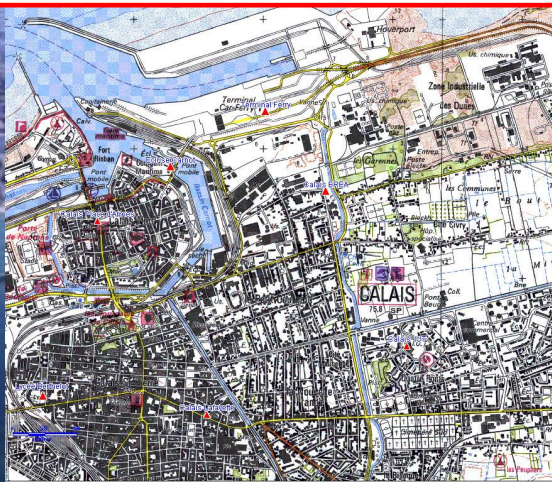


Campagne de mesures de la qualité de l'air



Etude réalisée à Calais
du 27 mars au 22 mai 2007 - Moyens mobiles



Campagne d'évaluation de la qualité de l'air à Calais

Ecluse Carnot et Terminal transmanche du 27 mars au 22 mai 2007 par les moyens mobiles

Rapport d'étude N° 18 - 2007 - SE

52 pages (hors couvertures)

Parution : Novembre 2007

	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom	Arabelle ANQUEZ Charles BEAUGARD	Hakim CHERIGUI	Caroline DOUGET
Fonction	Ingénieurs d'Etudes	Ingénieur d'Etudes	Directrice du Service Etudes

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° 18 - 2007 - SE.

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

Table des illustrations	3
Contexte et objectifs de l'étude	4
Organisation stratégique de l'étude	5
Situation géographique	5
Sites de mesure	6
Emissions connues	7
Technique utilisée	9
Polluants surveillés	10
Le dioxyde de soufre (SO ₂)	10
Les oxydes d'azote (NO _x)	10
Les poussières en suspension (PS)	10
L'ozone (O ₃)	10
Le monoxyde de carbone (CO)	11
Les métaux lourds	11
Repères réglementaires	12
Recommandations de l'OMS	12
Valeurs réglementaires en air ambiant	13
Exploitation des mesures	15
Contexte météorologique	15
Exploitation des résultats	16
Exploitation des simulations	31
Objectifs de l'étude	31
Hypothèses d'étude	31
Estimation des Emissions	32
Résultats	37
Conclusion	40
Annexes	41

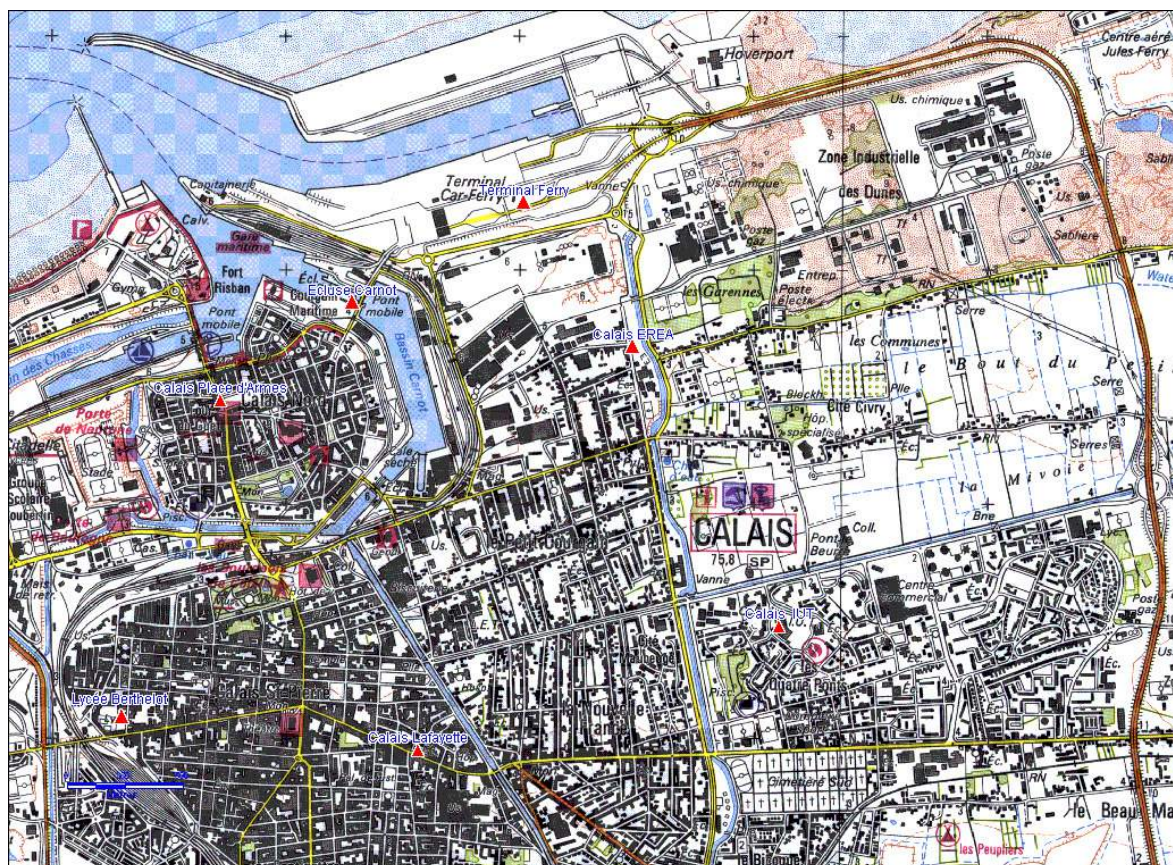
Table des illustrations

Figure 1 : Carte des sites d'étude et stations fixes.....	4
Figure 2 : Port de Calais.....	5
Figure 3 : Station mobile 1 sur le site de l'écluse Carnot.....	6
Figure 4 : Air Pointer sur le site du terminal transmanche.....	6
Figure 5 : Points de mesure et principaux points d'émission.....	6
Figure 6 : Emissions du trafic routier.....	7
Figure 7 : Emissions des autres transports.....	7
Figure 8 : Emissions industrielles.....	8
Figure 9 : Emissions domestiques.....	8
Figure 10 : Recommandations OMS.....	12
Figure 11 : Valeurs réglementaires.....	13
Figure 12 : Valeurs réglementaires.....	14
Figure 13 : Données météorologiques.....	15
Figure 14 : Rose des vents à Calais.....	15
Figure 15 : Résultats de l'étude.....	16
Figure 16 : Données de SO ₂	18
Figure 17 : Moyennes journalières en SO ₂	18
Figure 18 : Roses de pollution en SO ₂	19
Figure 19 : Roses de pollution en SO ₂ des 30 mars et 2 mai.....	19
Figure 20 : Exploitation des données par secteurs de vent.....	20
Figures 21 a et b : Répartition des concentrations en NO et en SO ₂	20
Figure 22 : Données d'oxydes d'azote.....	21
Figure 23 : Moyennes journalières en NO.....	21
Figure 24 : Roses de pollution en NO.....	22
Figure 25 : Moyennes journalières en NO ₂	23
Figure 26 : Données de PM ₁₀	23
Figure 27 : Moyennes journalières en PM ₁₀	24
Figure 28 : Roses de pollution en PM ₁₀	25
Figure 29 : Données d'O ₃	25
Figure 30 : Moyennes journalières en O ₃	26
Figure 31 : Données de CO.....	27
Figure 32 : Moyennes journalières en CO.....	27
Figure 33 : Rose de pollution en CO.....	28
Figure 34 : Données de métaux.....	28
Figure 35 : Evolution hebdomadaire des métaux lourds.....	29
Figure 36 : Domaine de simulation 4,5 par 4,5 km.....	31
Figure 37 : Rose des vents de Marck (source Météo France).....	32
Figure 38 : Caractéristiques des navires.....	33
Figure 39 : Temps de résidence / manœuvres.....	33
Figure 40 : Nombre de rotations moyen au départ du port de Calais.....	34
Figure 41 : Facteurs d'émission en kg /t de fuel consommé.....	34
Figure 42 : Estimation des rejets journaliers en kg/jour et annuels en t/an.....	35
Figure 43 : Localisation des sources volumiques ferries.....	35
Figure 44 : Localisation des sources ponctuelles ferries.....	36
Figure 45 : Paramètres d'émission.....	36
Figure 46 : Tableau de résultats SO ₂ estimé - mesuré.....	37
Figure 47 : Carte des concentrations en SO ₂	37
Figure 48 : Tableau de résultats NOx estimés - mesurés.....	38
Figure 49 : Carte des concentrations en NOx.....	38
Figure 50 : Carte des concentrations en NO ₂	39

Contexte et objectifs de l'étude

Dès la mise en service de la station de mesure située sur la Place d'Armes sur le secteur de Calais-Nord, des pointes récurrentes de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote sont observées sous les vents de la zone portuaire. En septembre 2003 et dans le cadre du programme européen franco-britannique INTERREG III (caractérisation, physico-chimie, transports et impacts des polluants dans l'environnement des régions transmanche), trois campagnes de mesure ont été planifiées en concertation avec les équipes de recherche de l'Université du Littoral – Côte d'Opale et de l'Université du Sussex et Opal'Air, mettant notamment en œuvre des moyens mobiles (unités mobiles, LIDAR). Ces mesures ont permis la mise en évidence de concentrations élevées en dioxyde de soufre et en oxydes d'azote, sous le vent des zones d'apportement des navires. C'est logiquement que le site de l'écluse Carnot a été retenu pour cette nouvelle étude.

En octobre 2006, suite à des nuisances consécutives à un redémarrage de l'unité de fabrication d'acide sulfurique de l'usine voisine Huntsman Tioxide sous des conditions météorologiques défavorables à la dispersion (inversion de température, brouillard), le site du terminal avait été évacué et le port fermé. C'est à la demande de l'ADECA qu'un capteur est installé sur cette zone non couverte à ce jour, en raison de la faible densité de population.



Copyright ©IGN 2003 – Reproduction interdite

Figure 1 : Carte des sites d'étude et stations fixes

Organisation stratégique de l'étude

Situation géographique

Situé dans le détroit du Pas-de-Calais, sur la mer du Nord, le port de Calais dispose d'infrastructures et d'équipements portuaires modernes et adaptés à la réception de grands navires de commerce traditionnel et au déchargement et chargement des marchandises en vrac et marchandises diverses. La passe d'entrée et l'avant port sont accessibles depuis le rail montant de la mer du Nord grâce à un chenal extérieur. L'avant port permet l'accès au bassin en eau profonde Henri Ravisse. Ce bassin, soumis à l'action de la marée, peut accueillir des navires de type « Panamax » aux trois postes du quai Nord en eau profonde. Ce quai, équipé de grues polyvalentes et disposant de toutes les surfaces de terre-pleins nécessaires au transit de marchandises, permet aux entreprises installées sur les zones industrielles voisines de s'approvisionner en matières premières (accueil de cargos transportant jusqu'à 60 000 tonnes de minerais) ou d'exporter leur fabrication. Une passe intérieure relie l'avant-port à l'arrière-port, qui donne directement accès au quai en eau profonde Paul Devot, au bassin d'échouage Paradis et par l'intermédiaire d'écluses aux bassins à flot Carnot et Ouest.



Figure 2 : Port de Calais (Photo et informations - source : www.calais-port.com)

La Chambre de Commerce et d'Industries de Calais est concessionnaire, depuis 1995 et pour une durée de 50 ans, de l'outillage public du port, dont le propriétaire était, jusqu'au 31 décembre 2006, l'Etat. Avec la loi sur la décentralisation, la région Nord-Pas-de-Calais est devenue propriétaire du port de Calais depuis le 1^{er} janvier 2007. La CCI de Calais assure le fonctionnement des services, la garantie des installations (passerelles, ouvrages à quai, voiries, bassins...) et la sûreté portuaire pour le port de commerce (marchandises et trafic transmanche), ainsi que la gestion du bassin de plaisance (bassin du Paradis).

Le port de Calais a terminé l'année 2006 en franchissant le cap symbolique des 40 millions de tonnes de fret sur la ligne Calais-Douvres, confirmant ainsi la progression régulière du trafic des marchandises diverses observée depuis plusieurs années entre la Grande-Bretagne et l'Europe continentale.

Avec un total de 1.847.197 poids-lourds pour l'ensemble de l'année, le trafic progresse de 11.8% par rapport à 2005 et de 120% en dix ans, entre 1996 et 2006. Si l'on ajoute à ce trafic transmanche le tonnage réalisé par le commerce traditionnel, Calais a vu transiter en 2006 un total de 41.5 millions de tonnes soit une progression en tonnage de 8.4% par rapport au trafic de 2005. Pour ce qui concerne le transport de voyageurs, le trafic global a accusé une baisse de 2 % sur l'ensemble de l'année pour un total de 11.459.927 passagers. La tendance en 2006 s'inscrit à la hausse pour les passagers transitant par Calais pour un long séjour, alors que la baisse du trafic excursionniste, amorcée avec l'arrêt du Duty Free en 2000, s'est poursuivie tout au long de l'année. Cette baisse des « Day trippers » affecte depuis plusieurs années l'ensemble du trafic transmanche, quelque soit le mode de transport. Chaque jour, environ 60 départs de car-ferries sont proposés au départ de Calais vers Douvres.

Sites de mesure

La station mobile UM 1 a été réinstallée sur le site initial, situé à l'écluse Carnot, écluse de passage entre l'arrière port et le bassin Carnot. Le point de mesure se trouve à environ 200 mètres du premier quai d'apponement (P4). La zone portuaire complète (quais, avant-port) se trouve dans le secteur [290° : 340°] (Nord – Nord-Ouest). La zone industrielle des Dunes se trouve à environ 1.5 kilomètres à l'Est (75° - 85°). La densité de population dans un rayon d'un kilomètre autour du site de mesure est de 1965 habitants par km². La campagne de mesure se déroule du 27 mars au 22 mai 2007.



Figure 3 : Station mobile 1 sur le site de l'écluse Carnot



Le second site se trouve sur le terminal transmanche. Le capteur est installé du 28 mars au 18 mai 2007, sur la zone publique du terminal entre les deux guichets de vente de billets des compagnies P&O et Sea France. Le premier quai (P 9) se trouve à moins de 500 mètres, la zone portuaire entière sous le secteur [250°: 300°]. L'usine Tioxide – et la zone industrielle des Dunes – se trouvent à moins de 800 mètres. La zone industrielle entière (Tioxide – UCAR...) est couverte par le secteur [75°: 110°]. La densité de population dans un rayon d'un kilomètre autour du site de mesure est de 384 habitants par km².

Figure 4 : Air Pointer sur le site du terminal transmanche

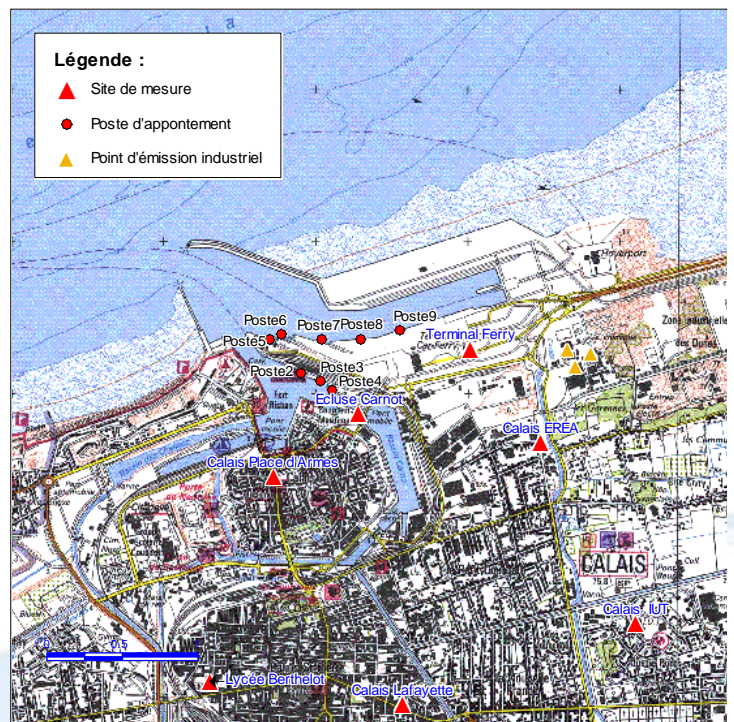


Figure 5 : Points de mesure et principaux points d'émission

Emissions connues

Pour choisir les polluants à mesurer, il est important de connaître les émissions potentielles sur le secteur de Calais (données issues du cadastre régional des émissions, année 2001).

Les émissions peuvent être de trois origines différentes :

➤ Emissions liées aux modes de transport

Trafic routier

La part régionale des émissions du trafic routier pour la commune de Calais est faible et inférieure à celle de Dunkerque.

Polluants	CO (t/an)	SO ₂ (t/an)	COV (t/an)	NO _x (t/an)	Ps (kg/an)	Pb (g/an)	Zn (g/an)	Cd (g/an)
Emissions	489	11	218	360	24679	11245	0	204
Part dans les émissions régionales de cette catégorie	1%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	0.9%	0%	1.2%

Figure 6 : Emissions du trafic routier

Autres transports :

Polluants	CO (t/an)	SO ₂ (t/an)	COV (t/an)	NO _x (t/an)	Ps (kg/an)	Pb (g/an)	Zn (g/an)	Cd (g/an)
Emissions	1906	2264	252	3614	84184	5658	28294	565
Part dans les émissions régionales de cette catégorie	80%	80%	66%	58%	34%	90%	91%	90%

Figure 7 : Emissions des autres transports

Cette part est beaucoup plus importante dans la catégorie des autres transports, dans laquelle on retrouve les transports ferroviaire, fluvial et maritime. Ceci est dû de manière prépondérante au trafic maritime.

Emissions industrielles

Le tableau ci-dessous décrit les différents types d'établissements industriels ainsi que leurs rejets sur le secteur de Calais.

Etablissement	Commune	Type d'activités	Rejets atmosphériques en 2006 ¹						
			SO ₂ (t/an)	NO _x (t/an)	Ps (t/an)	COV (t/an)	Pb (kg/an)	Zn (kg/an)	Cd (kg/an)
Tioxide Europe	Calais	Pigments d'oxyde de titane	403	76	3.4	-	-	-	-
UCAR SNC	Calais	Fabrication d'électrodes en graphite artificiel	373	24	11.9	7.8	123		
Synthexim	Calais	Fabrications de produits intermédiaires pharmaceutiques	-	1.15	-	73	-	-	-
Interor	Calais	Fabrications de produits intermédiaires pharmaceutiques	-	5.06	-	42	-	-	-
Calaire	Calais	Fabrications de produits à destination du marché pharmaceutique	1.14	24.8	0.05	22.68	-	-	-

Figure 8 : Emissions industrielles

La majorité des sites industriels sur Calais sont regroupés au sein de la zone des Dunes, située à l'est de l'agglomération calaisienne et à proximité du terminal transmanche.

Emissions domestiques

Le tableau ci-dessous regroupe les émissions des chauffages domestiques sur la commune de Calais (estimation 1999). La part de la commune de Calais dans les émissions régionales est équivalente à celle de Dunkerque pour les émissions domestiques.

Polluants	CO (t/an)	SO ₂ (t/an)	COV (t/an)	NO _x (t/an)	Ps (kg/an)	Pb (g/an)	Zn (g/an)	Cd (g/an)
Emissions	3	0.09	0.4	0.1	0.2	43053	205086	4824
Part dans les émissions régionales de cette catégorie	2%	1.7%	2.1%	1.6%	2%	1.9%	1.5%	1.8%

Figure 9 : Emissions domestiques

¹ Source DRIRE IRE

Technique utilisée

Atmo Nord – Pas-de-Calais dispose de plusieurs stations mobiles consacrées à des études ponctuelles en complément de la mesure en continu des principaux polluants indicateurs de la qualité de l'air.



Les 3 stations mobiles sont constituées d'un véhicule tracteur et d'une remorque, ou bien d'un véhicule type fourgonnette. Elles sont équipées d'analyseurs de différents polluants et de capteurs spécifiques aux paramètres météorologiques. Ces stations sont les mêmes que les autres stations du réseau, à cette différence près qu'elles sont, comme leur nom l'indique, adaptées au déplacement.

Ainsi, on peut effectuer des campagnes de mesure dans des lieux où les conditions générales ne nécessitent pas de mesure en continu, ou bien avant d'installer une station fixe afin d'optimiser les critères de mesure en continu (typologie de la station, polluants mesurés, emplacement...). Enfin, les stations mobiles peuvent être utilisées pour confirmer ou infirmer des hypothèses sur des sources de pollution ou des phénomènes locaux qui ne sont pas observables par le réseau de stations fixes.

L'analyseur multi polluants AIRPOINTER® est un système de mesure compact, facile à installer et à déplacer, qui permet d'assurer un suivi des polluants atmosphériques gazeux pour les besoins spécifiques d'une étude.



Polluants mesurés par les stations mobiles :

PM10 : Poussières en suspension
O₃ : ozone
NO₂ : dioxyde d'azote
NO : monoxyde d'azote
CO : monoxyde de carbone
SO₂ : dioxyde de soufre
BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, et xylènes (ortho, méta et para)
Métaux : Nickel, Cadmium, Arsenic et Plomb

Paramètres météorologiques relevés par les stations mobiles :

humidité relative
température ambiante
vitesse et direction des vents
pression atmosphérique

Polluants mesurés par le dispositif Airpointer :

O₃ : ozone
NO₂ : dioxyde d'azote
NO : monoxyde d'azote
CO : monoxyde de carbone
SO₂ : dioxyde de soufre

Polluants surveillés

Le dioxyde de soufre (SO_2)

La combustion du charbon ou des dérivés de 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. L'installation de pots catalytiques réduit les émissions des véhicules mais l'augmentation du trafic et du nombre des voitures rend cette diminution insuffisante. 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 cancérogènes.

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.

L'ozone (O_3)

Bénéfique dans les hautes couches de l'atmosphère, il est par contre très nocif dans l'air que nous respirons. C'est un polluant secondaire, c'est à dire qu'il n'est pas émis directement mais résulte de la réaction chimique entre plusieurs polluants de l'air : essentiellement par les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, sous l'effet du rayonnement solaire. Il a un fort pouvoir oxydant et peut donc provoquer des brûlures des muqueuses de la gorge ou des poumons.

La mesure de l'ozone est réalisée par absorption du rayonnement ultra-violet.

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.

Les métaux lourds

Les métaux lourds proviennent de la combustion des charbons, pétroles, ordures ménagères... et de certains procédés industriels particuliers. Ils se trouvent généralement au niveau des particules.

Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques. A court et/ou à long terme, ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires...

Il n'existe pas, pour le moment, de mesures en continu et automatique des métaux dans les particules. La mesure globale de l'élément est donc effectuée en 2 étapes, le prélèvement sur le terrain de poussières de diamètre inférieur à 10 µm sur un filtre en fibre de quartz, suivi de l'analyse en laboratoire, par spectrométrie d'absorption four.

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)

Seuils	Sur 1h	Sur 8h	Sur 24h	Sur la semaine	Sur l'année
Poussières PM _{2,5} (µg/m ³)	-	-	25	-	10
Poussières PM ₁₀ (µg/m ³)	-	-	50	-	20
Dioxyde de soufre SO ₂ (µg/m ³)	500 (pour 10 minutes)	-	20	-	50
Dioxyde d'azote NO ₂ (µg/m ³)	200	-	-	-	40
Ozone O ₃ (µg/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 (µg/m ³)	-	-	-	-	50

Figure 10 : Recommandations OMS

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 :

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)	46 µg/m ³ (valeur limite) 40 µg/m ³ (objectif de qualité)	-	200 µg/m ³ (- de 175 heures/an ou Percentile 98) 230 µg/m ³ (- de 18 heures/an ou Percentile 99.8)	-
poussières (PM ₁₀)	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)	110 µg/m ³ Sur 8 heures (objectif de qualité)

Figure 11 : Valeurs réglementaires

Polluant	Normes Valeurs limites et objectifs de qualité			
	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne horaire	
composés organiques volatils (benzène,...)	pour le benzène : 9 µg/m ³ (valeur limite) 2 µg/m ³ (objectif de qualité)	-	-	-
plomb (Pb)	0,9 µg/m ³ (valeur limite) 0,25 µg/m ³ (objectif de qualité)	-	-	-
cadmium (Cd)	5 ng/m ³			
arsenic (As)	6 ng/m ³			
nickel (Ni)	20 ng/m ³			
benzo(a)pyrène	1 ng/m ³			

Figure 12 : Valeurs réglementaires

Exploitation des mesures

Contexte météorologique

Pour une campagne de mesures de la qualité de l'air ambiant, il est important de mettre en parallèle, les données météorologiques avec les mesures effectuées sur les polluants. Toutes les données détaillées utilisées pour l'interprétation des données de la campagne sont déclinées en annexes. Le bilan est établi à partir des données des stations météorologiques d'Atmo Nord-Pas-de-Calais et des synthèses mensuelles de Météo France.

Température °C	Moyenne : Minimum : Maximum :	12.8 6 22.7 le 22 avril
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1016
Vent m/s	Vitesse moyenne : Minimum : Maximum :	4.9 1 14.5 le 7 mai
Humidité relative %	Moyenne :	81

Figure 13 : Données météorologiques

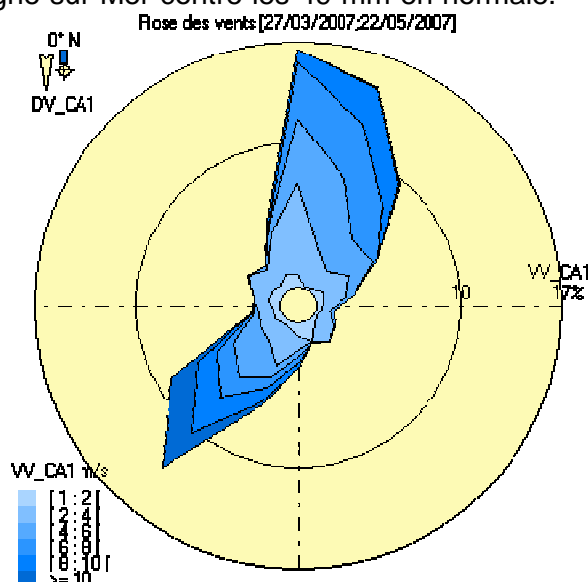
La campagne de mesures débute sous des conditions anticycloniques, les températures sont au dessus des normales saisonnières (2°C en moyenne sur le mois de mars). Les précipitations sont faibles durant la dernière décade par rapport aux deux premières : 3.8 mm contre 48.6 mm en cumul durant les 20 premiers jours. Ce régime de hautes pressions se poursuit tout le mois d'avril, la moyenne des températures est de plus de 4 degrés supérieure aux normales saisonnières et les précipitations largement déficitaires : 2 mm relevés à Boulogne sur Mer contre les 49 mm en normale.

Les vents de Nord-Est sont largement dominants pour ce mois d'avril, à noter l'apparition des premières brises de mer les 27 mars ; 2, 11, 21 et 30 avril et le 1^{er} mai 2007.

La tendance s'inverse dès le début du mois de mai : plusieurs systèmes dépressionnaires s'enchaînent jusqu'à la fin de l'étude. Les températures diminuent et les précipitations, quasi inexistantes en avril, sont excédentaires en mai. La rose des vents est globalement orientée au Sud-Ouest. Les vents sont forts (maximum à 104.4 km/h le 11 mai à Boulogne sur mer).

L'exploitation des données de la campagne est faite à l'aide des données météorologiques de la station Chateaubriand. Les mesures de vent de l'unité mobile présentent un écart systématique avec les mesures de la station de Chateaubriand et la station de mesure de Météo France, située sur l'aérodrome de Marck (voir en annexe).

Figure 14 : Rose des vents à Calais



L'étude se déroule donc sous 2 phases :

- un contexte météorologique plutôt défavorable à la dispersion des polluants durant le mois d'avril (conditions anticycloniques, brises côtières),
- un contexte météorologique favorable à la dispersion des polluants durant le mois de mai (précipitations abondantes, vents forts de Sud-Ouest).

Exploitation des résultats

La campagne de mesures s'est déroulée du 27 mars au 22 mai 2007. Pour tous les résultats de mesures, les heures sont exprimées en heures TU.

Polluant	Site	Taux de fonctionnement en %	Concentration moyenne pendant la campagne	Valeur horaire maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur journalière maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO ₂	Ecluse Carnot	45	-	197 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 2 mai à 6 heures	27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 2 mai
	Terminal transmanche	99	14	324 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 30 avril à 11 heures	49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 30 mars
Ps	Ecluse Carnot	66	40	172 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 29 mars à 12 heures	131 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 29 mars
	Terminal transmanche	Pas de mesures de PM ₁₀ sur ce site			
NO ₂	Ecluse Carnot	80	36	99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 5 avril à 7 heures	63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 26 avril
	Terminal transmanche	99	42	124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 22 avril à 15 heures	76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 10 avril
NO	Ecluse Carnot	80	12	188 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 5 avril à 7 heures	39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 26 avril
	Terminal transmanche	99	24	237 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 15 mai à 8 heures	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 24 avril
O ₃	Ecluse Carnot	78	50	127 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 22 avril à 17 heures	87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 4 mai
	Terminal transmanche	99	49	108 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 4 mai à 21 heures	95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 4 mai
CO	Ecluse Carnot	0	Mesure invalidée		
	Terminal transmanche	99	0.4	2.7 mg/m ³ le 20 avril à 21 heures	0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ le 2 avril

Figure 15 : Résultats de l'étude

Taux de fonctionnement : il s'agit du pourcentage de données valides d'un appareil de mesures pour la période de mesures.
NR : non représentatif. Le taux de fonctionnement n'a pas atteint 75 % de données valides.

En raison de problèmes techniques, le taux de fonctionnement de la mesure SO₂ à l'écluse Carnot a atteint 45 % sur la durée de la campagne.

Situation des concentrations de la station mobile par rapport aux stations fixes du réseau de mesure

Les données de la station mobile sont comparées aux stations de mesures fixes les plus proches et/ou mesurant les mêmes paramètres, sur des typologies variées.

Dans ce rapport, les stations fixes utilisées sont les suivantes :

- la station La Fayette (CA3) : située boulevard La Fayette, dans l'enceinte de l'école Louise Pollet, cette station de proximité automobile se trouve sur l'un des boulevards calaisiens de forte circulation, que l'on peut assimiler à une rue type canyon. La station mesure en continu les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone ;
- la station Place d'Armes (CA4) : destinée à l'origine au suivi de l'impact de la zone industrielle des Dunes et du trafic automobile sur Calais-Nord, cette station, située en proximité de la zone portuaire, a permis l'identification des valeurs de pointe liées au trafic maritime. Elle mesure les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre ;
- la station Sangatte (CA5) : la station périurbaine de l'agglomération calaisienne dispose des mesures d'ozone, d'oxydes d'azote, de poussières en suspension (PM₁₀, PM_{2.5}) ainsi que de la mesure des paramètres météorologiques (direction et vitesse du vent, température, humidité relative et rayonnement) depuis le 22 mai 2007;
- la station Chateaubriand (CA1) : rue Pascal, dans l'école Chateaubriand, en proximité industrielle, la mesure du dioxyde de soufre et des poussières en suspension y a été effective jusqu'au 19 avril 2007. Les analyseurs ont été alors installés dans la station EREA (CA7), en cabine indépendante répondant aux critères de conformité métrologique. La mesure des paramètres météorologiques a été maintenue jusque la fin de la campagne de mesure et transférée depuis à Sangatte ;
- la station EREA (CA7) : rue de Bitche, au sein de l'Etablissement Régional d'Enseignement Adapté. Cette station (cabine indépendante) sous influence industrielle se situe dans une zone de forte densité de population. En attendant la mise en service de la nouvelle station urbaine à l'Ouest de Calais (lycée Sophie Berthelot), l'ozone et les oxydes d'azote sont mesurés en plus du dioxyde de soufre et des poussières en suspension. La mise en service de la station date du 20 avril 2007 ;
- la station IUT (CA2) : au sein de l'IUT, rue Louis David, la station de proximité industrielle ne mesure que le dioxyde de soufre.

Les courbes des polluants mesurés, présentées ci-après, sont déclinées en annexes en grand format.

Le dioxyde de soufre (SO₂)

- Moyennes durant la campagne de mesures

Site	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)	Valeur journalière maximale (µg/m ³)
Terminal Transmanche	14	324 le 30 mars à 11h	49 le 30 mars
Ecluse Carnot		197 le 2 mai à 6h	27 le 2 mai
IUT	5	178 le 15 avril à 15h	21 le 24 avril
Place d'Armes	12	215 le 30 avril à 23h	49 le 30 avril
Chateaubriand (indicatif)	11	175 le 16 avril à 17h	44 le 3 avril
EREA (indicatif)	19	376 le 21 mai à 8h	144 le 26 avril

Figure 16 : Données de SO₂

- Evolution des moyennes journalières

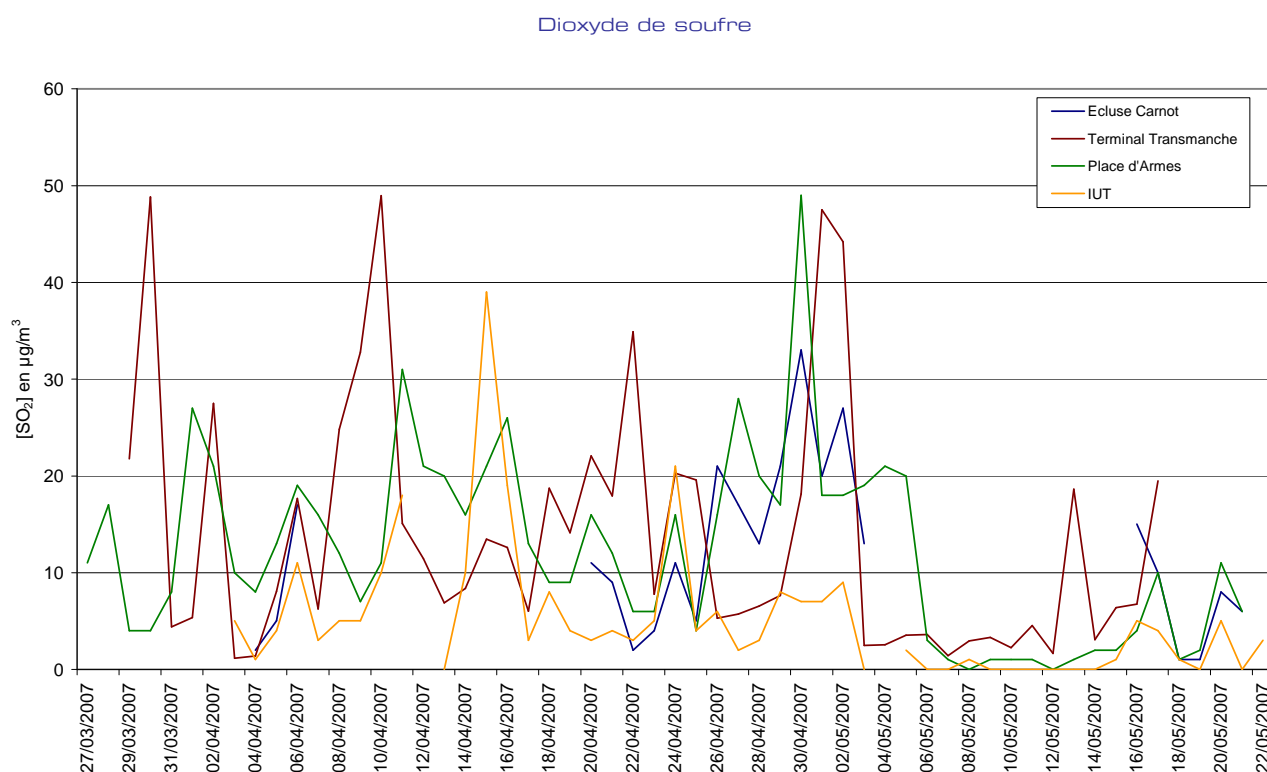


Figure 17 : Moyennes journalières en SO₂

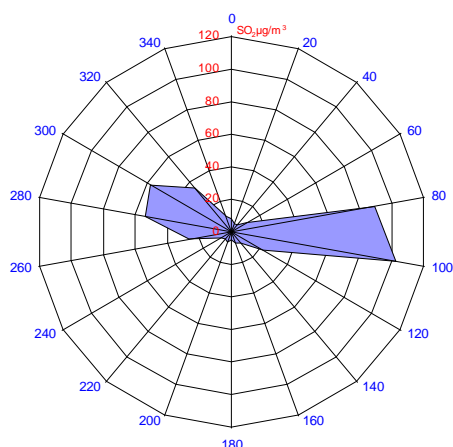
Malgré le taux de fonctionnement inférieur à 75%, les données de SO₂ pour le site de l'Ecluse Carnot sont intégrées à l'exploitation des résultats. Les concentrations moyennes restent cependant indicatives, le site ayant été sous les vents des différents émetteurs durant le mois d'avril, mois pour lequel nous ne disposons pas de l'intégralité des mesures.

La moyenne pour la période sur le site du Terminal transmanche est relativement homogène avec les sites fixes de proximité industrielle. A titre indicatif, les moyennes relevées sur les sites industriels dunkerquois sont du même ordre de grandeur. Ceci est dû à la récurrence de vents de secteur Nord-Ouest à Est, plaçant l'ensemble des sites de proximité sous le vent des zones industrielles.

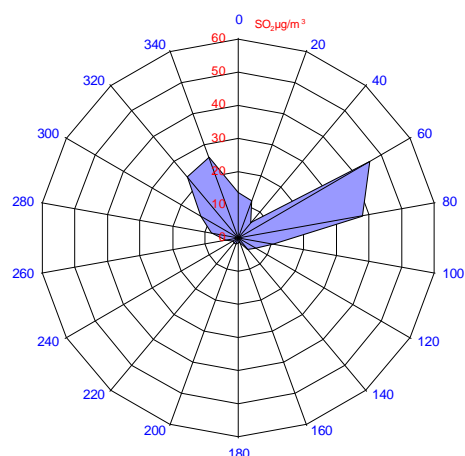
Les roses de pollution établies pour les deux sites d'étude mettent en évidence deux sources prépondérantes : la zone industrielle des Dunes, les quais d'apportement et l'avant port de Calais. Les concentrations moyennes les plus fortes sont observées sous le vent de la zone industrielle, malgré la faible proportion de vents sous ce secteur sur le site du Terminal.

Figure 18 : Roses de pollution en SO₂

Moyennes en SO₂ par direction de vent - Terminal Transmanche



Moyennes en SO₂ par direction de vent - Ecluse Carnot

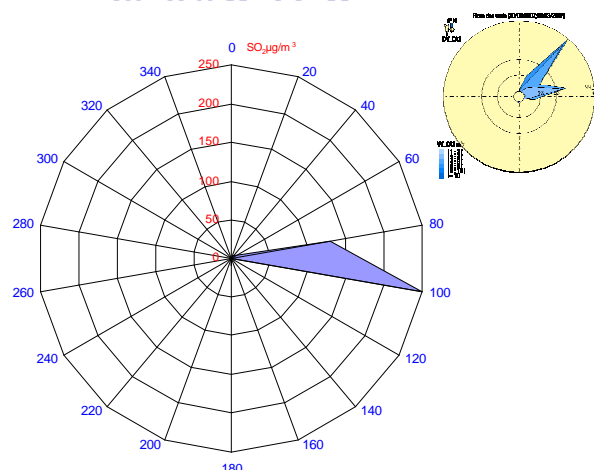


On ne constate pas de dépassements des valeurs réglementaires (horaire et journalière) sur les 2 sites. La valeur journalière recommandée par l'OMS (20 µg/m³ en moyenne journalière) est dépassée à plusieurs reprises :

- 5 fois sur le site de l'Ecluse Carnot (sur 24 moyennes disponibles)
- 11 fois sur le site du Terminal transmanche (sur 50 moyennes disponibles).

Les maxima quart-horaire, horaire et journalier sur le site du Terminal transmanche se déroulent le 30 mars 2007. Ces valeurs de pointe sont associées à des vents faibles à modérés de secteur Est- Sud-Est et ont pour origine probable l'activité proche de la zone industrielle des Dunes. Les concentrations diminuent en début d'après midi, avec la bascule du vent au Nord-Est. Le maximum horaire ne dépasse pas la valeur réglementaire du percentile – fixée à 350 µg/m³. Le maximum quart-horaire (667 µg/m³) est, quant à lui, supérieur au seuil d'alerte de la procédure industrielle locale (fixé à 500 µg/m³ en valeur quart-horaire). C'est le seul dépassement enregistré durant cette campagne.

Rose de pollution en SO₂ - Terminal transmanche - Journée du 30 mars 2007



Les maxima horaire et journalier sur le site de l'Ecluse Carnot ont lieu le 2 mai en fin de nuit et sont donc associées à de mauvaises conditions de dispersion (inversion de température, vent faible à modéré). Le site est alors sous le vent de la zone industrielle des Dunes. On enregistre une nette diminution des concentrations avec l'évolution du vent en début de matinée au Nord-Est.

Rose de pollution en SO₂ - Ecluse Carnot - Journée du 2 mai 2007

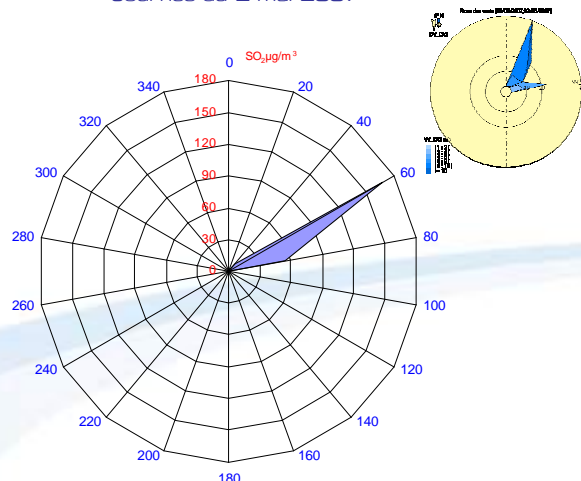


Figure 19 : Roses de pollution en SO₂ des 30 mars et 2 mai

Les données en NO et en SO₂ ont été exploitées en fonction des champs de vent sur le site du Terminal :

- [250°: 300°] pour la zone portuaire (quais et av ant-port),
- [75°: 110°] pour la zone industrielle des Dunes.

Compte tenu du manque de données sur le mois d'avril, l'exploitation des données par secteur de vents n'a pas été menée sur le site de l'Ecluse Carnot.

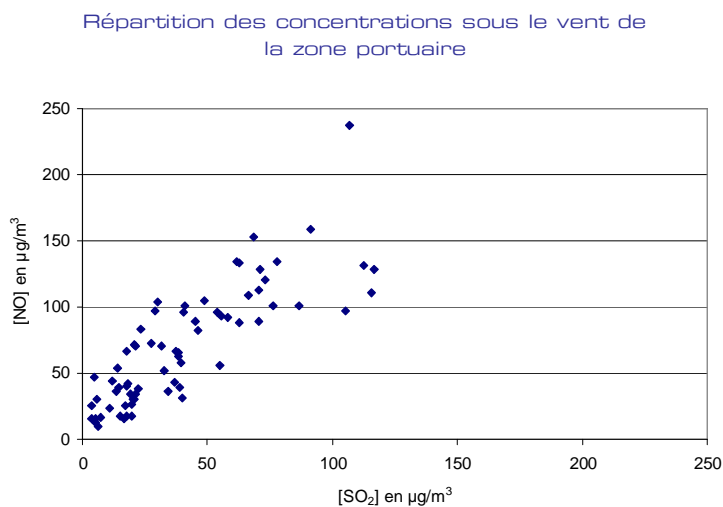
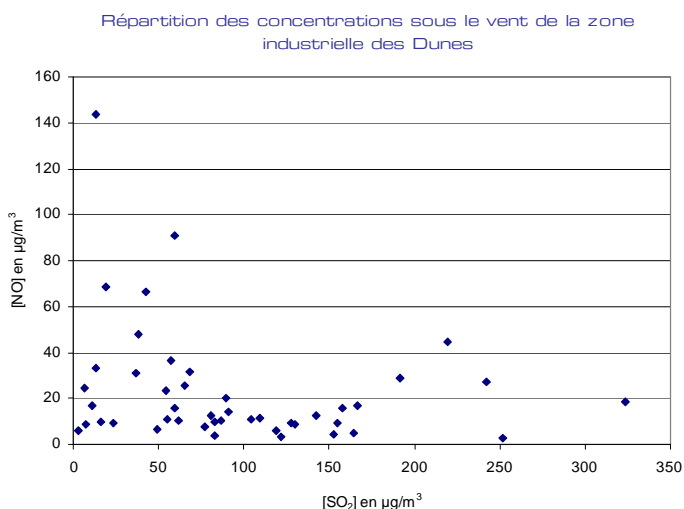
	Zone portuaire		Zone industrielle des Dunes	
	SO ₂	NO	SO ₂	NO
Nombre d'heures	70		46	
Moyenne en µg/m ³	40	70	95	23
Ecart type	30	45	73	26

Figure 20 : Exploitation des données par secteurs de vent

Les données issues du tableau confirment l'interprétation issue de la rose de pollution. Malgré une durée d'exposition plus faible, les concentrations moyennes en SO₂ sont nettement plus élevées sous le vent de la zone industrielle des Dunes que sous le vent de la zone portuaire. Par ailleurs, la répartition des concentrations de NO en fonction des mesures de SO₂ sous le vent de la zone industrielle ne montre aucune corrélation (figure 21a).

La relation entre concentrations en NO et en SO₂ est quasi-linéaire lorsque le site se trouve le vent de la zone portuaire (figure 21b). Le coefficient de corrélation est égal à 0.83. Si les concentrations moyennes en SO₂ sont plus faibles que sous le vent de la ZI des Dunes, elles sont 3 fois plus élevées pour le NO.

Figures 21 a et b : Répartition des concentrations en NO et en SO₂



Les oxydes d'azote (NO_x)

- Moyennes durant la campagne de mesures

Monoxyde d'azote (NO)

Site	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)
Terminal Transmanche	24	237 le 15 mai à 8 heures
Ecluse Carnot	12	188 le 5 avril à 7 heures
La Fayette	14	299 le 2 avril à 6 heures
Place d'Armes	22	330 le 28 mars à 8 heures

Dioxyde d'azote (NO₂)

Site	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)
Terminal Transmanche	42	124 le 22 avril à 15 heures
Ecluse Carnot	36	99 le 5 avril à 7 heures
La Fayette	33	108 le 2 avril à 7 heures
Place d'Armes	41	140 le 5 avril à 7 heures

Figure 22 : Données d'oxydes d'azote

- Evolution des moyennes journalières

Monoxyde d'azote

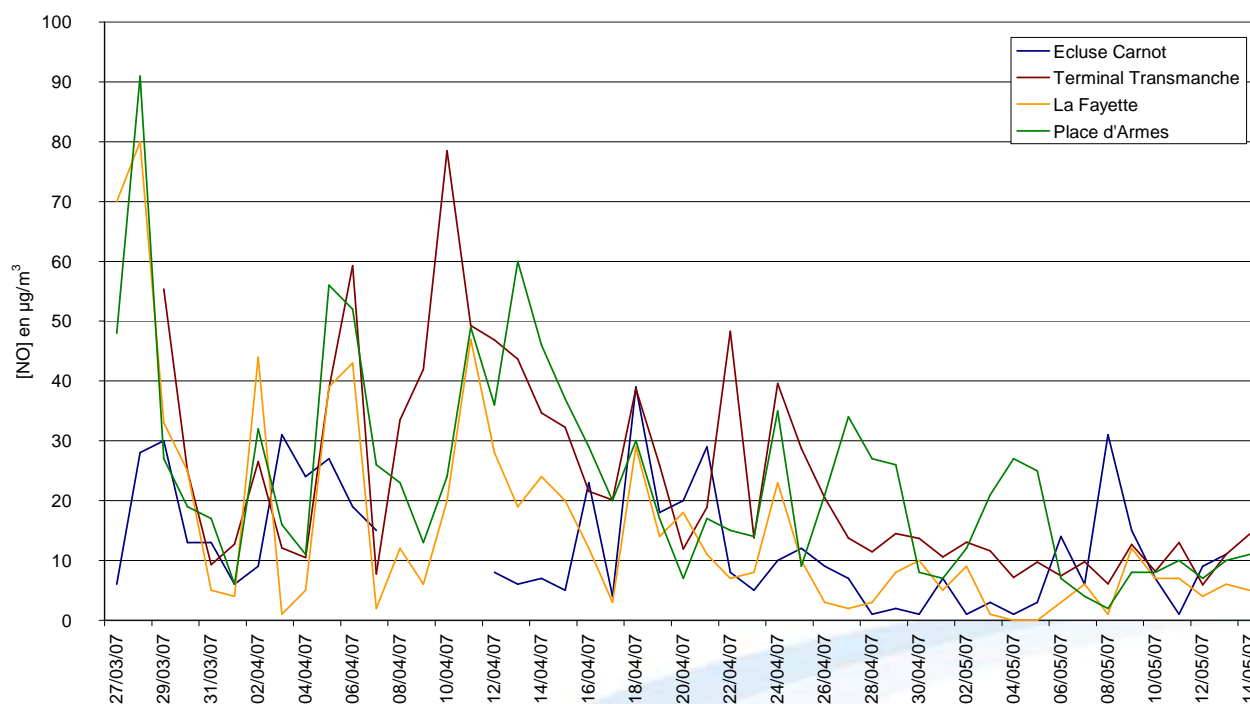


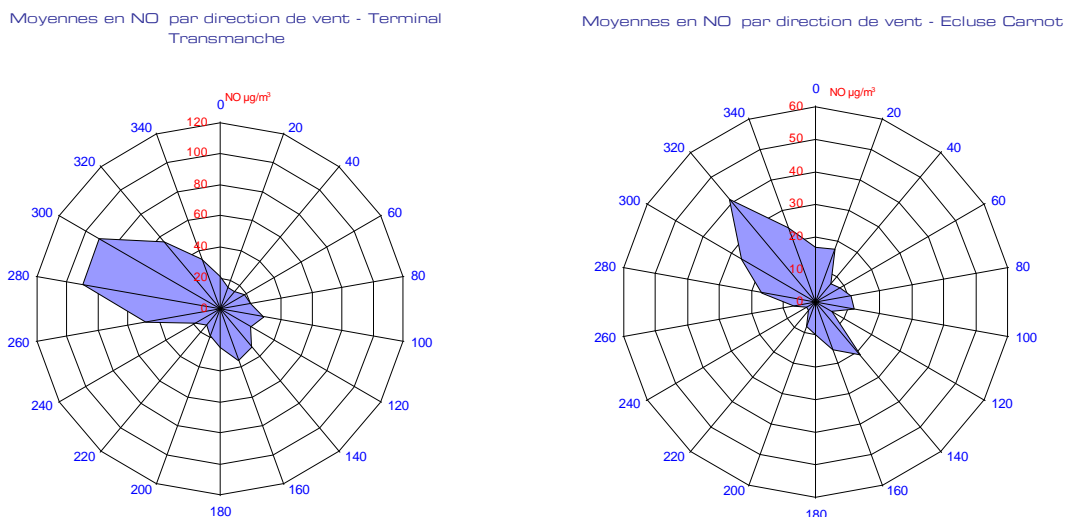
Figure 23 : Moyennes journalières en NO

La valeur moyenne en NO relevée sur le site du Terminal transmanche est particulièrement élevée. Elle est du même ordre de grandeur que la moyenne de la station de proximité automobile de la Place d'Armes. Les mesures du site de l'Ecluse Carnot sont moins élevées et proches des concentrations relevées Boulevard La Fayette.

Les maxima horaires sur les deux sites d'étude restent néanmoins inférieurs aux sites de proximité automobile. Ils sont observés systématiquement en début de matinée et sont associés à de mauvaises conditions de dispersion.

Les roses de pollution des deux sites d'étude montrent une nette influence des quais d'apportement sur les concentrations. L'impact de la zone industrielle des Dunes à l'Est des sites d'étude est négligeable.

Figure 24 : Roses de pollution en NO



Les concentrations en NO₂ sont plus homogènes sur les sites d'étude et de proximité automobile. Elles restent élevées, les moyennes sur le Terminal et la Place d'Armes dépassent l'objectif de qualité fixé à 40 µg/m³ en moyenne annuelle. Etant donné le contexte, il est probable que les moyennes annuelles sur les sites du Terminal et l'Ecluse Carnot approchent cette valeur.

Les concentrations diminuent nettement dès la deuxième semaine du mois de mai, avec le retour des précipitations.

Les maxima horaires sont observés en début de matinée sur la majorité des stations. La valeur maximale sur le site du Terminal transmanche se déroule en milieu d'après-midi. Cette valeur de pointe est associée à une nette diminution de la concentration en ozone. Les conditions météorologiques (vent de sud, températures supérieures aux normales de saison) favorisent la mise en place de la brise côtière : une masse d'air plus fraîche et de composition chimique différente (chargée notamment en oxydes d'azote) entre par le Nord-Ouest. Un pic en dioxyde d'azote est observé sur le site de l'Ecluse Carnot mais dans des proportions moindres.

Dioxyde d'azote

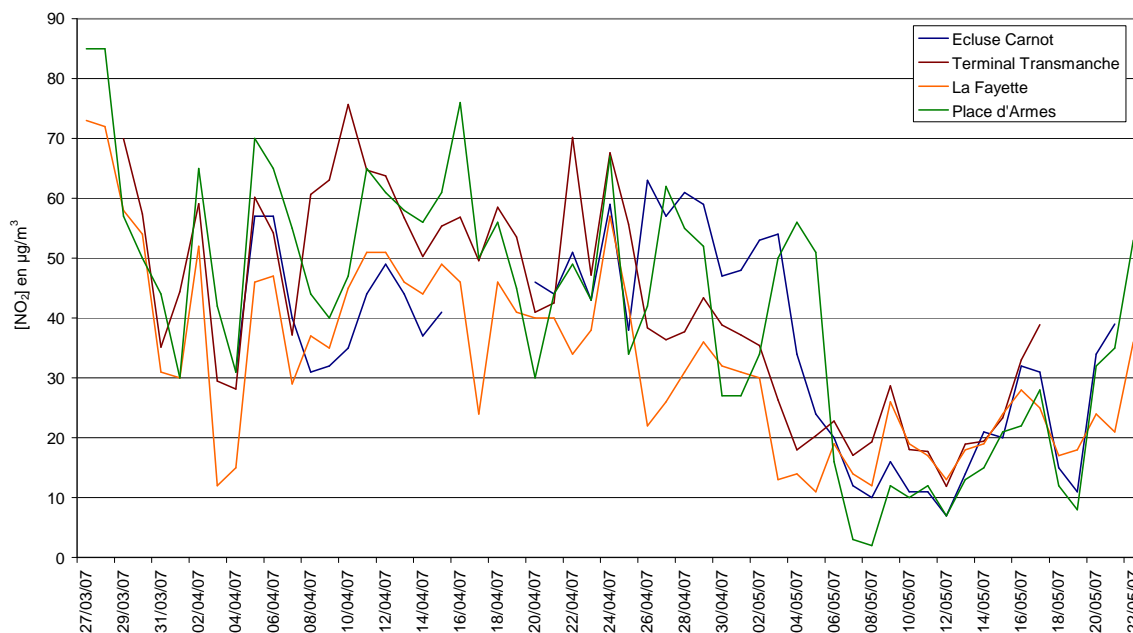


Figure 25 : Moyennes journalières en NO₂

Les poussières en suspension (Ps)

- Moyennes durant la campagne de mesures

Site	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)	Valeur journalière maximale (µg/m ³)
Ecluse Carnot	40	172 µg/m ³ le 29 mars à 12heures	131 µg/m ³ le 29 mars
Sangatte	43	166 µg/m ³ le 29 mars à 12 heures	107 µg/m ³ le 29 mars

Figure 26 : Données de PM₁₀

- Evolution des moyennes journalières

Poussières en suspension

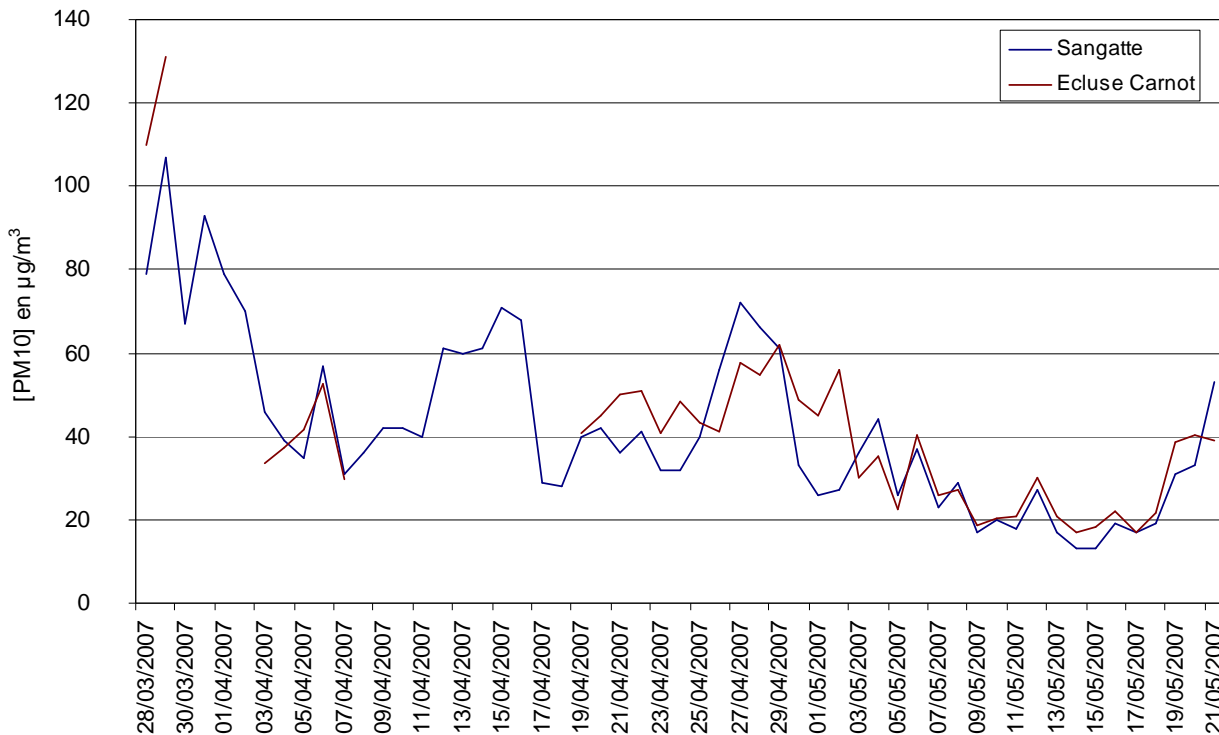


Figure 27 : Moyennes journalières en PM₁₀

Préambule :

Les appareils de mesure de poussières en suspension utilisés jusqu'à présent comportent un système de chauffage de la ligne de prélèvement d'air engendrant une perte des composés volatiles, notamment du nitrate d'ammonium, fixés aux particules. A la demande de l'Union Européenne et du Ministère de l'Ecologie et du Développement et de l'Aménagement Durables, cette fraction volatile doit désormais être prise en compte. Depuis le 1^{er} janvier 2007, un module complémentaire a été ajouté à plusieurs capteurs dans la région Nord-Pas-de-Calais, évaluant en temps réel le facteur d'ajustement à appliquer à l'ensemble des sites de mesure de PM₁₀. Cette évolution technique peut se traduire par une augmentation des niveaux de poussières en suspension, en fonction de la teneur en composés volatiles mesurée sur le site de référence. Pour 2007, le site de référence pour l'ajustement des données de PM₁₀ sur le littoral est situé à Gravelines.

Seul le site de l'Ecluse Carnot a été équipé d'un analyseur de poussières en suspension. Les données sont comparées au site fixe de Sangatte (station périurbaine, TEOM). Les mesures disponibles sur Chateaubriand sont issues d'une jauge bêta non équipée du module RST permettant la prise en compte de la fraction volatile. Le module RST a été installé lors du transfert de l'analyseur sur le site de l'EREA. Il convient donc de s'en tenir au site de Sangatte, disposant de la même métrologie durant la campagne d'étude.

Les mesures de poussières en suspension débutent en plein épisode régional de pollution par les PM₁₀, déclenché du 27 mars au 3 avril 2007. Cet épisode est détecté sur le site de l'Ecluse Carnot. Le maximum horaire – 172 µg/m³ - est enregistré le 29 mars en milieu de journée. Le seuil d'alerte fixé à 125 µg/m³ (moyenne glissante 24 heures) par l'arrêté inter-préfectoral du 3 août 2005 est dépassé en fin de journée le 29 mars. L'épisode se décompose en deux phases :

- une première phase, pendant laquelle les concentrations de la fraction non volatile augmentent fortement, la fraction volatile étant faible ;
- une seconde phase, durant laquelle la concentration de la fraction non volatile diminue au profit de la fraction volatile.

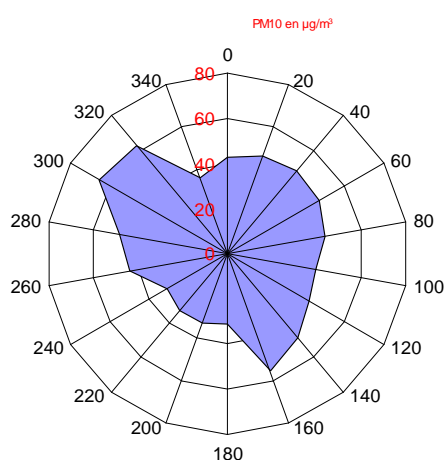
La rétro-trajectoire pour la première phase montre une masse d'air provenant de l'Afrique du Nord. La nature des particules évolue ensuite quand la masse d'air passe sur le Nord de l'Europe.

L'évolution des concentrations sur les deux sites est proche et les concentrations en poussières sont homogènes. Quelques jours se distinguent à la fin du mois d'avril et au début du mois de mai. La procédure d'information ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ moyenne glissante 24 heures sur deux stations) est déclenchée sur l'ensemble de la région Nord-Pas-de-Calais du 27 au 30 avril 2007. Le seuil d'information n'est pas atteint sur l'agglomération calaisienne

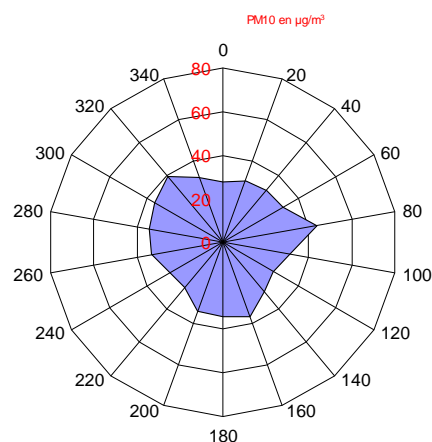
Les concentrations augmentent de nouveau en fin de période. Elles sont dues à une mauvaise dispersion des émissions locales plus importantes (ZI des Dunes) en proximité de l'écluse qu'à Sangatte. Ces conditions météorologiques provoquent un nouvel épisode de pollution ; la procédure d'information est déclenchée du 22 au 27 mai sur l'ensemble de la région Nord-Pas-de-Calais.

Figure 28 : Roses de pollution en PM_{10}

PM10 fractions volatile et non volatile par direction de vent - Ecluse Carnot



PM10 Fraction non volatile par direction de vent - Ecluse Carnot



La rose de pollution de la fraction non volatile des poussières en suspension montre un léger impact sur les concentrations de la zone des quais d'apportements (320°) et de la zone industrielle des Dunes (80°).

L'ozone (O_3)

- Moyennes durant la campagne de mesures

Site	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur horaire maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne sur 8 heures glissantes maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ecluse Carnot	50	127 le 22 avril à 17 heures	107 le 22 avril à 19 heures
Terminal transmanche	49	108 le 4 mai à 21 heures	103 le 4 mai à 22 heures
Sangatte	53	132 le 22 avril à 16 heures	121 le 22 avril à 19 heures

Figure 29 : Données d' O_3

- Evolution des moyennes horaires

Ozone

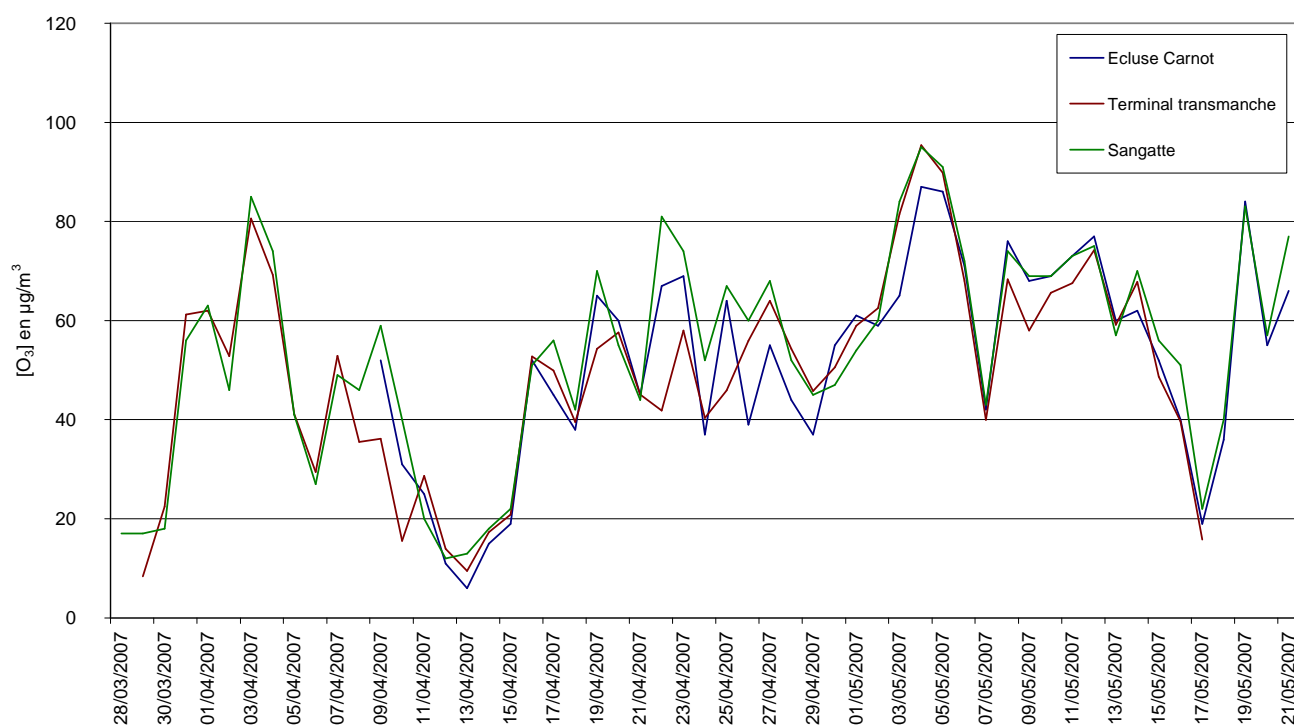


Figure 30 : Moyennes journalières en O₃

Les moyennes en ozone sont équivalentes sur les sites d'étude et du même ordre de grandeur sur la station périurbaine de Calais (Sangatte). La différence entre les deux sites portent sur les valeurs maximales et sont en lien avec les concentrations en dioxyde d'azote. Les maxima horaires sont observés le 22 avril sur le site de l'écluse Carnot et à Sangatte, journée pour laquelle le maximum horaire en température est relevé. Les valeurs en ozone sur le site du terminal transmanche ne dépassent pas les 100 µg/m³, en raison de concentrations en dioxyde d'azote relativement élevées (maximum horaire en NO₂ pour la période). L'élévation des concentrations est en relation avec plusieurs épisodes de pollution photochimique ayant touchés la région Nord-Pas-de-Calais fin avril, notamment les 28 et 29 avril (déclenchement de la procédure d'information). Les valeurs maximales sur l'ensemble du littoral Côte d'Opale sont toutefois inférieures aux seuils réglementaires et aux mesures régionales, en raison des températures moins élevées (le 28 avril : Arras : 28.6°C, Boulogne-sur-Mer : 18.1°C).

Durant le mois de mai, les moyennes journalières égalent voire dépassent les concentrations relevées en avril. Ces teneurs – autour de 90 à 100 µg/m³ – sont la conséquence des vents forts enregistrés sur le littoral, provoquant des entrées d'ozone des hautes couches de l'atmosphère. C'est durant cette période que le maximum horaire est relevé sur le site du Terminal transmanche. Ces valeurs sont peu (voire pas) soumises au cycle diurne.

Le monoxyde de carbone (CO)

- Moyennes durant la campagne de mesures

Site	Concentration moyenne (mg/m ³)	Valeur horaire maximale (mg/m ³)	Moyenne sur 8 heures glissantes maximales (mg/m ³)
Terminal Transmanche	0.4	2.7 le 20 avril à 21 heures	1.0 le 2 mai à 8 heures
La Fayette	0.3	1.8 le 6 avril à 7 heures	1.1 le 28 mars de 8 heures à 11 heures

Figure 31 : Données de CO

- Evolution des moyennes journalières

Monoxyde de carbone

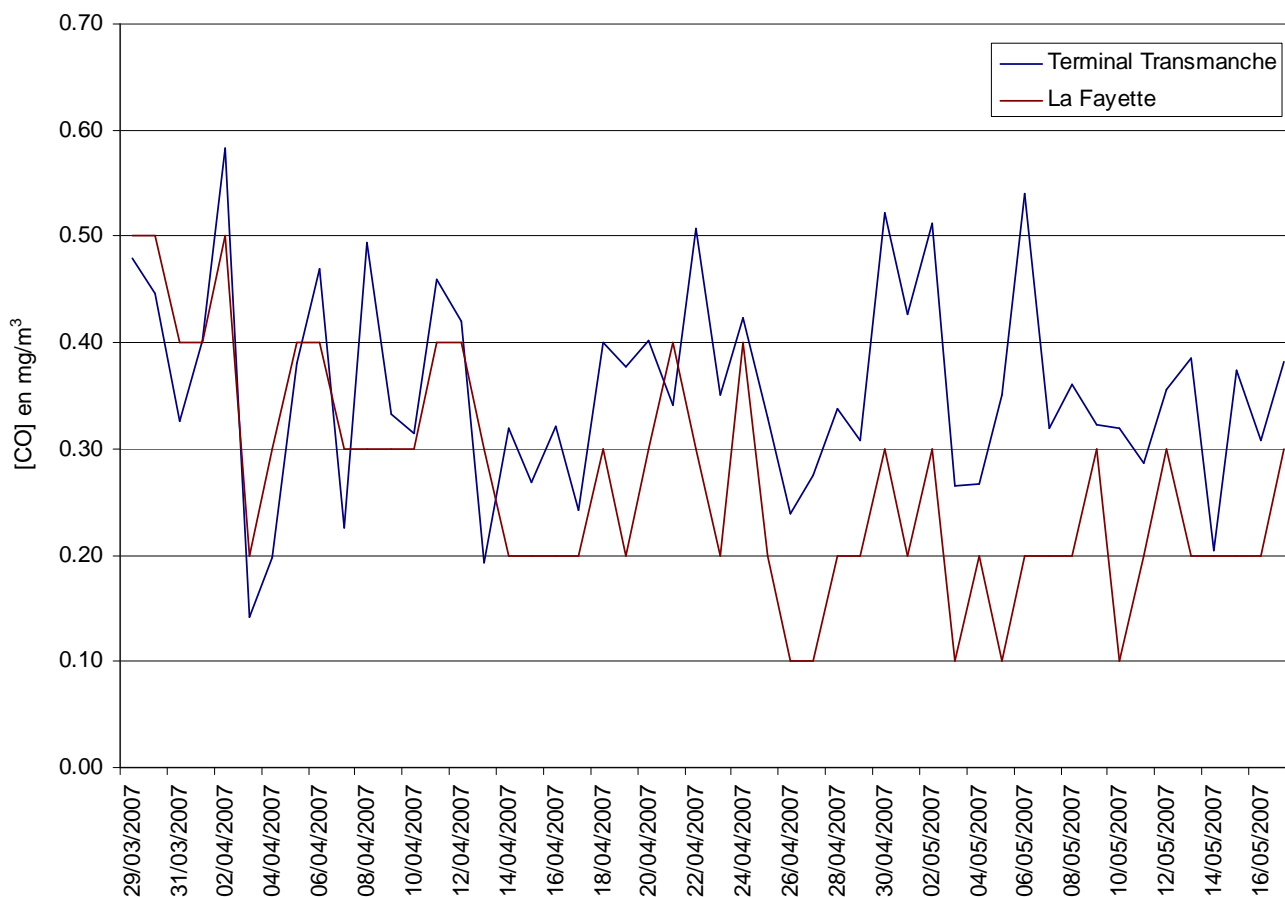


Figure 32 : Moyennes journalières en CO

Les données du CO de l'unité mobile sur le site de l'Écluse Carnot, anormalement basses et laissant soupçonner un problème technique, ont fait l'objet d'une invalidation complète.

Les valeurs moyennes sur le site du Terminal et de la station La Fayette sont du même ordre de grandeur. Le maximum horaire est plus élevé sur le site du Terminal et, alors que celui de la station de La Fayette a lieu classiquement pour la typologie de la station en début de matinée (émissions du trafic automobile au cours de mauvaises conditions de dispersion), celui observé sur le site d'étude se déroule dans la nuit par vent d'Est (74°, 3.6 m/s). Il est associé à une élévation de la concentration en SO₂ (136 µg/m³). Ce maximum, d'origine industrielle, reste inférieur aux valeurs enregistrées en proximité industrielle sur Dunkerque (maximum de la moyenne glissante 8 heures : 2.9 mg/m³ le 4 mai ; maximum horaire : 4.8 mg/m³ le 24 avril).

Plusieurs valeurs de pointe associées à la même direction de vent sont enregistrées durant l'étude. La rose de pollution établie à partir des données en CO du site du terminal illustre ce constat en dégageant une direction prépondérante au secteur Est.

Moyennes en CO par direction de vent - Terminal Transmanche

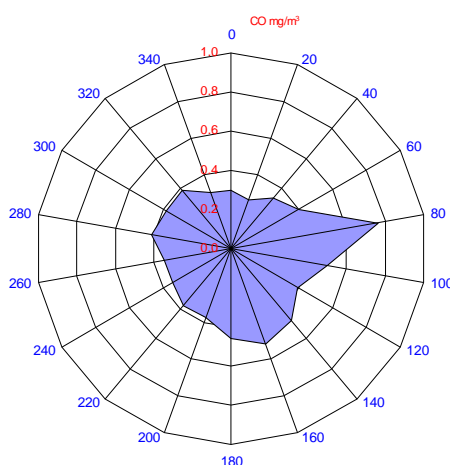


Figure 33 : Rose de pollution en CO

Les métaux lourds

L'objectif de ces mesures est de caractériser de manière quantitative les teneurs en plomb, cadmium, arsenic, nickel, présents dans l'air en proximité portuaire. Seul le site de l'écluse Carnot a été équipé d'un préleveur séquentiel.

Le prélèvement s'est déroulé du 23 mars au 13 mai 2007, soient 7 périodes d'une semaine de prélèvement. La dernière semaine de prélèvement a été invalidée suite à un problème technique.

Dates (N° de semaine)	Arsenic (ng/m ³)	Cadmium (ng/m ³)	Plomb (ng/m ³)	Nickel (ng/m ³)
Du 26 mars au 1 ^{er} avril 2007	7.2	1.2	702	15.2
Du 2 avril au 8 avril 2007	0.9	0.4	25.7	12.5
Du 9 avril au 15 avril 2007	1.0	0.4	26.2	20.9
Du 16 avril au 22 avril 2007	0.7	0.4	12.8	10.1
Du 23 avril au 29 avril 2007	0.7	0.2	8.0	16.7
Du 30 avril au 6 mai 2007	0.8	0.5	9.8	8.0
Du 7 mai au 13 mai 2007	0.2	0.1	2.4	2.6
Moyenne de la campagne	0.7	0.3	14.1	11.8

Figure 34 : Données de métaux

Les résultats de la première semaine d'exposition sont présentés à titre indicatif dans le tableau mais ne sont pas inclus dans le calcul de la moyenne. Ces valeurs particulièrement élevées en arsenic et en plomb correspondent aux travaux de découpe d'une grue à proximité de l'unité mobile.

Arsenic :

La moyenne de la campagne est conforme aux moyennes (pour l'année 2006) des sites fixes de mesure régionaux. La valeur est largement inférieure à la valeur cible fixée par la directive européenne (6 ng/m^3). Les mesures effectuées sur les sites fixes régionaux pour la période d'étude sont supérieures aux valeurs du site Ecluse Carnot, tant en valeur moyenne qu'en valeur de pointe.

Cadmium :

Les résultats sont conformes aux moyennes régionales (pour l'année 2006). Les valeurs enregistrées sont plus faibles sur le site Carnot qu'en sites régionaux pour la période d'étude. D'une manière générale, les valeurs sont faibles et peu variables durant l'étude. La valeur cible (5 ng/m^3) n'est atteinte ni en moyenne, ni en valeur maximale.

Plomb :

La moyenne de la campagne est du même ordre de grandeur que les mesures réalisées en zone urbaine. Elle est inférieure aux mesures de proximité industrielle. Pour la période d'étude, les mesures sont conformes aux résultats obtenus sur les sites régionaux, en valeur moyenne comme en valeur de pointe. Les résultats sont nettement inférieurs aux valeurs réglementaires (250 ng/m^3 pour l'objectif de qualité et 800 ng/m^3 pour la valeur limite pour l'année 2007).

Nickel :

La valeur moyenne est 3 à 4 fois supérieure aux mesures urbaines régionales, sans toutefois atteindre la moyenne en proximité industrielle de Dunkerque. La valeur maximale est supérieure aux maxima hebdomadaires observés (2 à 3 fois) en 2006 et à la valeur cible. Les mesures réalisées sur les sites fixes régionaux durant la période de l'étude sont plus faibles et du même ordre de grandeur qu'à Dunkerque (en valeur moyenne et en maximum). La valeur cible (20 ng/m^3) n'est pas atteinte en moyenne, mais le seuil bas d'évaluation (10 ng/m^3) est dépassé.

Evolution hebdomadaire des métaux lourds - Ecluse Carnot

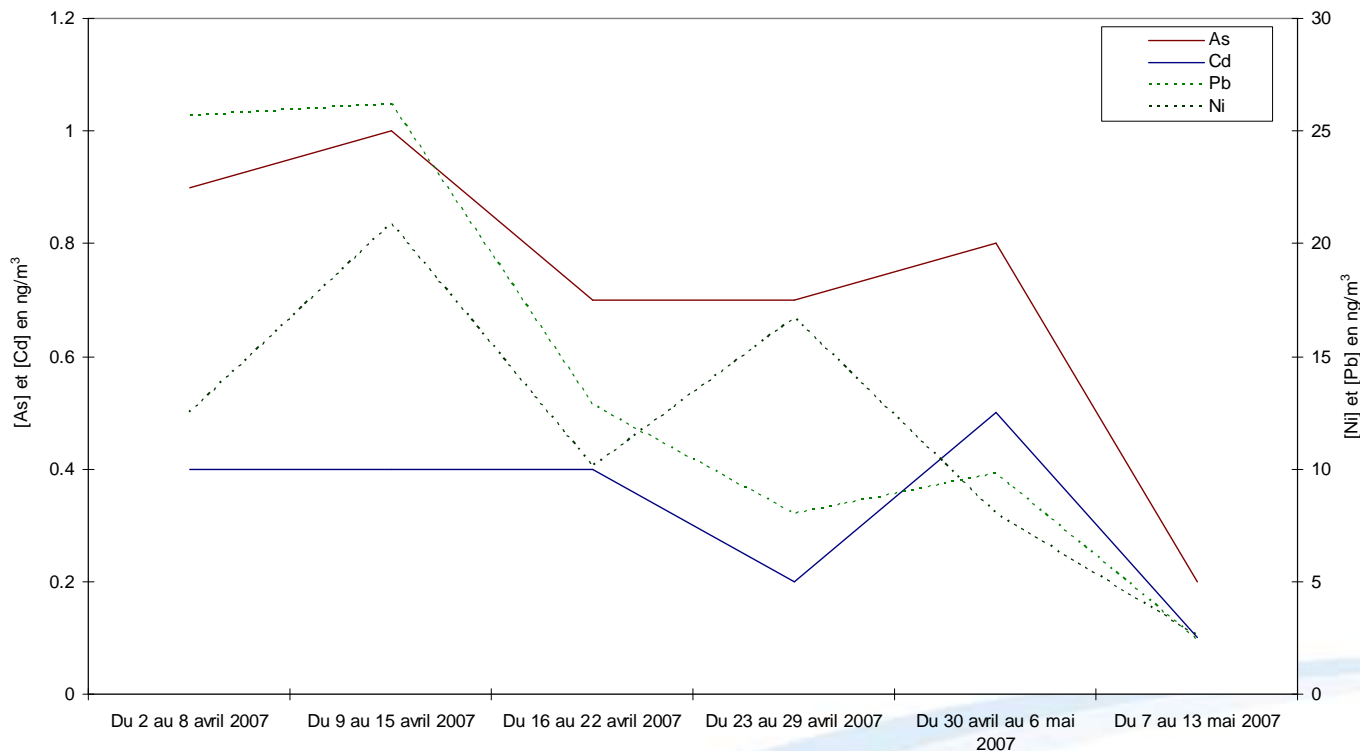


Figure 35 : Evolution hebdomadaire des métaux lourds

Les maxima hebdomadaires sont observés durant la semaine du 9 au 15 avril 2007 et sont simultanés aux maxima hebdomadaires de la quasi-totalité des stations régionales. Les conditions météorologiques associées sont de type anticyclonique. Les vents sont globalement orientés au Nord- Nord Ouest. Des teneurs élevées en nickel avaient déjà été observées sur le même site d'étude en février 2004 (étude Interreg). Le vent était orienté au Nord-Nord Ouest sous la même fréquence (environ 28%). Ce secteur englobe les quais d'appontement les plus utilisés. Les émissions des moteurs des navires pendant les manœuvres à quai et le chargement – déchargement pourraient être à l'origine de ces concentrations élevées.

Les concentrations hebdomadaires commencent à diminuer à partir du 30 avril 2007. Les minima sont observés durant la semaine du 7 au 13 mai, semaine du retour des précipitations (environ 21 mm en cumul).

Les récentes campagnes d'étude menées sur le Calaisis n'ont pas révélé d'anomalies sur les concentrations moyennes en arsenic, en cadmium ou encore en plomb. Le nickel se distingue régulièrement par des valeurs moyennes plus élevées que la moyenne régionale, et par des valeurs de pointe hebdomadaires pouvant dépasser la valeur cible. Une campagne de mesure de métaux lourds sera conduite sur l'agglomération calaisienne en 2009, dans le cadre des évaluations préliminaires des agglomérations de plus de 100 000 habitants.

Exploitation des simulations

Objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'impact du trafic transmanche dans le port de Calais, par le biais d'une simulation de la dispersion dans l'atmosphère des rejets des navires, pendant la durée de la campagne de mesures par unités mobiles sur deux sites dans le port de Calais entre le 27 mars et le 22 mai 2007. Les polluants NO₂, NOx et SO₂ ont été pris en compte au cours des simulations.

Hypothèses d'étude

Le modèle ADMS Urban a été utilisé : il s'agit d'un modèle de dispersion de type gaussien de seconde génération.

Le scénario d'étude utilisé consiste en un calcul long terme (sur toute la durée de la campagne), pour lequel des paramètres d'émissions moyens ont été définis. Ces paramètres concernent d'une part les ferries entrant, stationnant et sortant du port de Calais, et d'autre part l'usine Tioxide incluse dans le domaine d'étude. Il semblait en effet plus judicieux de prendre en compte les rejets de cette usine émettrice de SO₂ pour discerner l'influence des ferries sur les concentrations.

Les schémas de réactions chimiques de base du modèle ADMS ont été activés pour calculer les concentrations en dioxyde d'azote.

- **Domaine de simulation**

Le domaine de simulation constitue un carré de 4,5 km de côté centré sur le port de Calais.



Figure 36 : Domaine de simulation 4,5 par 4,5 km.

Les concentrations ont été calculées sur une grille d'une maille de 50 m, ainsi que sur 6 points représentant les sites de mesure des unités mobiles et stations fixes utilisés au cours de la campagne.

La taille du domaine, assez petite, ainsi que le choix de la résolution sont guidés par la nécessité de décrire l'influence des navires sur le secteur de Calais-Nord, directement en proximité de ceux-ci.

- **Météorologie**

Les données moyennes horaires des stations Météo France de Calais Marck et Lesquin ont été utilisées. Seules les données de nébulosité de Lesquin ont été employées pour combler les données manquantes sur l'autre site.

Les paramètres utilisés sont : vitesse et direction du vent, température, précipitations, humidité relative, nébulosité.

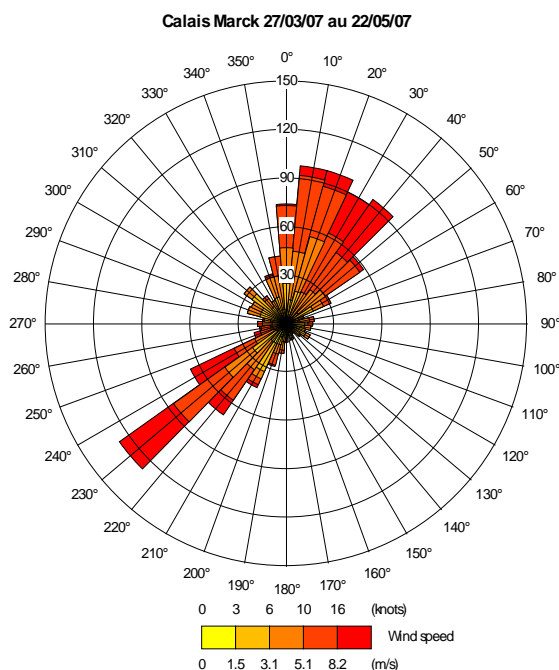


Figure 37 : Rose des vents de Marck (source Météo France)

Estimation des Emissions

- **Estimation des rejets des navires dans le port de Calais**

La nécessité de l'estimation des rejets des ferries a imposé une recherche méthodologique sur les consommations de fuels des navires et les facteurs d'émissions.

Les documents de référence pour le calcul des émissions sont les suivants :

C.Trozzi & R.Vaccaro, "Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships", Techne report MEET RF98, Mars 1998

European commission, « Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community », Final Report, Juillet 2002, Entec UK Ltd.

Dover County Council, "Stage 4 Review and assessment", Air Quality Management Area around the Eastern Dock area of the port of Dover, Octobre 2003, ERG, King's College, London

SPPPI Côte d'Opale Flandre, "Etude de la dispersion atmosphérique des rejets de SO₂, NO_x et HC liés aux ferries en escale dans le port de Calais", Février 2006, Aria Technologies

Navires pris en compte

Les ferries des 2 compagnies P&O et SeaFrance ont été pris en compte. Quelques recherches ont permis de rassembler des informations sur leurs caractéristiques principales.

	Jauge brute ² (UMS)	Longueur (m)	Capacité passagers	Capacité voitures
SeaFrance Rodin	34000	185	1900	700
SeaFrance Berlioz	34000	185	1900	700
SeaFrance Renoir	15612	130	1600	330
SeaFrance Cézanne	25122	163	1800	640
SeaFrance Manet (Fret)	15093	130	1800	331
SeaFrance Nord-Pas- de-Calais (Fret)	13727	160	80	
P&OSL Pride of Burgundy	28138	180	1420	500
P&OSL Pride of Calais	26433	170	2290	650
P&OSL Pride of Canterbury	30635	180	2000	550
P&OSL Pride of Dover	26433	170	2290	650
P&OSL Pride of Kent	30635	180	2000	550

Figure 38 : Caractéristiques des navires

Les émissions des navires devaient être moyennées, dans la mesure où un calcul long terme devait être effectué sur toute la durée de la campagne, et pour tenir compte des capacités du modèle qui ne permet pas de prendre en compte les variations à court terme de rejets. Le calcul de ces émissions a été basé sur le temps de présence dans le port des navires.

Pour simplifier, trois sous-ensembles d'émissions ont été déterminés :

- l'entrée et la sortie du port,
- les manœuvres d'accostage à l'arrivée et au départ,
- le stationnement à quai pendant le déchargement et le chargement.

Une courte période d'observation sur site au mois de juin a permis de déterminer un temps moyen pour chaque phase. Ces phases conditionnent la marche des différents moteurs des navires.

Manœuvre d'arrivée	10 minutes
Stationnement à quai	60 minutes
Manœuvre de départ	15 minutes

Figure 39 : Temps de résidence / manœuvres

Le temps qui incombe à chaque phase a été multiplié par le nombre de rotations de chaque navire pour déterminer une journée type. Les grilles horaires des deux compagnies pour les 5 et 6 juin 2007 ont été utilisées. Elles permettent d'établir le nombre moyen de rotations quotidiennes suivant.

² La jauge brute est une mesure de la capacité de transport d'un navire, exprimée en UMS (Universal Measurement System)

	Nombre de rotations par jour
SeaFrance Rodin	5
SeaFrance Berlioz	5
SeaFrance Renoir	2
SeaFrance Cézanne	3
SeaFrance Manet	3
SeaFrance Nord-Pas-de-Calais	5
P&OSL Pride of Burgundy	5
P&OSL Pride of Calais	5
P&OSL Pride of Canterbury	5
P&OSL Pride of Dover	5
P&OSL Pride of Kent	5

Figure 40 : Nombre de rotations moyen au départ du port de Calais

Détermination de la consommation de fuel des navires et application des facteurs d'émission

On considère que deux types de fuels sont utilisés par les ferries en fonction de leur activité :

- les diesels marins ou MDO (marine diesel oil) ; comportent en moyenne 0,2 % de soufre et alimentent les moteurs auxiliaires des navires (utilisés pendant les chargements / déchargements) ;
- les huiles de fuel lourd ou HFO (heavy fuel oil) ; comportent en moyenne 2,75 % de soufre et alimentent la machinerie principale (utilisés pendant les manœuvres et la croisière)

Dans le cadre du projet européen MEET (Methodology for Estimating air pollutant Emissions from Transports, 1998), le groupe de travail « Ship emission factors and traffic parameters » a établi une méthodologie d'estimation des consommations de carburants des navires et par conséquent de calculs de leurs rejets atmosphériques.

Dans cette étude, à partir d'un échantillon de 856 navires de type passagers/ Ro-Ro, une relation linéaire entre la jauge brute du navire et sa consommation journalière de fuel a été établie.

Le rapport propose également une série de facteurs d'émissions selon le type de moteurs et le mode d'opération du navire.

Dès lors pour cette étude, les hypothèses de calcul suivantes ont été retenues :

- les moteurs des ferries sont de type diesel à vitesse moyenne ;
- les facteurs de consommations maximales pris en compte, proposé par la méthode, sont de 0,8 pour l'entrée et la sortie du port ainsi que les manœuvres d'accostage et de départ, et de 0,4 pour le chargement-déchargement.

En outre, pour tenir compte de l'utilisation de carburant MDO lors des manœuvres de chargement et de déchargement, un facteur d'émission spécifique proposé par Entec a été pris en compte.

Les facteurs d'émission retenus sont donc les suivants (en kg /t de fuel consommé).

	SO ₂	NO _x	PM ₁₀
En mer	20	57	1,2
Manœuvre	20	57	1,2
A quai	4,93	23	1,2

Figure 41 : Facteurs d'émission en kg /t de fuel consommé

Les consommations de carburants et les rejets de polluants individuels par navire et par jour ont donc été estimés en tenant compte de ces facteurs et du temps moyen théorique d'opération de chaque navire. Les rejets de polluants estimés dans notre domaine d'étude sont donc les suivants (en kg par jour).

Kg/jour	SO ₂	NOx	PM ₁₀
En mer	170	486	10
Manœuvre	865	2466	52
A quai	214	997	52
Total	1249	3949	114
Total t/an	456,2	1442,4	41,6

Figure 42 : Estimation des rejets journaliers en kg/jour et annuels en t/an

Spatialisation des rejets dans le domaine d'étude.

Les données d'émissions ainsi estimées et moyennées ont été ensuite réparties dans le domaine d'étude en tant que sources à modéliser. La principale difficulté de cet exercice réside dans le fait que des sources mobiles, dont les rejets dans le domaine ne sont pas permanents – il peut n'y avoir à un moment donné aucun navire en mouvement dans le port et à un autre moment plusieurs navires, doivent être considérées comme des sources fixes aux émissions moyennées.

Le choix a été fait de considérer les navires en mouvement (lors des phases d'entrée et de sortie du port ainsi que de manœuvre) comme un ensemble de sources volumiques. Ce principe permet de tenir compte de la hauteur de rejet variable en fonction de la marée (le marnage est de 4 à 6 mètres à Calais), ainsi que de s'affranchir de l'effet de la vitesse d'émission des rejets à la sortie des cheminées des navires.

Dans le domaine d'étude, des polygones ont été créés pour localiser les rejets des ferries en mouvement. On a appliqué une hauteur de 10 mètres à ces polygones pour matérialiser les sources volumiques. On considère également que la base des volumes est située à une hauteur de 30 mètres, hauteur estimée de la cheminée des navires. Les différents volumes ont été positionnés de manière à tenir compte d'une marge de manœuvre des différents navires.

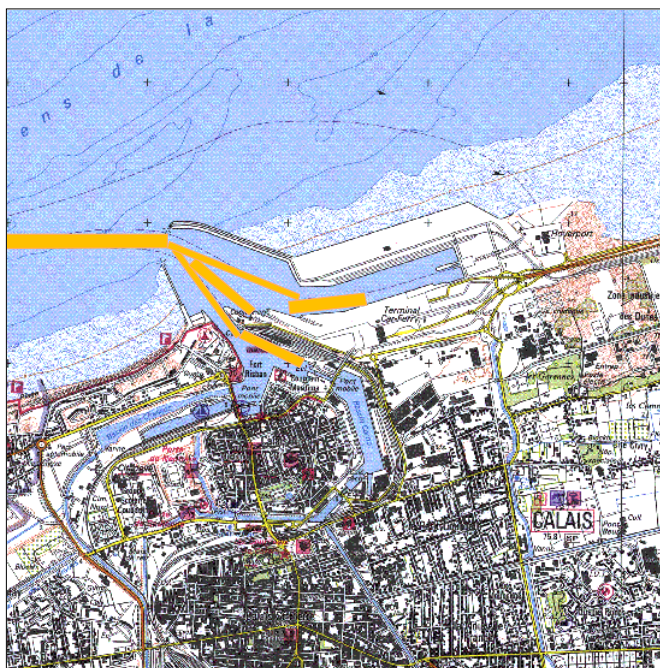


Figure 43 : Localisation des sources volumiques ferries

Les rejets des navires stationnés à quai ont été plus simples à prendre en compte puisqu'ils ont été considérés comme émanant de sources ponctuelles qui correspondent aux différents postes d'accostage utilisés par les navires.



Figure 44 : Localisation des sources ponctuelles ferries

Les paramètres d'émissions des sources ponctuelles (hauteur, température, vitesse) ont fait l'objet des hypothèses suivantes.

	Unités	Cheminées des navires
Hauteur par rapport au sol	m	30
Diamètre de la cheminée au niveau de l'éjection	m	1
Température des rejets	°C	60
Vitesse	m/s	8

Figure 45 : Paramètres d'émission

- **Autres Sources ponctuelles :**

L'entreprise Tioxide, prise en compte dans le domaine, nous a fourni les paramètres de ses émissions de polluants.

Afin d'alléger le calcul, seules les sources émettant une quantité notable de SO_x et NO_x ont été retenues. La plupart des autres points de rejets non pris en compte émettent en majorité des particules de granulométrie supérieure à 10 µm.

Les valeurs d'émissions prises en compte sont toutes basées sur l'hypothèse d'un rejet continu et donc moyenné.

Résultats

- Concentrations en dioxyde de soufre SO₂

	Concentration simulée µg/m ³	Concentration mesurée µg/m ³
Calais IUT	2.0	5
Calais Place d'Armes	6.5	12
Calais EREA	7.3	NR
Lycée Berthelot	2.3	Pas de mesure
Ecluse Carnot (UM1)	7.6	NR
Terminal transmanche	3.4	14

Figure 46 : Tableau de résultats SO₂ estimé - mesuré

La valeur concentrations en SO₂ simulées représente à peu près la moitié de celle des mesures réelles sur deux des trois sites, ce qui donne un calage du modèle assez satisfaisant. L'écart peut être imputé au bruit de fond, ainsi qu'à la présence d'autres sources non prises en compte dans le domaine d'étude (industries, résidentiel & tertiaire), notamment sur le site du Terminal transmanche.

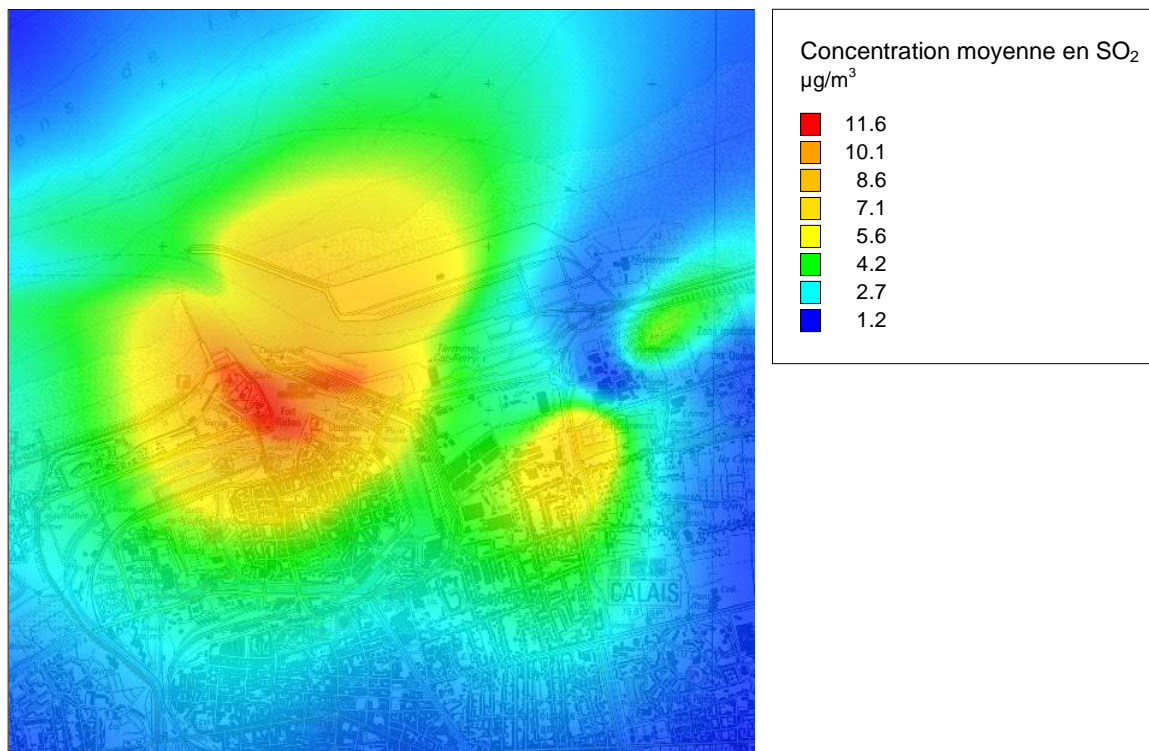


Figure 47 : Carte des concentrations en SO₂

La répartition des concentrations obtenue à l'issue d'une simulation couvrant la période du 27 mars au 22 mai 2007 montre l'influence du trafic maritime dans le port. Les concentrations maximales, de l'ordre de 10 à 12 µg/m³, ont été estimées en proximité des points d'émissions des navires, et notamment sur la zone d'embarquement des ferries ainsi qu'au niveau du camping situé au nord de Calais. Il semblerait donc que ce soit une combinaison de la proximité des navires tantôt à quai, tantôt en mouvement qui soit la plus pénalisante.

L'influence des navires sur les concentrations en SO₂ ne se limite pas à ces secteurs : on peut considérer qu'une large zone comprenant Calais Nord, les plages de Calais et le port ferries est sensiblement influencée par les navires puisqu'en moyenne les concentrations estimées sont de 4 à 5 µg/m³.

En second lieu, la simulation met également en évidence plus à l'Est l'influence de l'usine Tioxide. Les concentrations moyennes estimées sous le panache de l'usine sont au maximum de l'ordre de 5 à 6 µg/m³, soit nettement en deçà de celles estimées en proximité des ferries.

- **Concentrations en oxydes d'azote et dioxyde d'azote NO₂**

	NOx concentration simulée µg/m ³	NO ₂ concentration simulée µg/m ³	NO ₂ concentration mesurée µg/m ³
Calais IUT	4.4	0.4	<i>Pas de mesure</i>
Calais Place d'Armes	20.9	1.8	41
Calais EREA	9.1	0.8	<i>NR</i>
Lycée Berthelot	6.3	0.5	<i>Pas de mesure</i>
Ecluse Carnot (UM1)	23.3	2.1	36
Terminal transmanche	8.7	0.8	42

Figure 48 : Tableau de résultats NOx estimés - mesurés

Il existe tout d'abord un écart important entre les concentrations estimées en NOx et NO₂. Cependant, bien que l'on sache qu'en proximité des navires des quantités sensibles de NO peuvent être mesurées (Cf. p.22), il est impossible de déterminer quelle est la part de NO dans les concentrations de NOx simulées. Le schéma de réaction chimique simple paramétré dans le modèle ADMS Urban ne suffit probablement pas pour simuler les phénomènes de formation et destruction du NO₂, et tend peut-être ici à surestimer la part des espèces autres que NO₂ dans les NOx.

De plus, l'écart concentrations simulées / concentrations mesurées est très important pour le NO₂. Mais ni le bruit de fond – qui peut être élevé pour les oxydes d'azote, ni les rejets du trafic et des secteurs résidentiel & tertiaire, n'ont été pris en compte dans le domaine d'étude.

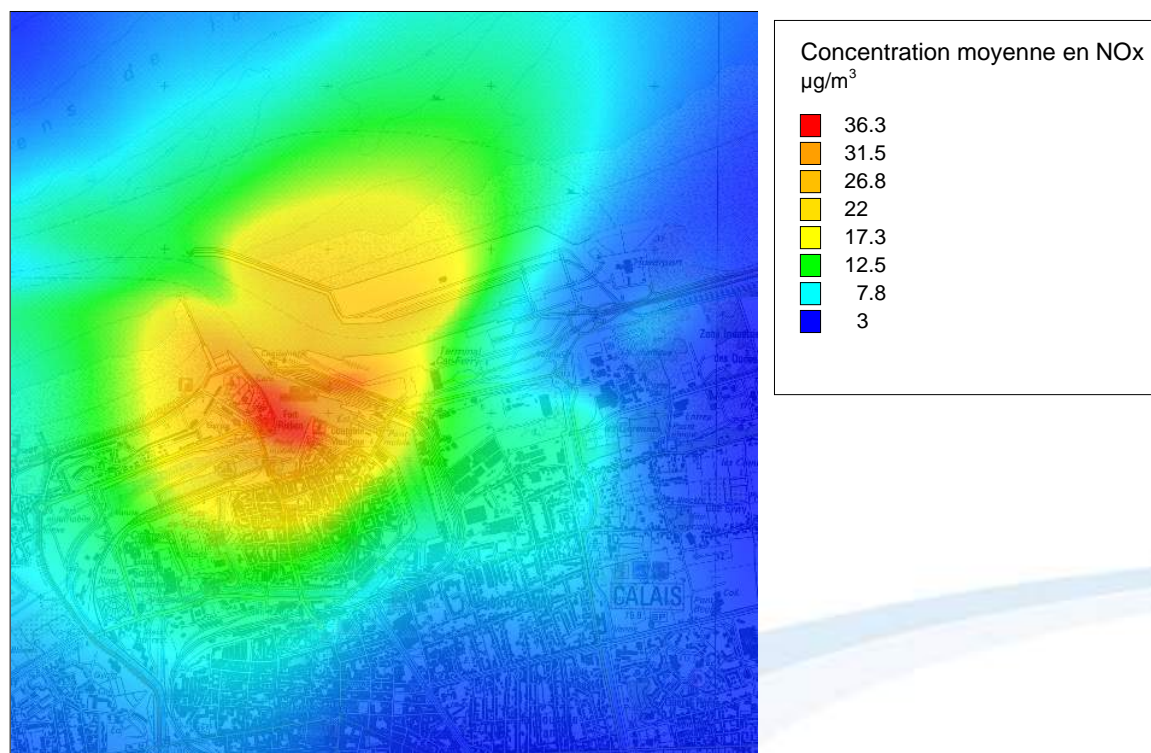


Figure 49 : Carte des concentrations en NOx

La répartition des concentrations est similaire à celle du dioxyde de soufre, avec des concentrations maximales estimées au niveau de la zone d'embarquement et du camping. La valeur moyenne de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est relativement importante mais comporte implicitement une part importante de NO. Pour les NOx, la zone d'influence sensible des ferries, qui émerge du bruit de fond, semble également être la même que pour le SO_2 . Mais compte tenu de la faible valeur des concentrations simulées en NO_2 , il est difficile de se prononcer sur une zone d'influence pour ce polluant.

A noter que l'usine Tioxide semble n'avoir que très peu d'influence sur les concentrations en NOx et NO_2 (panache très peu marqué).

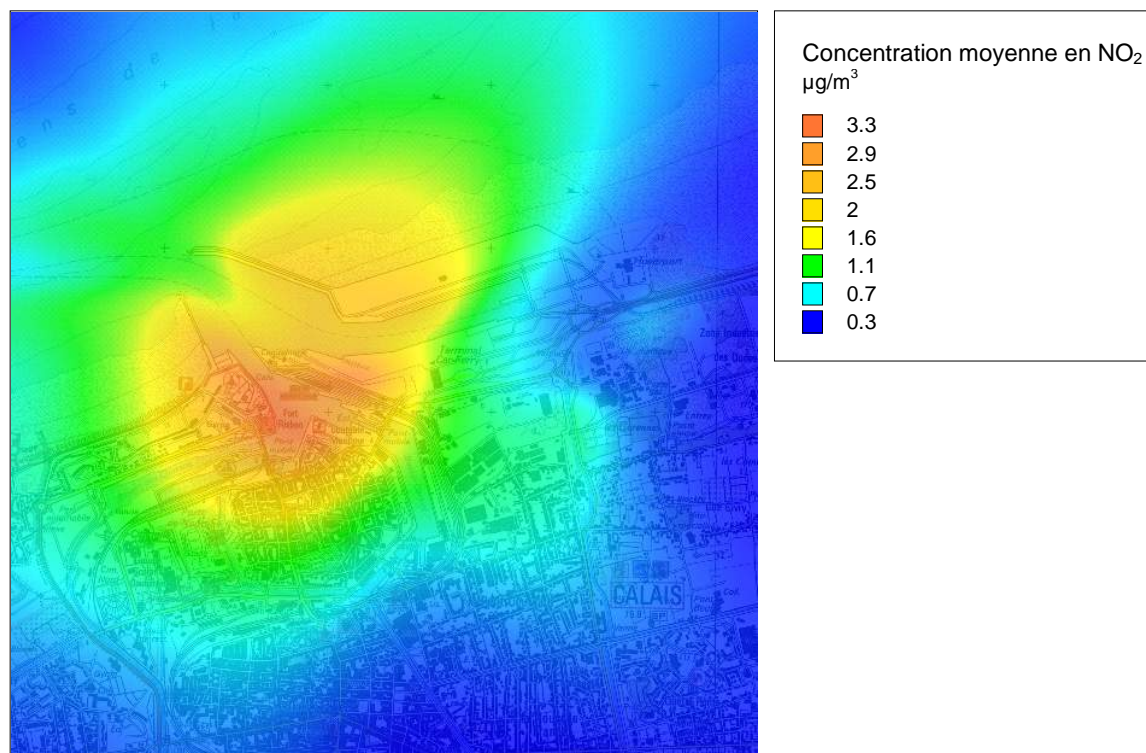


Figure 50 : Carte des concentrations en NO_2

Conclusion

Suite à une première étude réalisée par unité mobile en 2004 sur le site de l'Ecluse Carnot, ayant en évidence des concentrations élevées en oxydes d'azote et en dioxyde de soufre, Atmo Nord-Pas-de-Calais a renouvelé la campagne, en ajoutant un site de mesure sur le Terminal transmanche. Le choix du site fait suite à l'évacuation de la zone et la fermeture du port consécutives à des nuisances ressenties lors du redémarrage de l'unité de fabrication d'acide sulfurique de l'usine voisine Tioxide sous de mauvaises conditions de dispersion en octobre 2006.

La campagne de mesure s'est déroulée du 27 mars au 22 mai 2007 à l'Ecluse Carnot et du 28 mars au 18 mai 2007 sur le Terminal transmanche.

Les sites subissent l'impact en dioxyde de soufre de la zone industrielle de façon assez marquée, malgré une durée d'exposition assez courte. Aucune valeur réglementaire n'est dépassée. Le seuil d'alerte de la procédure industrielle locale est dépassé une fois durant l'étude. Les concentrations en dioxyde de soufre sous le vent des quais sont moins élevées que sous le vent de la zone industrielle, elles sont, cependant, systématiquement associées à des concentrations en oxydes d'azote et notamment en monoxyde d'azote élevées.

Les niveaux moyens en dioxyde d'azote sont équivalents aux mesures de proximité automobile de la Place d'Armes. Il est probable que les sites dépassent en moyenne annuelle l'objectif de qualité, fixé à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'horizon 2010. Ces concentrations sont générées par le trafic transmanche et le trafic automobile autour du site (embarquement – procédures de contrôles douaniers des poids-lourds).

Les analyses de métaux lourds mettent en évidence des teneurs en nickel trois à quatre fois plus élevées qu'en zone urbaine régionale.

Enfin, les niveaux moyens en ozone, poussières en suspension et monoxyde de carbone sont cohérents avec les mesures des sites fixes de l'agglomération calaisienne.

L'estimation des rejets des ferries, basée sur une approche « bottom-up » et selon les hypothèses retenues, a permis de montrer que la quantité de polluants émise dans le port de Calais est comparable à celle d'une grande source ponctuelle. Dès lors, on pouvait s'attendre à une pollution de proximité sensible.

Comparées aux mesures, les valeurs obtenues à l'issue de la simulation sont satisfaisantes pour le SO_2 , à ceci près que certaines sources industrielles ne sont pas incluses dans le domaine de simulation (p.e. l'usine UCAR), et que les rejets de l'usine Tioxide injectés dans le modèle sont des moyennes qui ne tiennent pas compte d'éventuelles variations de fonctionnement ou surémissions. Les simulations montrent une proportion $\text{NO}_x / \text{NO}_2$ probablement mal estimée par le modèle ADMS Urban.

Les simulations basées sur les observations météo à Calais du 27 mars au 22 mai 2007 ont mis en évidence une pollution de proximité, avec un impact maximal simulé au niveau de la zone d'embarquement des ferries ainsi que du camping situé au nord de Calais.

De toute évidence, cette simulation donne des résultats en adéquation avec une période d'observations météo spécifique, qui ne correspond pas à une situation moyenne, mais plutôt à une situation pénalisante. Néanmoins cette étude renforce l'idée selon laquelle une surveillance de la qualité de l'air dans le secteur de Calais-Nord est nécessaire pour prendre en compte la pollution engendrée par la zone portuaire. La position de l'actuelle station Calais Place d'Armes, pour répondre pleinement à cet objectif, pourrait être optimisée avec une relocalisation plus au nord.

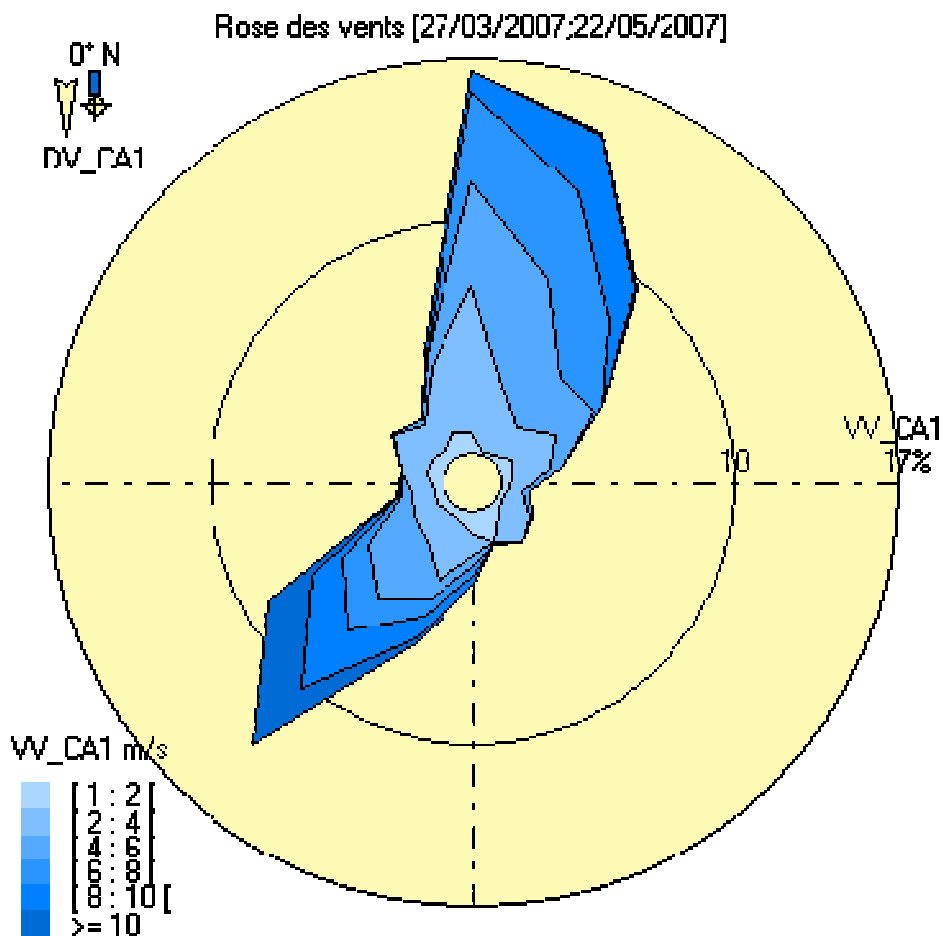
Sites d'étude, points d'émission et stations fixes du réseau



Copyright ©IGN 2003 – Reproduction interdite

Météorologie

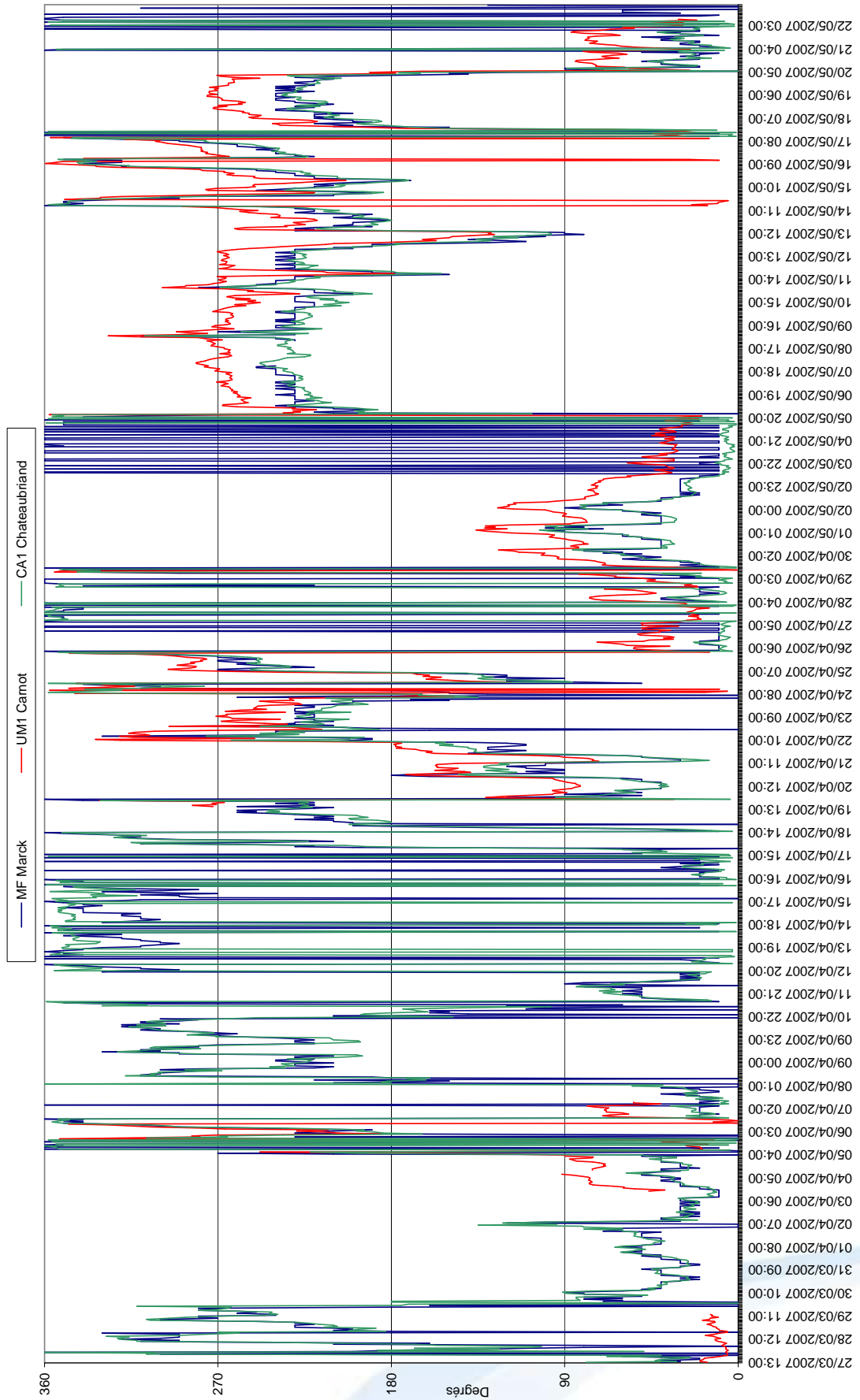
Rose des vents sur la période



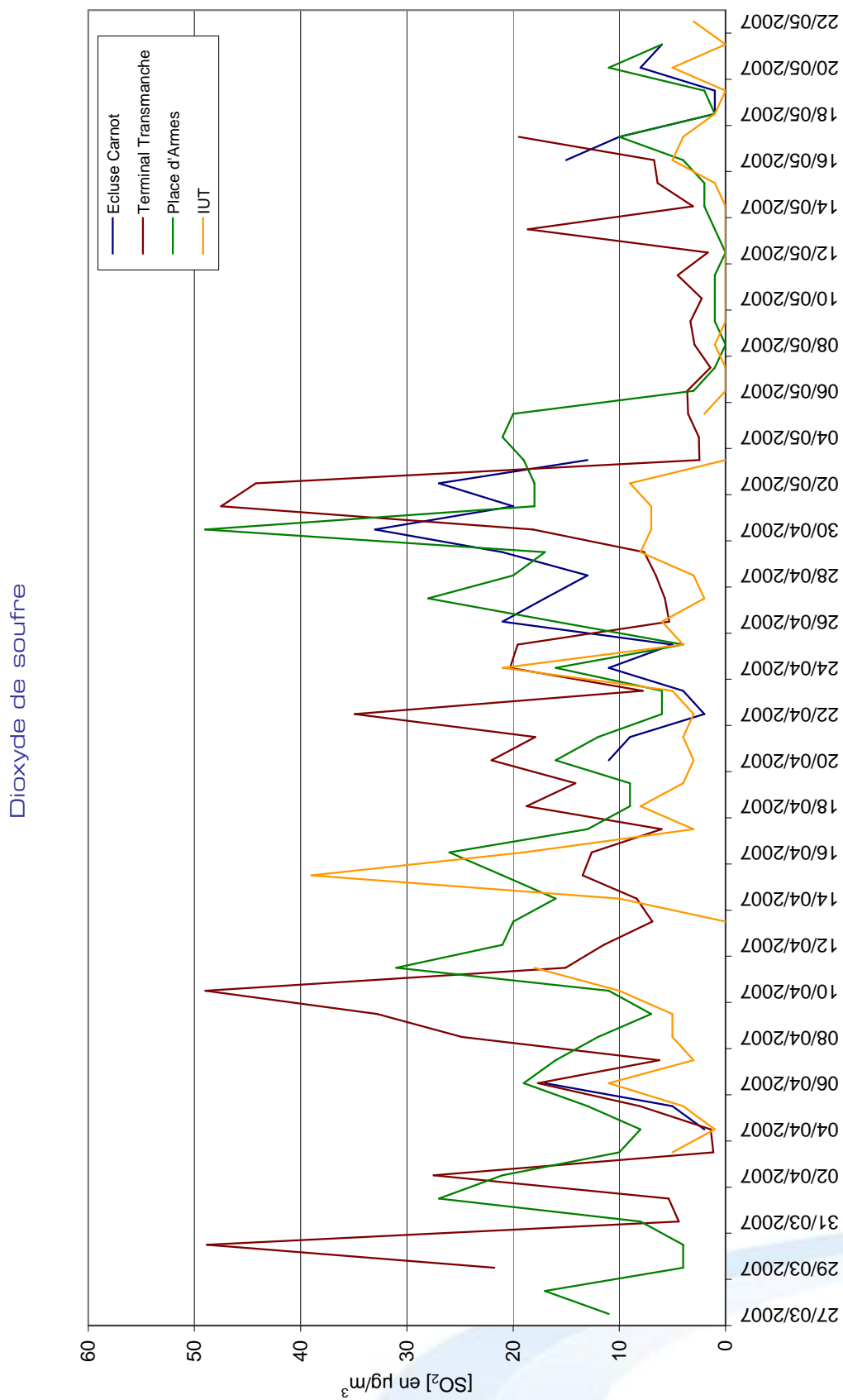
Répartition des classes de vents

Critères Météo France	Vents calmes Vitesse en m/s [1 :2[Vents faibles Vitesse en m/s [2 :5[Vents modérés Vitesse en m/s [5 :8[Vents forts Vitesse en m/s >=8
Du 27 mars au 30 avril 2007	14.4%	55.6%	24.1%	5.9%
Du 1 ^{er} mai au 22 mai 2007	3.6%	29%	32.2%	45.1%
Période complète de l'étude	10.4%	45.3%	27.2%	17.2%

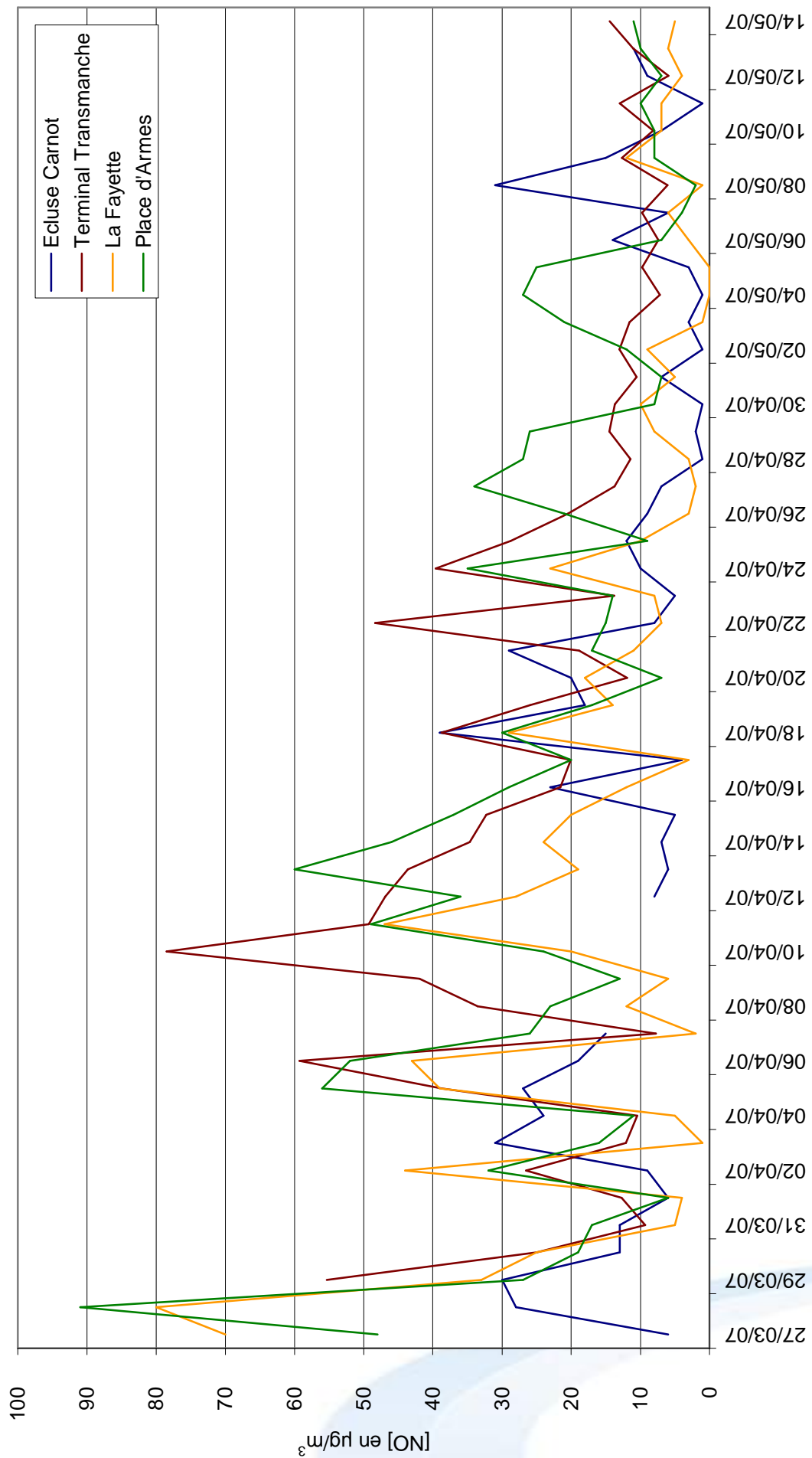
Direction du vent



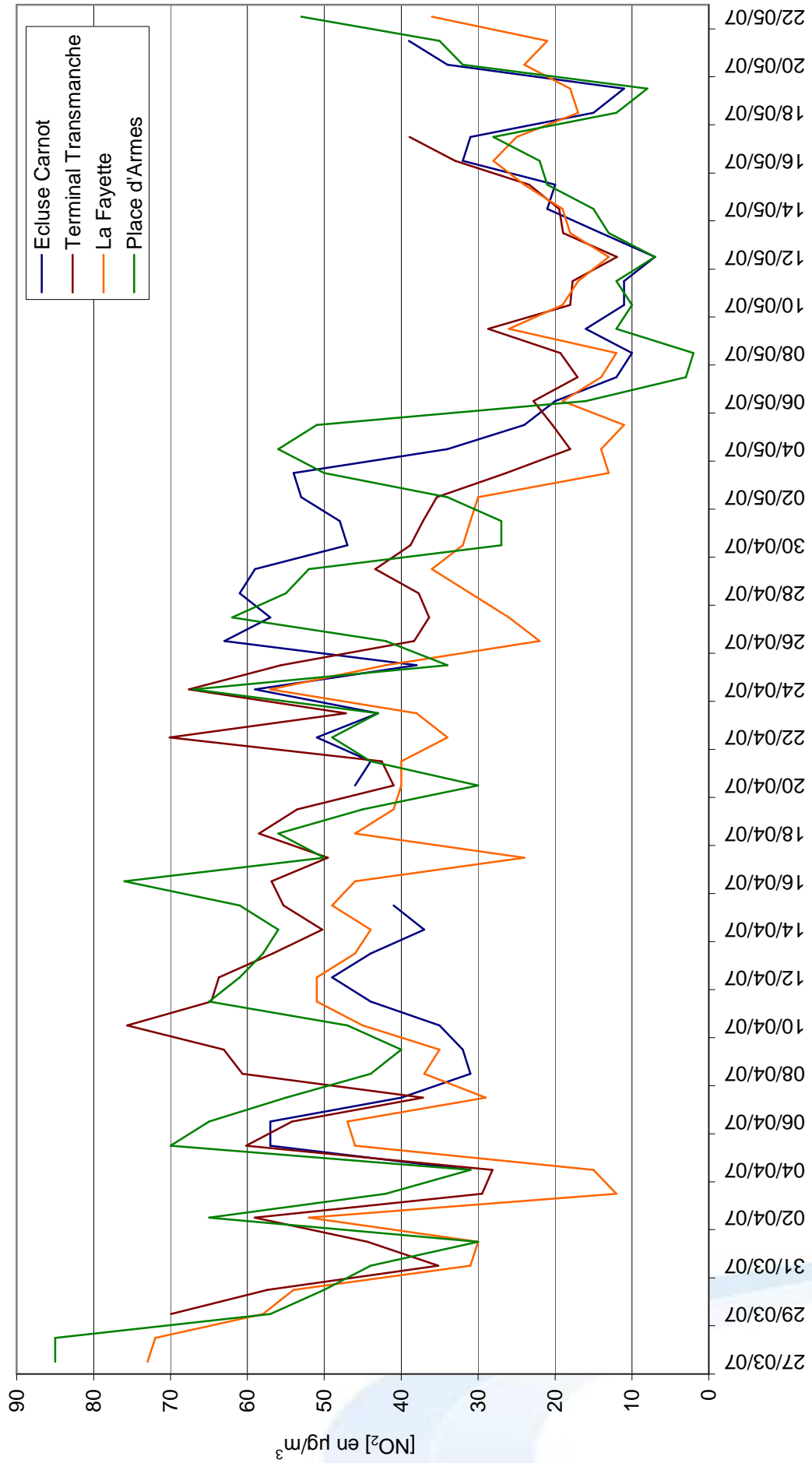
Courbes des polluants



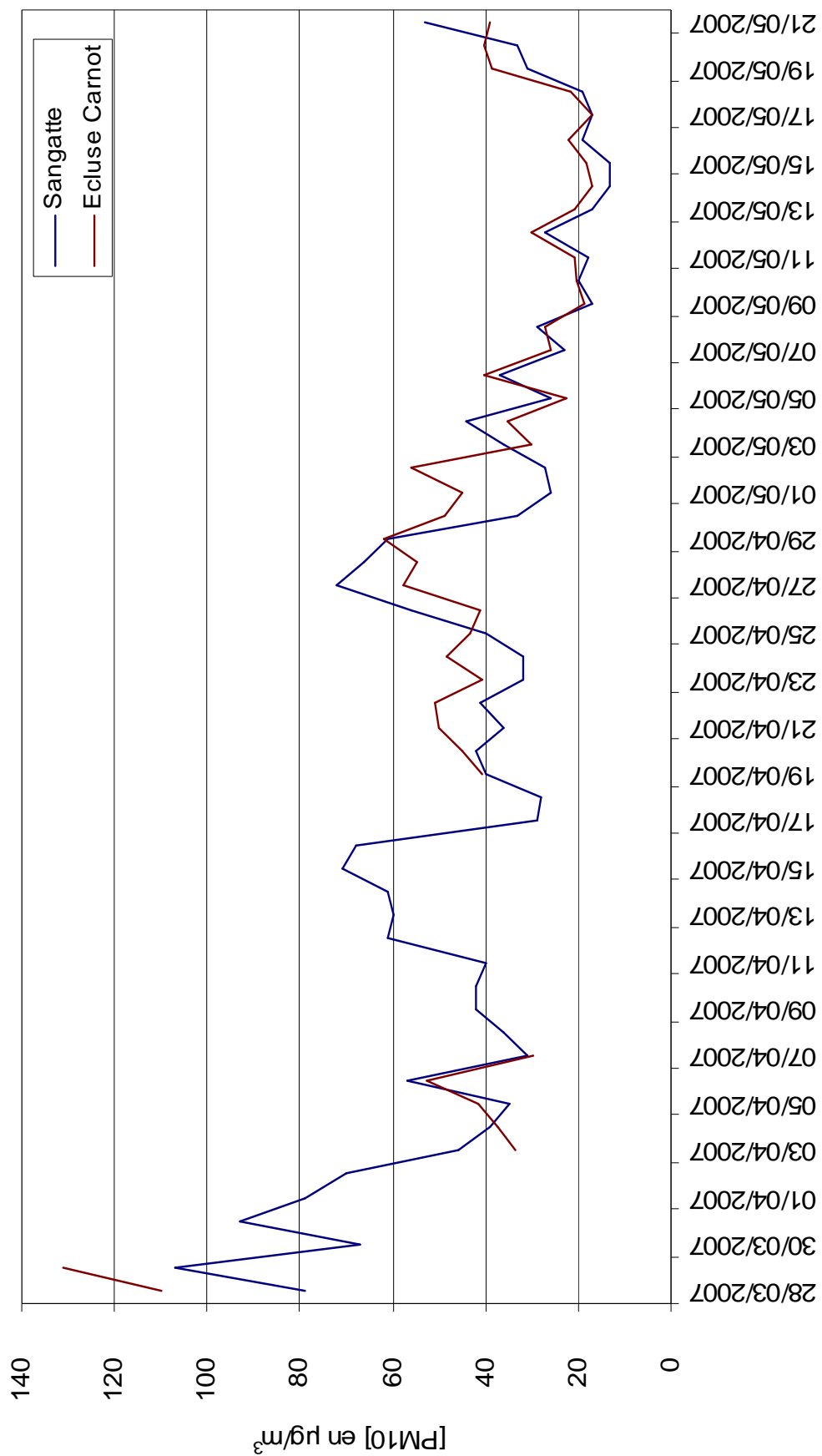
Monoxyde d'azote



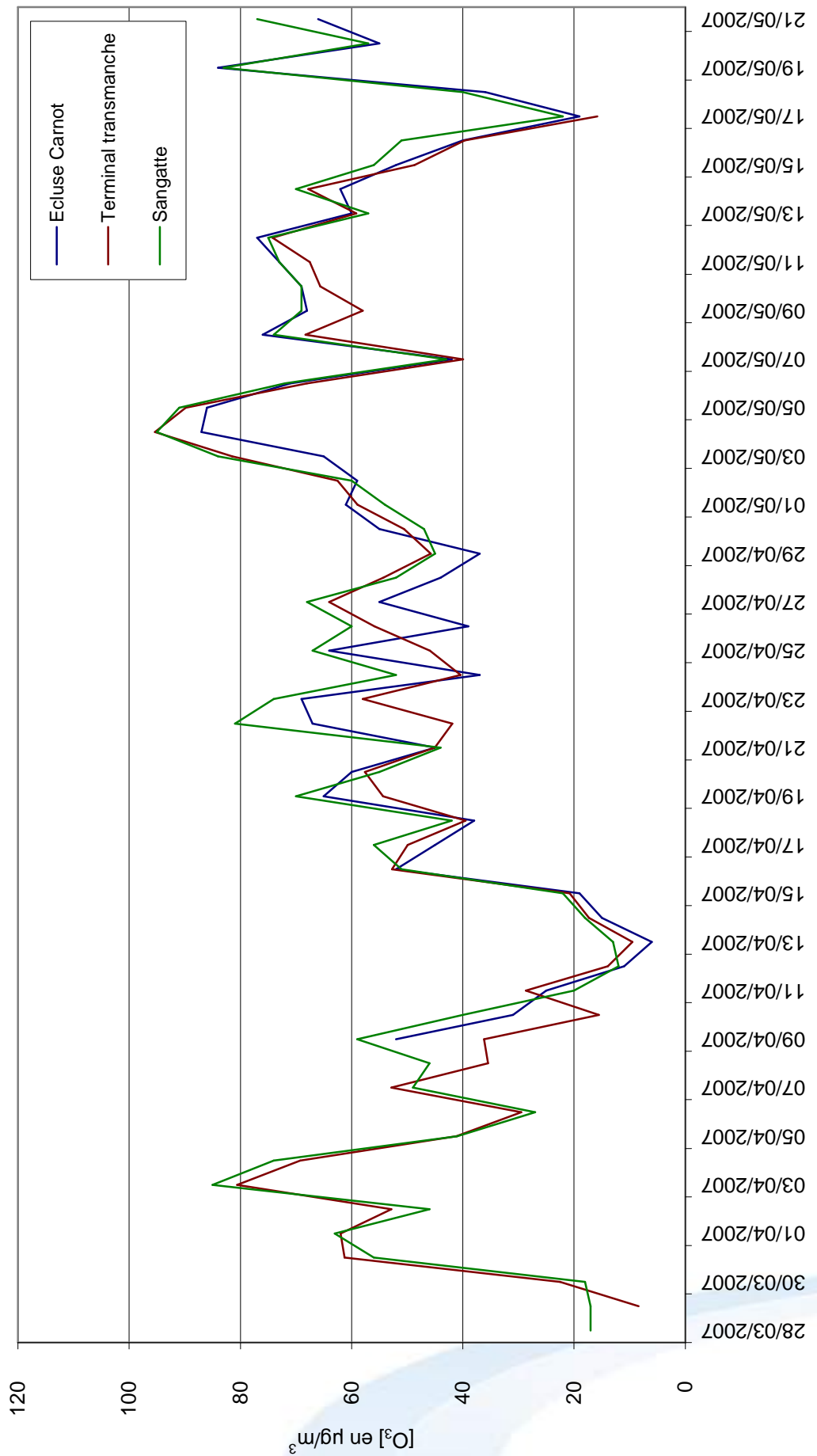
Dioxyde d'azote



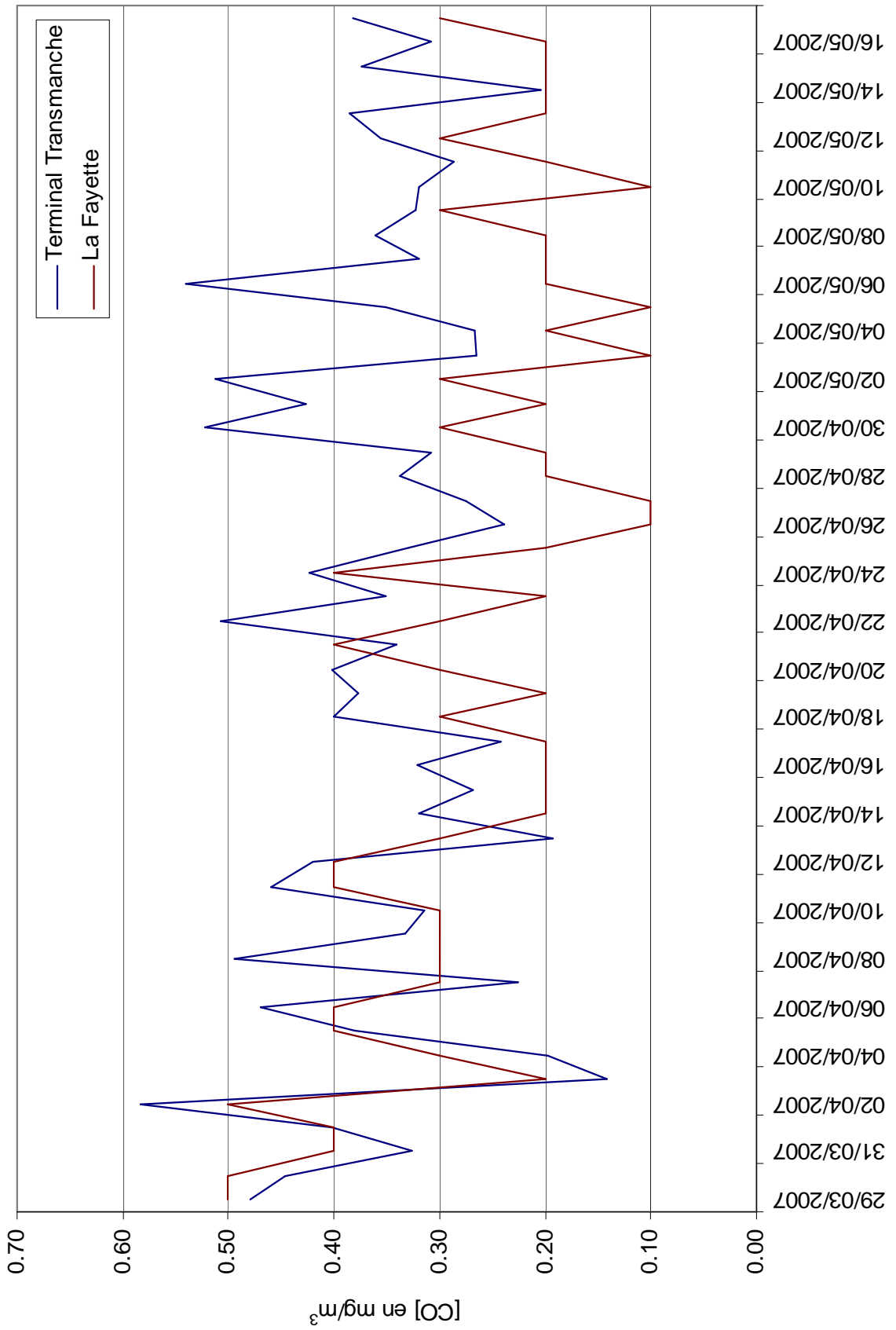
Poussières en suspension



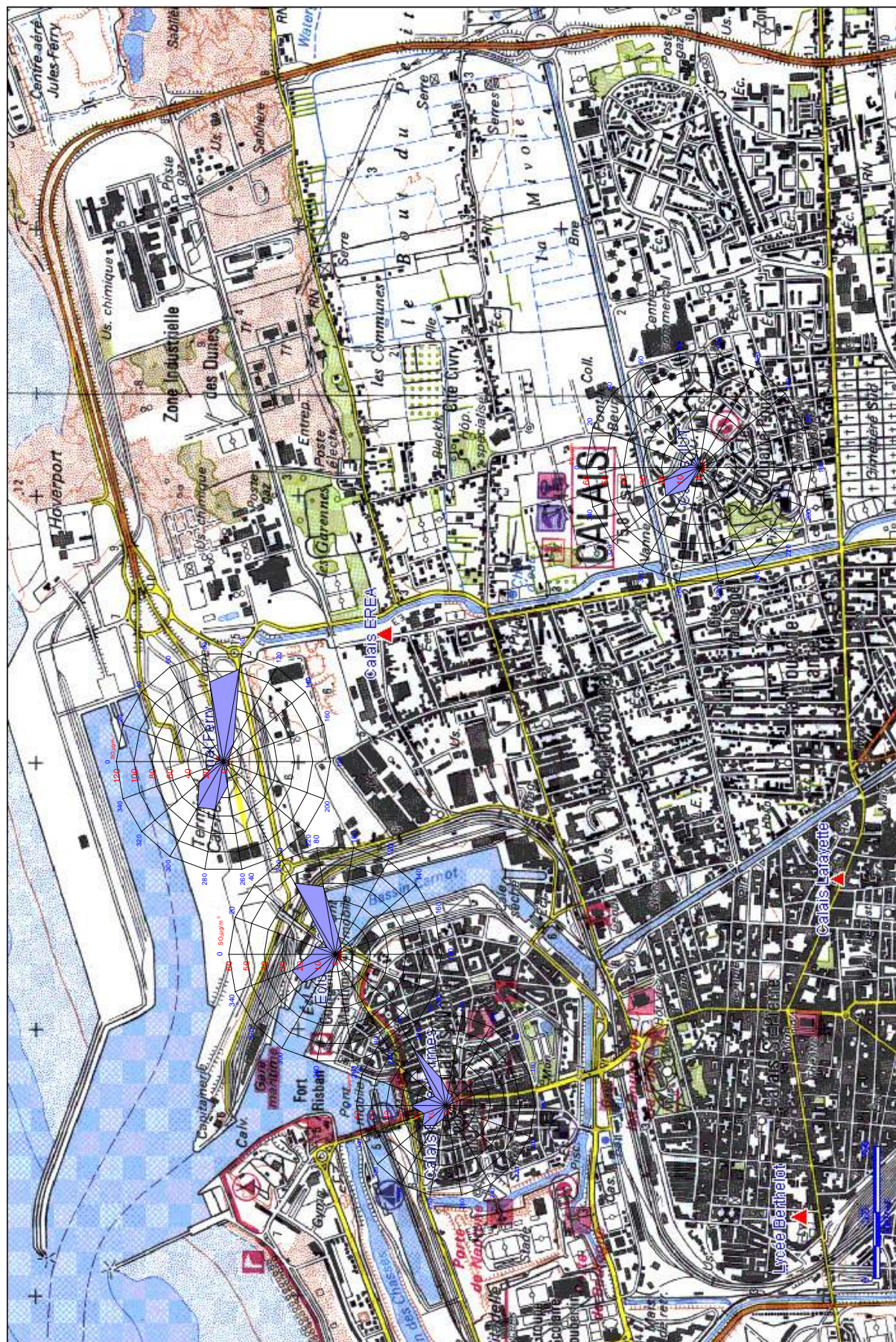
Ozone



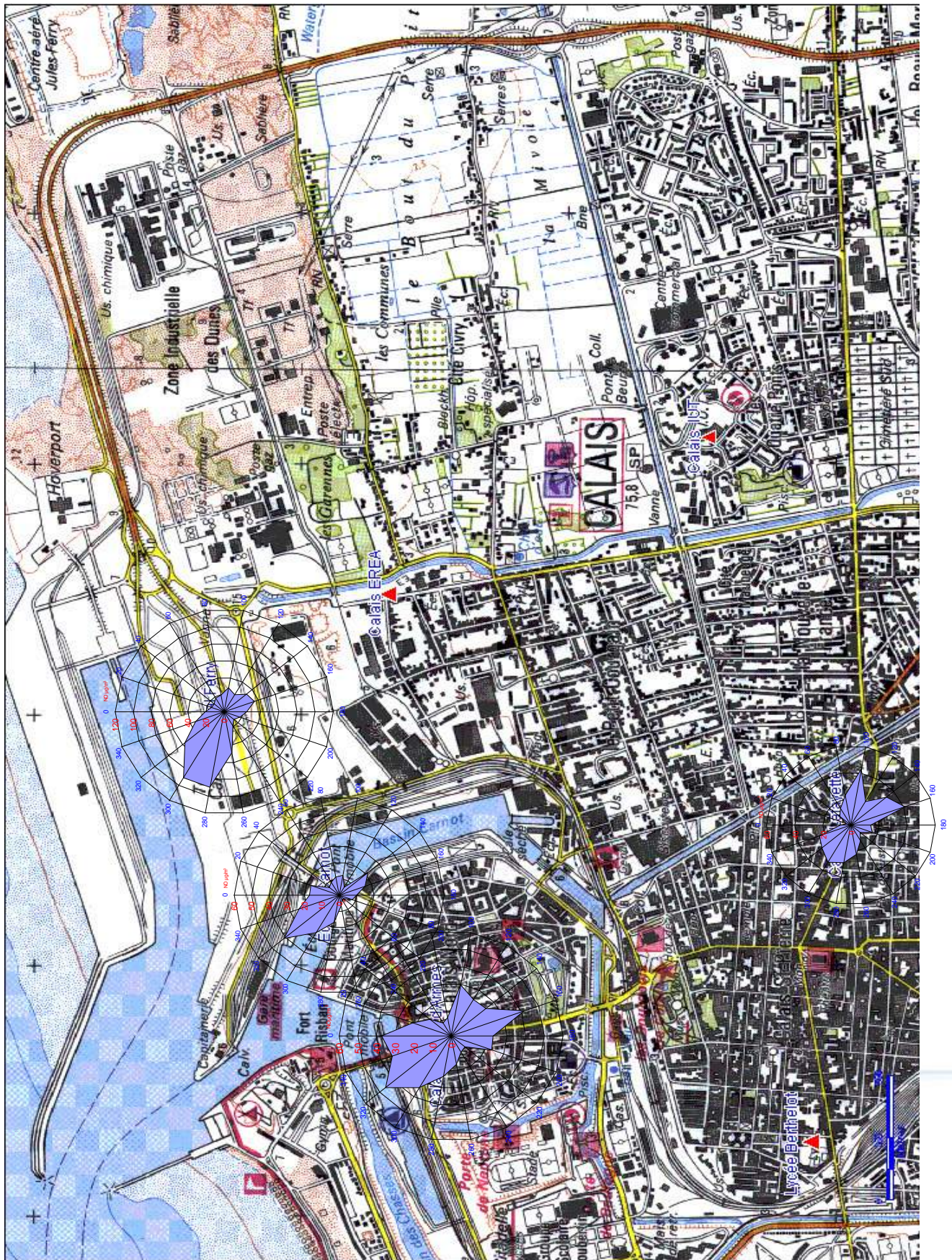
Monoxyde de carbone



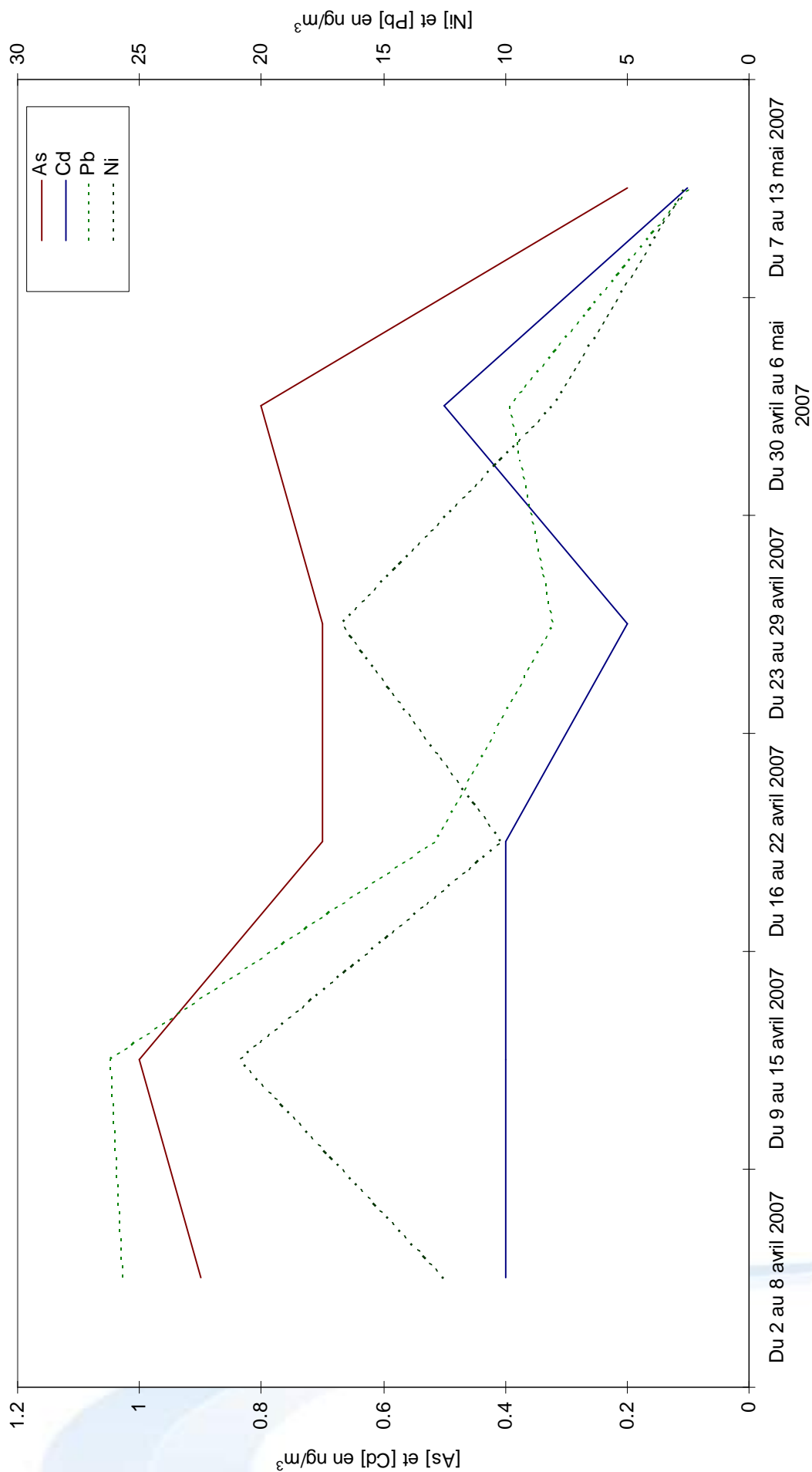
Roses de pollution du SO₂ du 27 mars au 22 mai 2007



Roses de pollution du NO du 27 mars au 22 mai 2007



Evolution hebdomadaire des métaux lourds - Ecluse Carnot



QUATRE SERVICES SUR QUATRE SITES



GRAVELINES

ADMINISTRATIF ET FINANCIER/RESSOURCES HUMAINES

Rue du Pont de pierre - B.P. 78
59820 GRAVELINES

administration@atmo-npdc.fr ou finances@atmo-npdc.fr



VALENCIENNES

COMMUNICATION

Zone d'activités de Prouvy-Rouvignies - B.P. 800
59309 VALENCIENNES Cedex

contact@atmo-npdc.fr



BÉTHUNE

ÉTUDES/RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT

Centre Jean-monnet
Avenue de Paris
62400 BÉTHUNE

etudes@atmo-npdc.fr



LILLE

TECHNIQUE ET MÉTROLOGIE

189, boulevard de la Liberté
59000 LILLE Cedex

technique@atmo-npdc.fr

World Trade Center Lille
299, boulevard de Leeds
59777 EURAILLIE
<http://www.atmo-npdc.fr>

N°Azur 0 810 10 59 62

PRIX D'APPEL LOCAL

N°Azur FAX 0 810 11 59 62

PRIX D'APPEL LOCAL