aménagement de l'îlot proposé dans l'étude de renouvellement urbain, des modifications aux données d'entrée du modèle ont été apportées pour tenir compte de l'évolution des formes urbaines et des activités émettrices. Ainsi, à partir de données précises fournies par le cabinet d'urbanisme en charge de l'étude de renouvellement urbain, les contours de bâti envisagés ainsi que leurs hauteurs, dans chacun des scenarii, ont été pris en compte pour l'estimation des paramètres des rues canyons.

Egalement, la modification des voiries ainsi que la création de dessertes locales se sont traduites par des modifications de l'inventaire des émissions, de façon itérative. Un trafic « forfaitaire » de 200 véhicules / jour a par exemple été attribué aux voies de desserte créées dans les projets d'aménagement – cette valeur a été définie lors des échanges avec la direction des transports de la Communauté Urbaine de Dunkerque. Les émissions de polluants de tous les tronçons routiers modifiés ou créés ont ensuite été estimées avec le logiciel Circular.

Le modèle a ensuite été relancé avec les mêmes paramètres météo et de fond que pour le diagnostic, et les résultats des simulations exploités de la même manière sous forme cartographique.

Estimation de l'exposition au niveau du bâti

Enfin, de manière à évaluer les différents scenarii au regard d'indicateurs synthétiques, une estimation simple de l'exposition potentielle a été réalisée. Les sorties modèle, sous forme de concentrations de polluants sur des points de grilles interpolées à une résolution de 2,5 m, ont été croisées sous Système d'Information Géographique aux polygones formés par les différentes formes bâties dans les projets, et censés représenter des zones de logement où l'exposition des habitants est possible (figure 19). Il en résulte des valeurs de concentrations moyennes, estimées au niveau du projet de bâti, pour chaque projet d'aménagement (tableaux 11 à 13). Ces valeurs sont, pour le NO₂ et les PM10 en moyenne annuelle, comparables à des valeurs limites.

Il faut cependant mentionner le fait que cette approche est réductrice, puisqu'elle ne prend en compte ni le nombre de logements par bâtiment, ni les phénomènes de transfert des polluants depuis l'extérieur vers les habitations, ni d'éventuels phénomènes d'écoulement d'air ou d'accumulation des polluants autour des bâtiments^[4]. **Ce n'est donc pas une estimation des concentrations dans le domaine de l'air intérieur, ni une estimation de l'exposition individuelle puisqu'elle n'intègre pas le nombre de personnes.** Elle permet néanmoins de comparer les projets d'aménagement à l'aide d'indicateurs – ici des concentrations moyennes, minimales et maximales de polluants estimées au niveau des bâtiments (une série de valeurs pour l'ensemble des bâtiments inclus dans le projet d'aménagement).

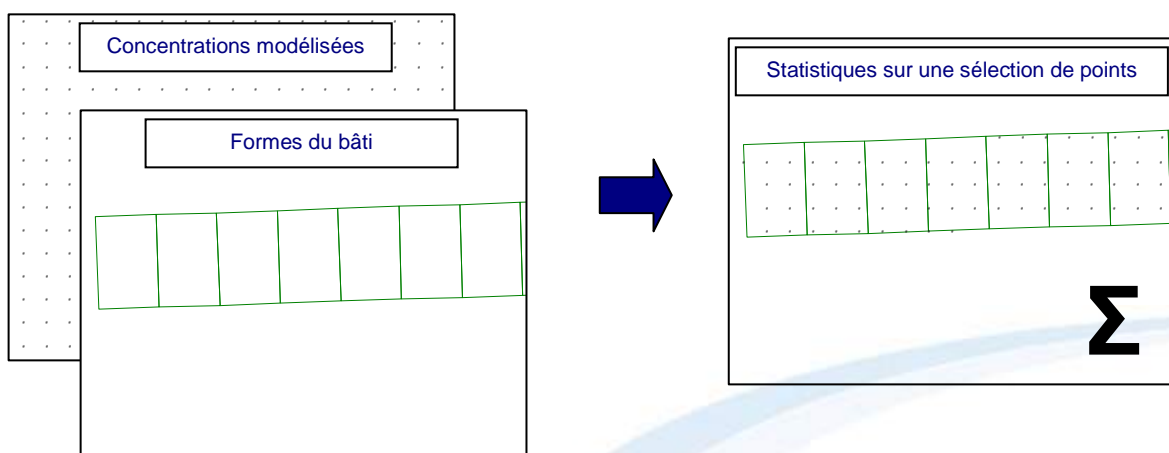


Figure 19 : principe d'estimation de l'exposition par sélection des points de grille

⁴ Hormis le phénomène de rue en canyon, le modèle ADMS Urban ne traite pas des écoulements d'air 3D en champ proche, qui doit faire l'objet d'études à l'aide de modèles spécifiques

Scénario 1

Dans ce scénario le parti d'aménagement est de conserver un îlot de ville fermé par le bâti. L'espace central est partiellement occupé par du logement. Une voirie de desserte est créée entre le quai Wilson et la rue Trystram. La hauteur du bâti implique que la totalité de la section de la rue de la République adjacente à l'îlot devient une rue canyon (elle ne l'est que partiellement aujourd'hui). Le tronçon du quai Wilson qui débouche sur la rue de la République est bordé de bâtiments et devient lui aussi une rue canyon, de longueur modeste.

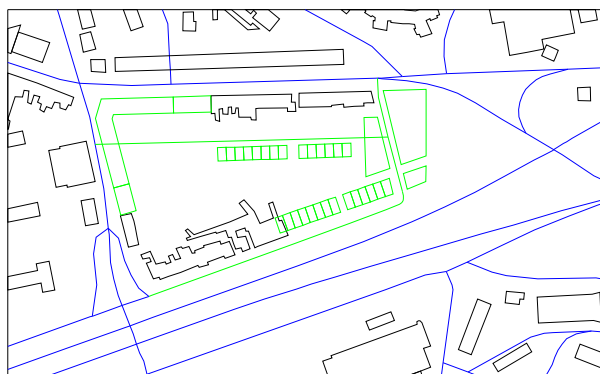


Figure 20 : bâti scenario 1

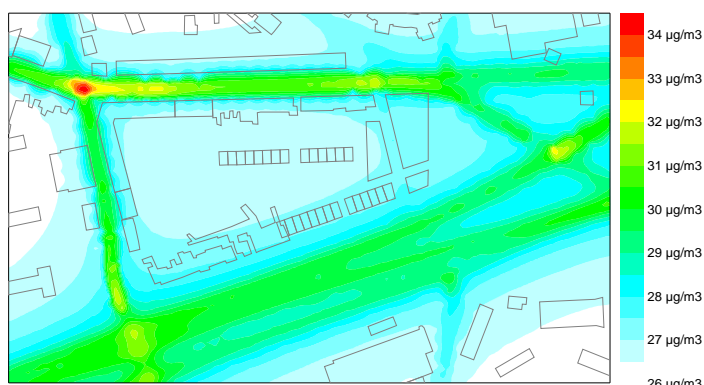


Figure 21 : concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂)

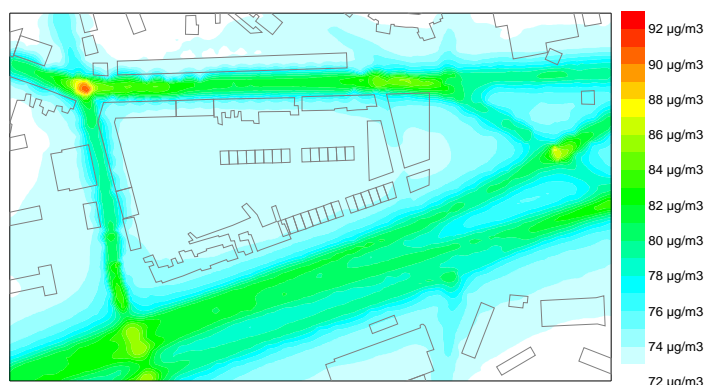


Figure 22 : percentile 98 annuel en dioxyde d'azote (NO₂)

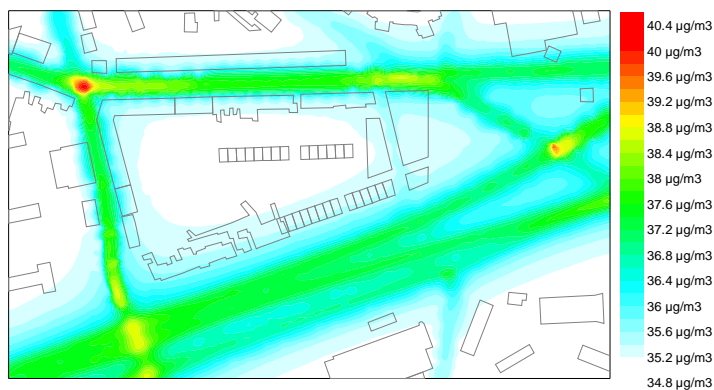


Figure 24 : concentrations moyennes annuelles en poussières PM10

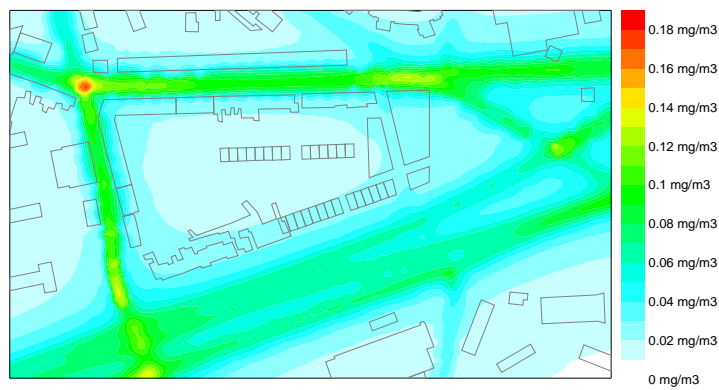


Figure 23 : concentrations moyennes annuelles en monoxyde de carbone (CO)

Rue de la République, on observe une très faible augmentation des concentrations en NO₂ et PM10 sur la section qui intersecte la rue Trystram. La transformation en rue canyon de la section du quai Wilson implique également une légère augmentation des concentrations (visible sur la Figure 23).

En termes d'exposition estimée, le croisement du bâti avec les données modélisées montre le résultat suivant.

Tableau 11 : scenario 1 estimation des expositions

	NO ₂ moyenne µg/m ³	NO ₂ percentile 98 µg/m ³	PM10 moyenne µg/m ³	CO moyenne mg/m ³
Minimum	26.7	73.4	35.1	0.016
Maximum	28.8	78.0	36.6	0.069
Moyenne	27.2	74.0	35.3	0.023
Médiane	27.1	73.7	35.3	0.021

Dans ce scénario, la modification de l'activité émettrice (le trafic) est peu sensible. Bien que le trafic sur le quai Wilson ait été maintenu à son niveau actuel (640 véhicules/jour), l'impact du passage d'un tronçon en rue canyon est très limité. L'impact de l'autre voie de desserte, à laquelle un trafic « forfaitaire » de 200 véhicules / jours a été attribué, est quasi invisible.

Scénario 2

Ce scénario prend le parti de l'ouverture partielle de l'îlot avec un espace public transversal entre le quai Wilson et la rue de la République. Les hauteurs de bâti sont de l'ordre de R+2 à R+3. Le bâtiment créé à l'est est de hauteur R+4 si bien que la voirie de desserte depuis la rue de la République est de type canyon. Les trois autres voies créées sont plus ouvertes. A noter dans ce projet la présence de 2 passages de voirie « couverte » par le bâti dont l'impact n'a pas pu être estimé par le modèle.

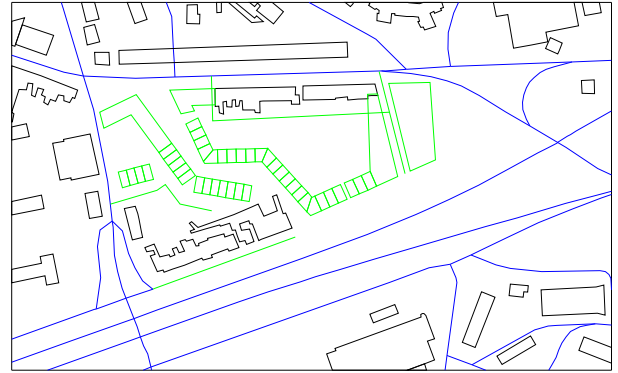


Figure 25 : bâti scenario 2

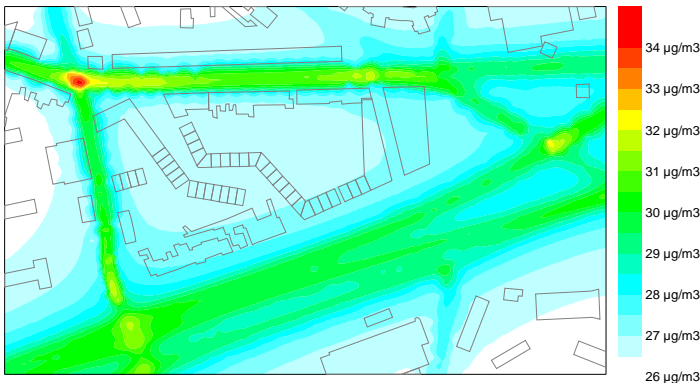


Figure 27 : concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂)

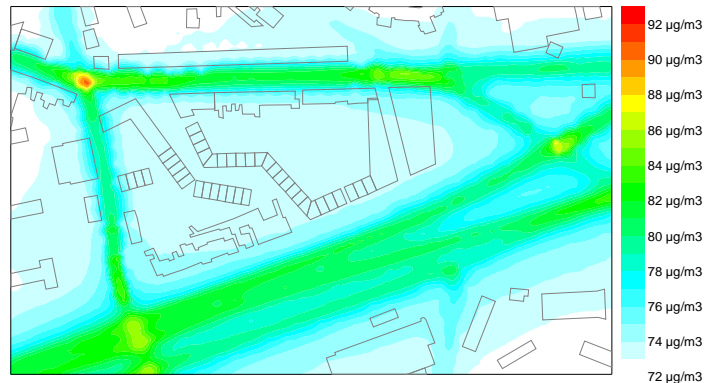


Figure 26 : percentile 98 annuel en dioxyde d'azote (NO₂)

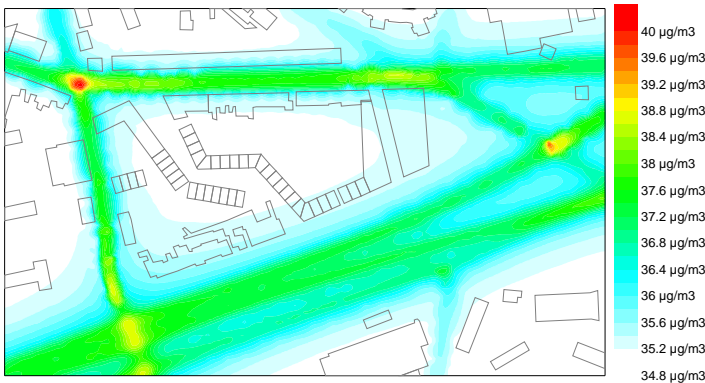


Figure 28 : concentrations moyennes annuelles en poussières PM10

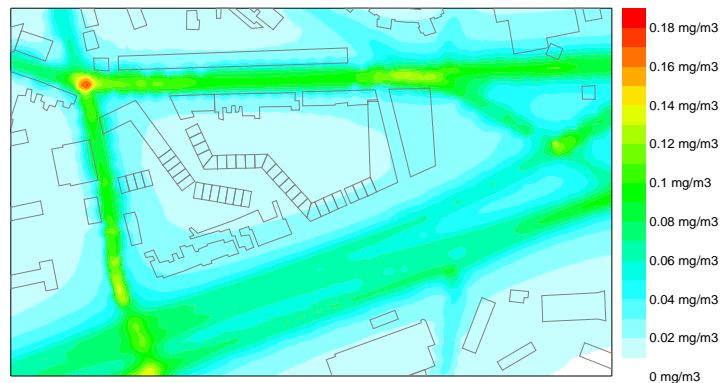


Figure 29 : concentrations moyennes annuelles en monoxyde de carbone (CO)

La modification du trafic concerne principalement le quai Wilson ; dont une partie est amputée, et dont les deux extrémités actuelles deviennent des dessertes. Il en résulte une modification de la répartition des concentrations pour tous les polluants au sud est de l'îlot, où seul l'impact de la RD 601 devient sensible. L'impact de la voie de desserte depuis la rue de la République qui emprunte l'ancien quai Wilson est quasi invisible (émissions de 200 véhicules/jour).

Au niveau de l'exposition estimée, on note une très faible diminution des concentrations moyennes par rapport au scénario 1 pour le NO₂ et les PM10 (de l'ordre de 1%), et une baisse légèrement plus sensible pour le CO (-13%).

Tableau 12 : scénario 2 estimation des expositions

	NO₂ moyenne µg/m³	NO₂ percentile 98 µg/m³	PM10 moyenne µg/m³	CO moyenne mg/m³
Minimum	26.7	73.2	35.1	0.016
Maximum	28.4	76.3	36.2	0.050
Moyenne	26.9	73.6	35.2	0.020
Médiane	26.8	73.4	35.1	0.017

Scénario 3

Le scénario 3 favorise une occupation du sol par l'espace public. Le bâti laisse l'îlot complètement ouvert pour instaurer une circulation piétonnière depuis plusieurs points d'accès. Deux voies de desserte sont créées depuis la rue de la République et la rue Trystram, alors que le quai Wilson est raccourci. La plus importante variation de l'activité émettrice dans ce scénario est la prise en compte du projet de réaménagement de la RD601 : l'ouverture du tissu urbain dans le coin sud-est de l'îlot n'ayant de sens que s'il existe une continuité avec l'espace public, le projet de « remise en eau » d'une partie du canal historique de Mardyck dont la RD601 emprunte le cours a été intégré. Ainsi les trafics de la chaussée nord (sens Dunkerque – Grande-Synthe) ont été intégralement reportés sur la chaussée sud qui devient une voie normale à deux sens.

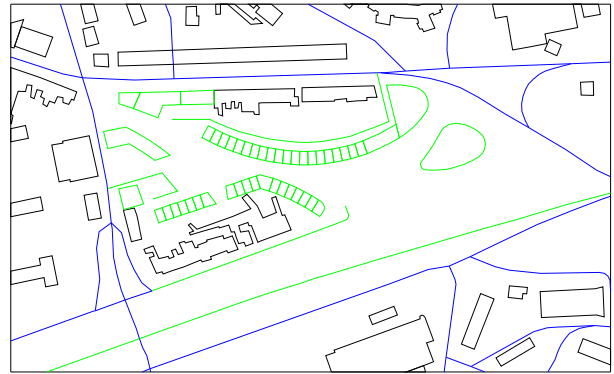


Figure 30 : bâti scénario 3

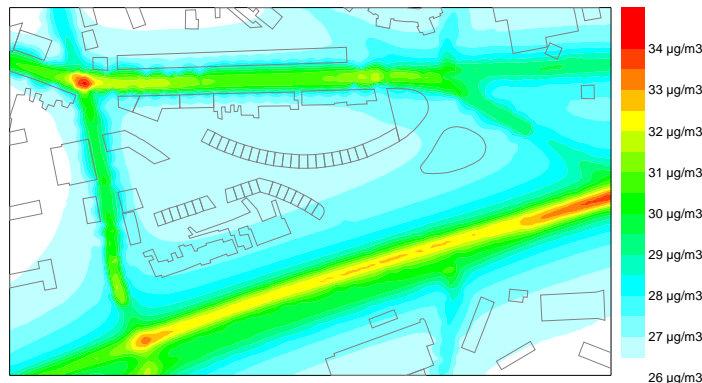


Figure 31 : concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂)

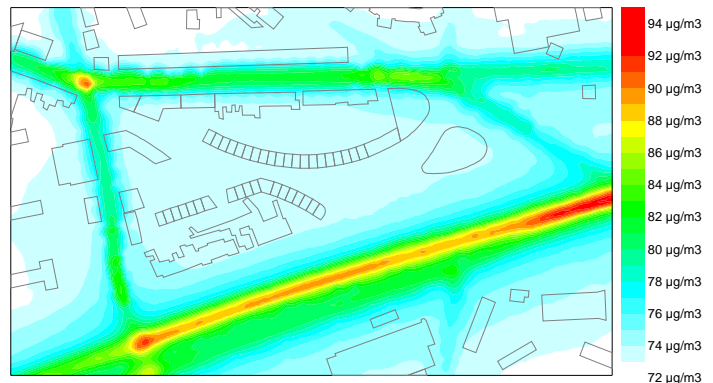


Figure 32 : percentile 98 annuel en dioxyde d'azote (NO₂)

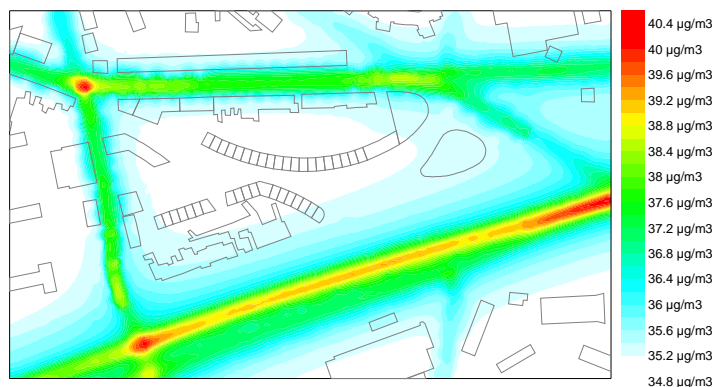


Figure 33 : concentrations moyennes annuelles en poussières PM10

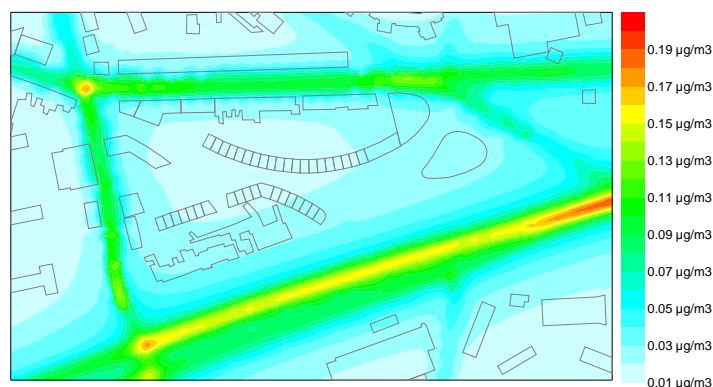


Figure 34 : concentrations moyennes en monoxyde de carbone (CO)

Dans ce scénario l'impact du réaménagement de la RD 601 est visible pour tous les polluants puisqu'il implique une nette augmentation des concentrations en proximité de cet axe. On observe en parallèle une baisse des concentrations au sud-est de l'îlot, mais aussi un léger risque d'augmentation des concentrations au sud de la chaussée de la RD 601. Le découpage du quai Wilson a également un impact positif sur les concentrations. Néanmoins, l'estimation de l'exposition donne des résultats quasi identiques à ceux du scénario 2 pour le NO₂ et les PM10, et légèrement moins favorables pour le CO.

Tableau 13 : scénario 3 estimation des expositions

	NO₂ moyenne µg/m³	NO₂ percentile 98 µg/m³	PM10 moyenne µg/m³	CO moyenne mg/m³
Minimum	26.6	73.3	35.1	0.017
Maximum	28.4	76.3	36.2	0.051
Moyenne	26.9	73.6	35.2	0.021
Médiane	26.8	73.4	35.1	0.019

Conclusion

La première phase de cette étude consistait en un diagnostic de l'existant s'appuyant sur une analyse des données de la station de mesure de Saint-Pol-sur-Mer, et surtout sur une modélisation de la qualité de l'air au niveau du site de renouvellement urbain à l'aide du logiciel ADMS Urban. Cette modélisation, prenant en compte les émissions du trafic routier et intégrant une pollution urbaine de fond, a permis de connaître la répartition des concentrations moyennes annuelles à une résolution spatiale élevée sur le périmètre d'étude.

La seconde phase consistait en une analyse de l'impact sur la qualité de l'air des différents scénarii d'aménagement en s'appuyant également sur des modélisations. Pour chaque scénario, les émissions de polluants des sources routières ont été recalculées, et les formes bâties définies dans les trois projets d'aménagement ont été intégrées aux simulations pour la détermination des profils de rue canyon.

A l'issue des modélisations, les concentrations simulées ont pu être comparées à celles de l'état initial. Une estimation de l'exposition potentielle des habitants des logements a également été réalisée pour permettre de comparer les 3 projets.

A l'issue de l'analyse des scénarii, il ressort :

- peu de contrastes entre les impacts sur la qualité de l'air des différents scénarii, car les émissions du trafic évoluent peu d'un scénario à l'autre en fonction des différences des trois projets ;
- le scénario 1 est le moins favorable, car il donne les moyennes d'exposition estimées les plus « élevées », bien que les écarts soient limités,
- les scénarii 2 et 3 sont équivalents pour les moyennes d'exposition estimées en dioxyde d'azote (NO₂) et poussières PM10, par contre le scénario 2 est plus favorable vis à vis du monoxyde de carbone (CO).

Facteurs qui conditionnent l'impact sur la qualité de l'air des différents scénarii.

- La variation de l'activité émettrice

Dans le cas présent l'activité émettrice est le trafic automobile. Comme on peut le voir dans le scénario 3, une évolution majeure avec le réaménagement de la RD 601 entraîne localement de fortes concentrations, et a contrario, les voies de desserte ont un faible impact dans tous les scénarii.

- les formes urbaines

La présence de rues canyon peut accroître localement les concentrations de polluants (Cf. figure 13 p.20).

Le tableau 14 est le résultat d'une étude portant sur une rue canyon de Nantes et réalisée à l'aide du modèle de rue canyon OSPM (intégré dans ADMS Urban). La variation des deux paramètres de hauteur du bâti et de largeur de rue, respectivement de valeur initiale de 21 et 15 mètres, implique des variations des moyennes annuelles en NO₂ et en benzène.

Tableau 14 : sensibilité des niveaux de pollution à la variation des paramètres du bâti dans une rue canyon (d'après Gokhale, Rebours et Pavageau, 2005) :

		Concentration en NO ₂	Concentration en benzène
Hauteur du bâti	+ 1 m	+ 4 %	-
	+ 5 m	+ 19 %	+16 %
Largeur de la rue	+ 1 m	- 2 %	- 4 %
	+ 5 m	- 9 %	- 14 %

- La distance à la source

Les concentrations en polluants décroissent rapidement à mesure que l'on s'éloigne d'une route. De nombreuses études ont permis de rendre objective cette observation, notamment par le biais de combinaisons entre mesure in situ et modélisation. Il est dès lors possible d'estimer un profil moyen de décroissance des concentrations de part et d'autre d'une rue, en fonction du trafic de celle-ci, et également en fonction de sa typologie (ouverte ou canyon).

Dans l'exemple de la figure 36, la contribution moyenne sur la qualité de l'air en proximité directe de deux rues types affectées d'un TMJA de 5000 véhicules a été estimée⁵. Cet exemple montre que l'impact devient négligeable au-delà de 20 m du centre de la voie pour la rue ouverte, contre 25 à 30 m. pour une rue canyon. En y ajoutant une pollution de fond, il serait possible d'en déduire une largeur de bande d'exposition de la population à la pollution (ici du NO₂ en moyenne annuelle) de part et d'autre de l'axe.

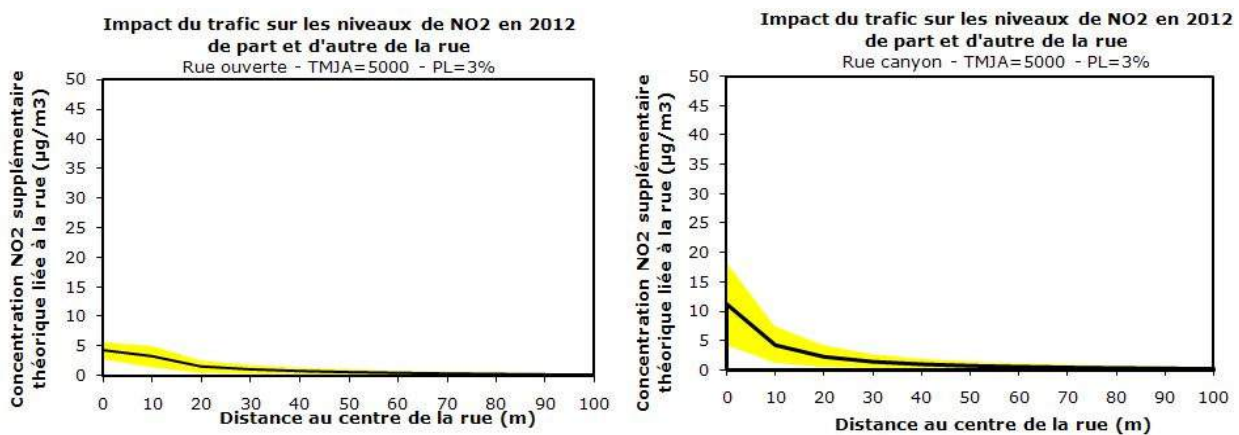


Figure 35 : impact du trafic sur les concentrations de proximité en NO₂ , en rue ouverte et rue canyon (source : Atmo Rhône-Alpes)

Dans aucun des scénarii de l'étude de renouvellement urbain de l'ilot des ateliers municipaux, les bâtiments n'ont été positionnés à des distances trop faibles, ce qui minore l'impact estimé.

Comme les autres facteurs cités (activité émettrice et forme urbaine), la donnée objective de la distance à la source pourrait aisément être intégrée en amont de la conception de tout projet d'urbanisme, en tant que « bonne pratique » pour réduire le risque d'exposition des populations, puis évaluée à l'aide de la simulation.

⁵ Source : Atmo Rhône-Alpes 2006



Association régionale Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
55 place Rihour - 59044 Lille cedex

Téléphone 03 59 08 37 30
Fax 03 59 08 37 31

contact@atmo-npdc.fr
www.atmo-npdc.fr

