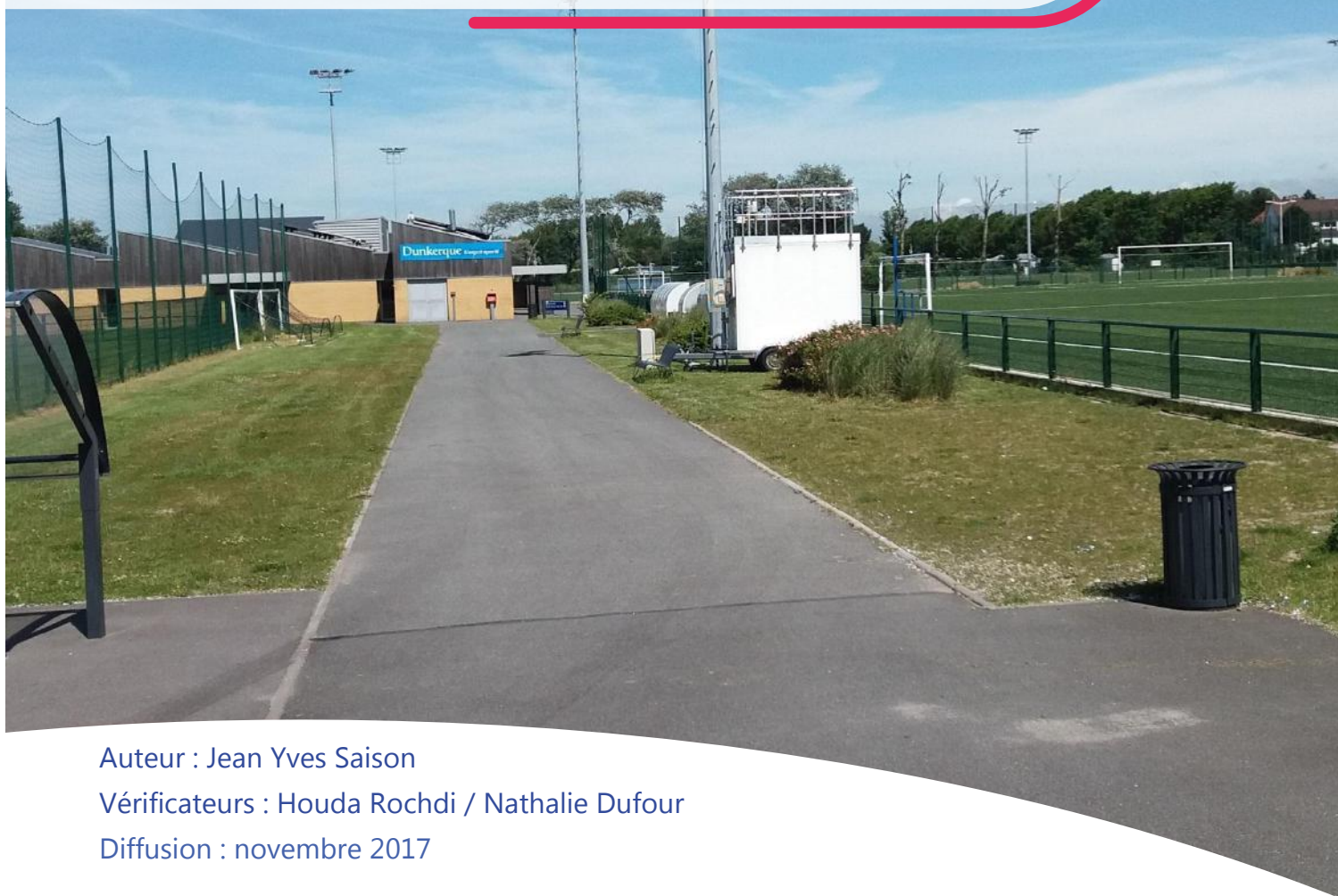


RAPPORT D'ETUDE

Validation de station de mesures de la qualité de l'air

Malo les Bains

Mesures réalisées en 2016



Auteur : Jean Yves Saison

Vérificateurs : Houda Rochdi / Nathalie Dufour

Diffusion : novembre 2017

Avant-propos

Atmo Hauts-de-France est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (décret 2007-397 du 22 mai 2007) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO. Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. Atmo Hauts-de-France est agréée du 1^{er} janvier au 31 décembre 2017 au titre de l'article L.221-3 du Code de l'environnement.

Suite à la réforme des régions introduite par la Nouvelle Organisation Territoriale de la République (loi NOTRe du 16 juillet 2015), les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air de la Picardie et du Nord – Pas-de-Calais ont fusionné le 1^{er} janvier 2017 pour former Atmo Hauts-de-France.

Conditions de diffusion

Atmo Hauts-de-France communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site www.atmo-hdf.fr.

Responsabilités

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Hauts-de-France. Ces données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure. Les résultats sont analysés selon les objectifs de l'étude, le contexte et le cadre réglementaire des différentes phases de mesures, les financements attribués à l'étude et les connaissances météorologiques disponibles.

Avertissement

Atmo Hauts-de-France n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

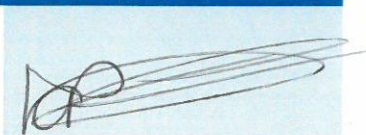
Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © **Atmo Hauts-de-France – Rapport N°03/2016/JYS/V0**.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Hauts-de-France :

- depuis le formulaire de contact disponible à l'adresse <http://www.atmo-hdf.fr/contact.html>
- par mail : contact@atmo-hdf.fr
- par téléphone : 03 59 08 37 30

Réclamations

Les réclamations sur la non-conformité de la livraison exécutée en regard de la commande doivent être formulées par écrit dans les huit jours de la livraison des résultats. Il appartient au partenaire de fournir toute justification quant à la réalité des vices ou anomalies constatées. Il devra laisser à Atmo Hauts-de-France toute facilité pour procéder à la constatation de ces vices pour y apporter éventuellement remède. En cas de litige, la résolution de celui-ci s'effectuera sous l'arbitrage des autorités compétentes.

	Nom	Qualité	Visa
Approbation	Nathalie Dufour	Responsable du Service Etudes	

Sommaire

1. Synthèse de l'étude	4
2. Enjeux et objectifs de l'étude	5
3. Matériels et méthodes	5
3.1. Dispositif de mesures de l'étude.....	5
3.2. Localisation.....	7
3.3. Dispositif de référence	8
4. Contexte environnemental	9
4.1. Emissions connues.....	9
4.2. Contexte météorologique.....	13
4.3. Episodes de pollution	15
5. Résultats de l'étude	16
5.1. Bilan météorologique	16
5.2. Le dioxyde de soufre (SO ₂)	17
5.3. Le dioxyde d'azote (NO ₂)	21
5.4. Le monoxyde d'azote (NO).....	24
5.5. Les particules en suspension (PM10).....	27
5.6. Les particules fines (PM2.5).....	33
5.7. L'ozone (O ₃).....	37
6. Au regard des campagnes précédentes	41
7. Conclusion et perspectives	43

Annexes

Annexe 1 : Glossaire	44
Annexe 2 : Origines et impacts des polluants surveillés	46
Annexe 3 : Modalités de surveillance	51
Les stations de mesures.....	51
Critères d'implantation des stations fixes	51
Techniques de mesures	52
Annexe 4 : Météorologie	54
Vents et pression	54
Direction du vent.....	55
Précipitations	56
Températures.....	57
Annexe 5 : Fiches des émissions de polluants	58
Annexe 6 : Taux de fonctionnement	61
Annexe 7 : Repères réglementaires	62

1. Synthèse de l'étude

Objectif des mesures : validation de la station fixe de mesure située rue Henri Dunant par station mobile

Lieu des mesures : stade de la Licorne à Malo les Bains (59) à 350m de la station fixe

A Malo la station fixe surveille depuis octobre 2007 la qualité de l'air dans l'environnement proche du lycée Angelier proche du boulevard de la République.



Dates des mesures : 1^{re} phase : du 06/07 au 08/08/2016

2^e phase : du 04/10 au 15/11/2016

Polluants mesurés avec l'unité mobile : dioxyde de soufre (SO₂), oxydes d'azote (NO et NO₂), ozone (O₃), particules en suspension PM10 et PM2.5

Polluants réglementés	Respect des valeurs réglementaires
Dioxyde de soufre	●
Dioxyde d'azote	●
Particules PM10	●
Particules PM2.5	●
Ozone	●

« NR » Mesure non représentative

« ● » Valeur réglementaire respectée

« ● » Valeur réglementaire non respectée

Ce tableau prend en compte trois types de valeurs réglementaires rappelées en annexe 7 : **la valeur limite, l'objectif de qualité et la valeur cible**. Les seuils réglementaires entrant dans les procédures d'information et de recommandation, et d'alerte (procédures permettant de caractériser un épisode de pollution) ne sont ici pas pris en compte. Il est ainsi possible, pour une année donnée, que les valeurs réglementaires aient été respectées et qu'en même temps il y ait eu des épisodes de pollution caractérisés.

Résultats : ce qu'il faut retenir !

Les résultats de mesures de la station mobile ont été comparés aux niveaux enregistrés par les stations fixes les plus proches de Malo-les-bains à savoir Saint Pol sur Mer, Grande Synthe et Cappelle-la-Grande, ainsi que Sangatte pour la similitude de proximité maritime. **L'ensemble des polluants investigués respecte les valeurs réglementaires sauf l'ozone, pour lequel l'objectif de qualité n'est pas rempli.**

Cette étude montre que la représentativité de la station fixe de mesures de Malo-les-Bains n'est pas très bonne pour les particules PM₁₀, la proximité de la mer modifiant la dispersion de ce polluant. **En revanche, elle est meilleure pour les PM_{2.5}**. L'évolution des concentrations en ozone à Malo les Bains ressemble davantage à celle de Sangatte qu'à celles des autres stations fixes de la zone étudiée. La station fixe est donc représentative d'une zone urbaine située en bord de mer.

2. Enjeux et objectifs de l'étude

Dans le cadre de son Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA) 2011-2015, l'association Atmo Hauts-de-France a réalisé en 2016 une campagne de mesures de la pollution atmosphérique sur la commune de Malo les Bains afin d'estimer la représentativité spatiale de la station existante. Une station mobile a ainsi été installée au stade de la Licorne avenue des Sports, à raison de 2 périodes de mesures de 4 semaines chacune afin d'avoir une couverture temporelle de 14% du temps de l'année, seuil minimal pour extrapoler les mesures à l'année entière.

Cette campagne est la première effectuée à Malo les Bains depuis l'installation de la station fixe en 2007.

Ce rapport présente les résultats de mesures de la station mobile et de la station fixe, du 06/07 au 08/08/2016 et du 04/10 au 15/11/2016 ainsi qu'une comparaison avec les niveaux des stations fixes les plus proches et de typologie variée.

3. Matériels et méthodes

3.1. Dispositif de mesures de l'étude

La liste des polluants mesurés (descriptif des polluants en [annexe 2](#)) ainsi que les techniques de mesures de chaque polluant surveillé pendant la campagne (détail en annexe 3) sont précisées ci-dessous :

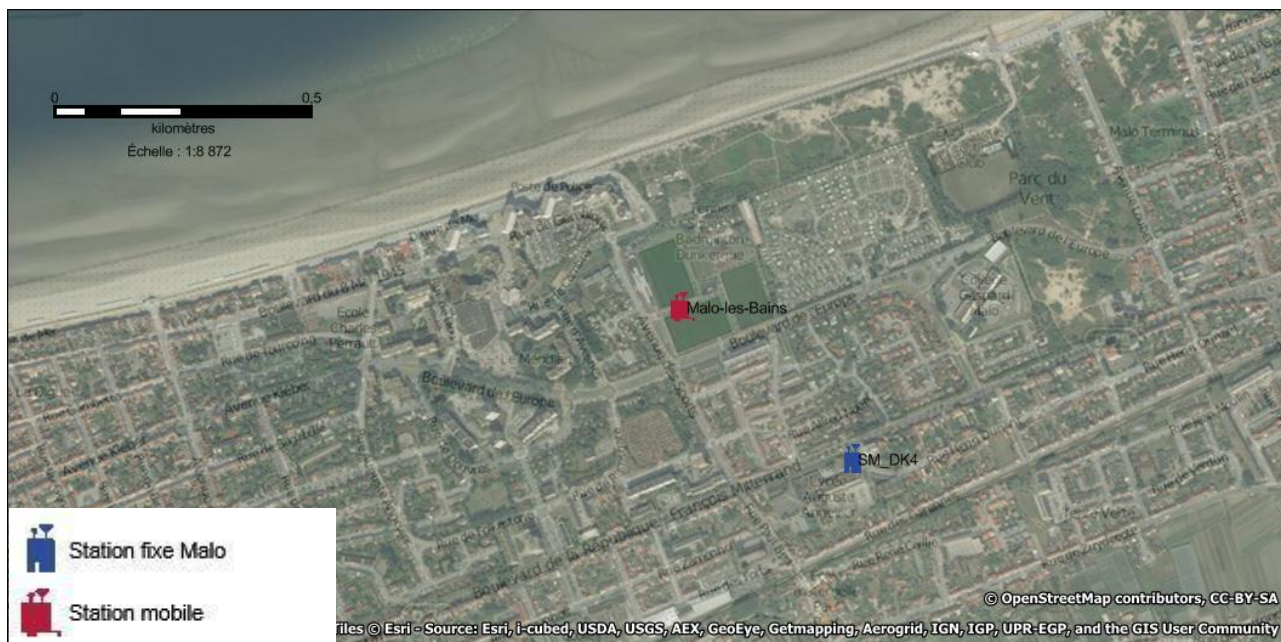
Paramètre	Méthode de mesure	Norme de référence	Technique
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Fluorescence UV	NF EN 14212	Analyseur automatique
Monoxyde d'azote (NO)	Chimiluminescence	NF EN 14211	Analyseur automatique
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Chimiluminescence	NF EN 14211	Analyseur automatique
Ozone (O ₃)	Photométrie UV	NF EN 14625	Analyseur automatique
Particules en suspension (PM ₁₀)	Atténuation d'un rayonnement bêta	NF EN 16450	Analyseur automatique
Particules en suspension (PM _{2,5})	Atténuation d'un rayonnement bêta	NF EN 16450	Analyseur automatique

Mesures	Référence appareils		Commentaires
	Campagne estivale	Campagne hivernale	
Dioxyde de soufre (SO ₂)	SO_2M_02	SO_2M_02	
Oxydes d'azote (NO _x)	NX_OG_11	NX_OG_11	
Ozone (O ₃)	OZ_1M_35	OZ_1M_31	
Particules en suspension PM ₁₀	PM_1M_26	PM_1M_26	
Particules fines PM _{2,5}	PM_1M_27	PM_1M_27	

3.2. Localisation

Malo les Bains a fusionné avec la commune de Dunkerque en 1970 et se situe dans le département du Nord, sur le Littoral de la Manche. Le quartier constitue la partie Est de la commune en bordure de la mer. Selon les études statistiques de l'INSEE (en ligne sur le site), la commune de Dunkerque comptait 89160 habitants en 2014 pour une superficie de 44 km², soit une densité de population de 2026 habitants au km².

Localisation du site de mesures impliqué dans cette étude



Choix de la localisation de la station mobile

La station mobile était installée dans l'enceinte du stade de la Licorne, avenue des Sports, à l'Est de la commune à environ 350m de la plage.

La densité de population recensée dans un cercle de 1 kilomètre de rayon autour de l'unité mobile est de 3306¹ hab/km², soit une population de 10380 habitants contre une densité de 3418 hab/km² autour de la station fixe. Le fait d'être plus proche de la mer ne fait que peu baisser la densité et le critère de classement de la station en type urbain est vérifié (seuil de 3000 hab/km²).

Station mobile installée au stade de la Licorne

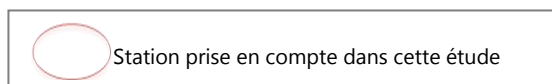


¹ Source : recensement cartographié INSEE 2012

3.3. Dispositif de référence

Afin de valider les résultats, les données issues de la station mobile vont être comparées aux stations de mesures fixes les plus proches mesurant les mêmes paramètres, sur des typologies variées.

La carte ci-dessous permet de localiser les stations fixes par rapport à la zone d'étude.



Selon leurs critères d'implantation et les caractéristiques environnementales, les stations fixes ne mesurent pas systématiquement les mêmes polluants. Le tableau ci-dessous reprend les polluants mesurés par chacune des stations fixes de référence utilisées dans cette étude :

Station fixe	Dioxyde de soufre	Oxydes d'azote	Ozone	Particules en suspension PM10	Particules fines PM2,5	Paramètre météorologique
Malo les bains SM_DK4	X			X	X	
St Pol sur mer SM_DK7	X	X	X	X		
Grande Synthe SM_DKI	X	X		X		
Cappelle la Grande SM_DKH		X	X		X	
Sangatte CA5			X			
Dunkerque port SM_DK3						X

La station de Malo les Bains pour laquelle nous estimons la représentativité ne mesure que 3 polluants. Les autres polluants (NO_x, O₃) seront comparés à des stations plus éloignées.

4. Contexte environnemental

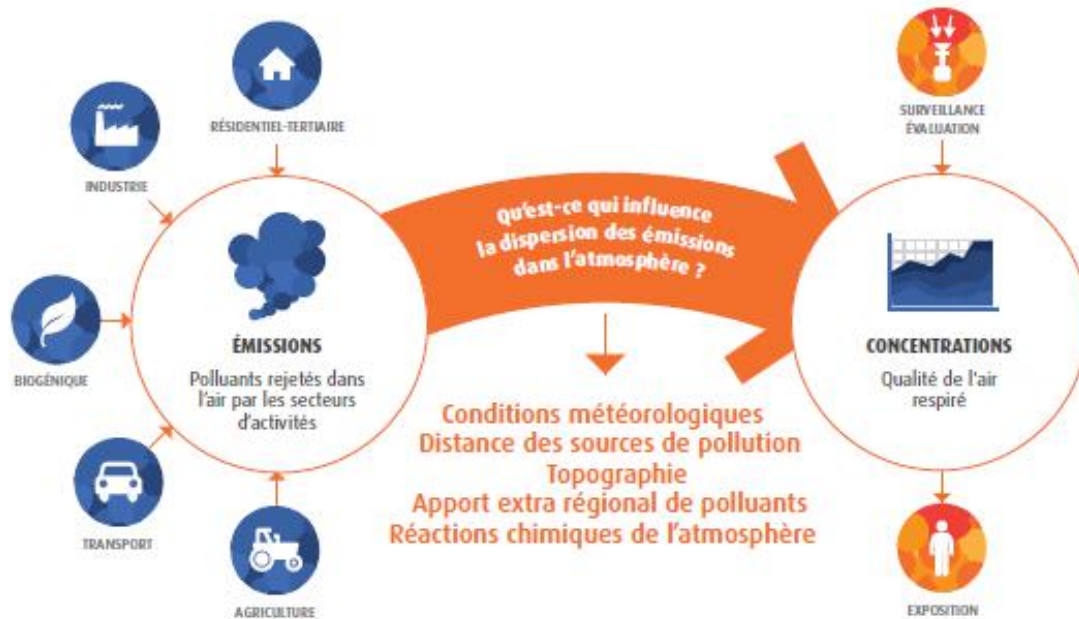
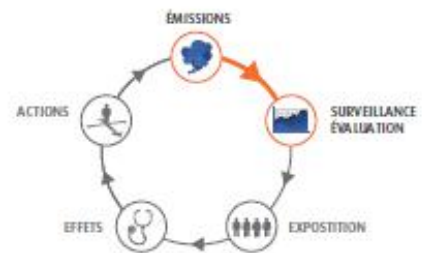
Ce paragraphe recense des éléments liés à la qualité de l'air permettant d'interpréter les résultats de l'étude et pouvant avoir un impact sur celle-ci, tels que : les émissions, la météorologie et les épisodes de pollution.

4.1. Emissions connues

Les émissions de polluants correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère :

- par les activités humaines (cheminées d'usine ou de logements, pots d'échappement, agriculture...),
- par des sources naturelles (composés émis par la végétation et les sols, etc.).

DES ÉMISSIONS AUX CONCENTRATIONS DE POLLUANTS DANS L'ATMOSPHÈRE



L'inventaire des émissions de polluants consiste à identifier et recenser la quantité des polluants émis par secteur d'activité, sur une zone et une période données.

4.1.1. Localisation des principaux émetteurs anthropiques de la zone d'études

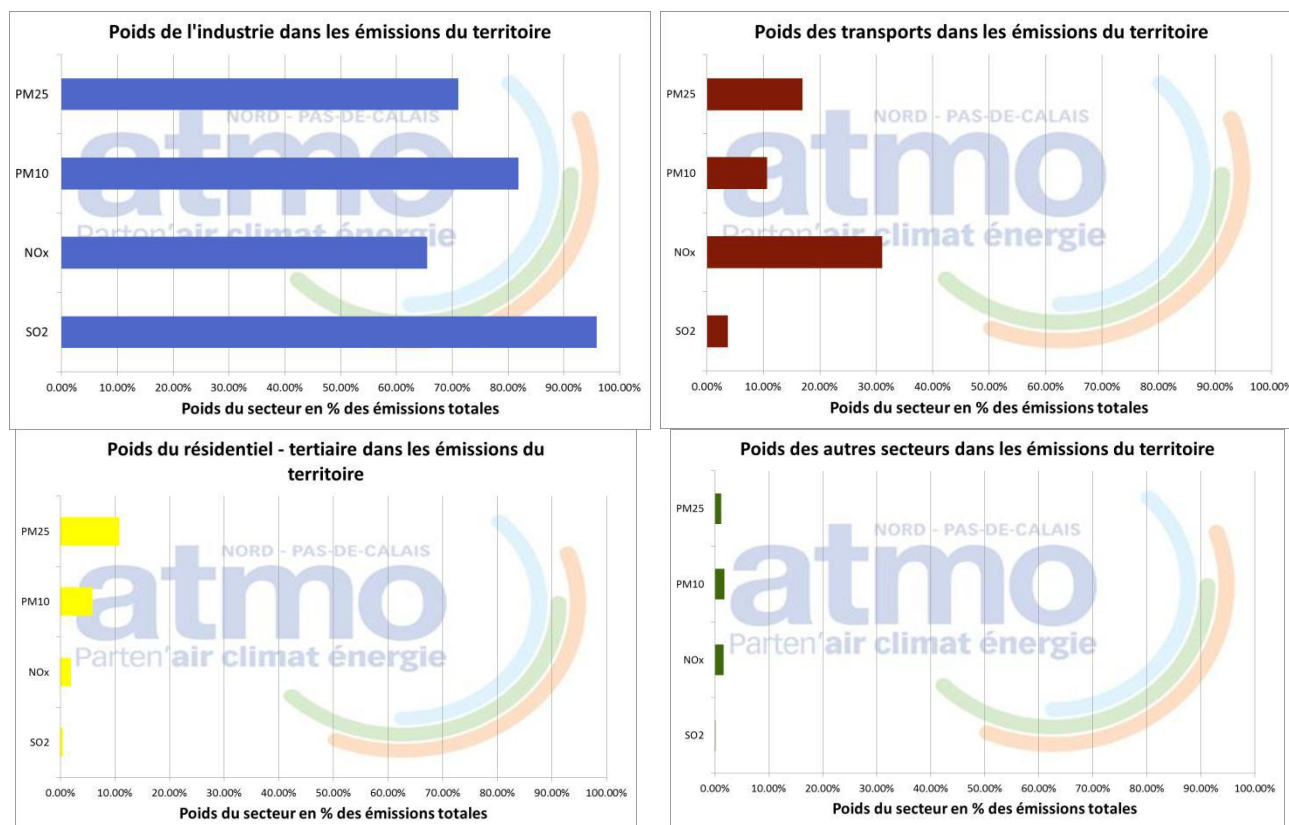
La carte ci-dessous représente les principaux émetteurs pouvant influencer la qualité de l'air locale à l'échelle de la Communauté Urbaine de Dunkerque (activités économiques industrielles et agricoles, transports routiers et autres transports, urbanisation).



La partie présentée page suivante présente les principales caractéristiques de ce territoire en termes d'émissions.

4.1.2. Précisions sur les principaux émetteurs anthropiques de la zone d'études

Les données utilisées et présentées dans les graphes suivants sont issues de l'inventaire des émissions de l'année 2012, réalisé par Atmo Hauts-de-France, selon la méthodologie définie en 2012 (source Base_A2012_M2012_V4). Elles sont présentées à l'échelle de la **Communauté Urbaine de Dunkerque**.



Les secteurs représentés sont :

- Le secteur industriel comprenant les émissions issues de l'extraction, la transformation et la distribution d'énergie ainsi que celles issues de l'industrie manufacturière, le traitement des déchets et la construction.
- Le secteur transports comprenant les émissions du transport routier et des modes de transport autres que routier.
- Le secteur « autres » comprenant principalement les émissions agricoles et biogéniques.
- Le secteur résidentiel tertiaire comprenant les émissions issues des secteurs résidentiel, tertiaire, commercial et institutionnel.

Le pourcentage est exprimé par rapport au total des émissions de l'intercommunalité. Les fiches en [annexe 5](#) sont réalisées sur un découpage ciblant les six principaux secteurs SECTEN définis par le CITEPA. Pour en savoir plus voir <http://www.atmo-hdf.fr/accéder-aux-données/émissions-de-polluants.html>.

Ainsi, à l'échelle de la **Communauté Urbaine**, les polluants mesurés à travers cette étude sont tous majoritairement issus du secteur industriel.

- En effet, celui-ci est à l'origine de 65 à 95% en masse des émissions (graphe industrie ci-dessus) avec 24600 tonnes de SO₂, 10300 tonnes de NO_x, 2900 tonnes de PM₁₀ et 1300 tonnes de PM_{2,5}.

- Les transports arrivent en seconde position et émettent 1000 tonnes de SO₂, 4900 tonnes de NO_x, 380 tonnes de PM₁₀ et 350 tonnes de PM_{2,5}.

Précisions sur les principaux émetteurs industriels locaux

Le tableau ci-dessous va préciser les émissions des industries les plus proches du site de Malo qui figurent sur la carte zoomée.



Station fixe



Tableau 1 : Emissions industrielles recensées par l'IREP dans un rayon de 5 km autour de la station de mesures pour l'année 2015 (dernière année disponible)

Etablissement	Polluant	Quantité	Unité
ASCO Industries (a)	Pas de données polluants gazeux		kg
	Métaux Pb : 300 kg et Zn : 2470 kg		kg
MG Valdunes (b)	Pas de données d'émissions dans IREP		kg
Eurogranulats (c)	Pas de données d'émissions dans IREP		kg
ARCELOR MITTAL Dunkerque	SO ₂	7510	Tonnes
	NO _x	6600	Tonnes
	TSP	2660	tonnes
Engie Thermique	SO ₂	858	tonnes
	NO _x	866	Tonnes
	Métaux Ni : 104 kg et Zn : 921 kg		
SRD	SO ₂	544	Tonnes
	NO _x	337	tonnes

Il n'y a donc pas d'émissions de polluants gazeux recensés au niveau du Registre des Emissions Polluantes pour les 3 entreprises installées à l'Est de la station fixe de Malo en 2015.

4.2. Contexte météorologique



Le contexte météorologique peut avoir un impact sur les conditions de dispersion de la pollution atmosphérique.

Certains paramètres favorisent la dispersion (par exemple les vents forts) et/ou le lessivage des polluants, d'autres au contraire vont favoriser leur accumulation (hautes pressions, inversion de température, stabilité atmosphérique), ou leur formation (comme l'ensoleillement).

Pour une campagne de mesures de la qualité de l'air ambiant, il est donc important d'étudier les conditions météorologiques dans lesquelles les mesures des polluants ont été effectuées.

Le détail des paramètres vitesses de vents, températures, précipitations, pressions est précisé [annexe 4](#).

Les graphes suivants représentent les roses des vents issues de la station de Dunkerque port sur les périodes de la campagne

66

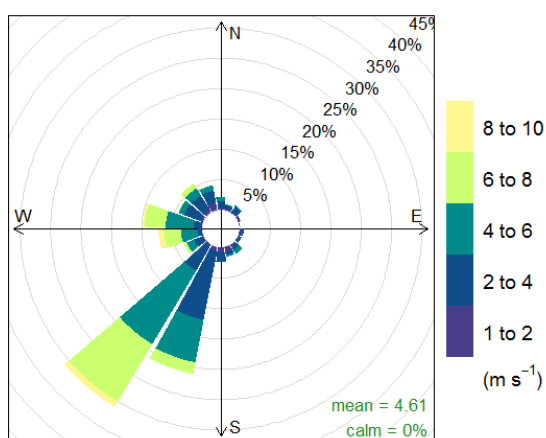
Guide de lecture des roses de vents

- Les pétales se placent en fonction des directions de vents (d'où vient le vent),
- La fréquence des vents est indiquée en pourcentage par les cercles concentriques,
- Les couleurs indiquent les vitesses de vents, le jaune étant significatif de vents forts.

Les vents dont la vitesse est inférieure à 1m/s ne sont pas représentés car ils ne sont pas significatifs.

99

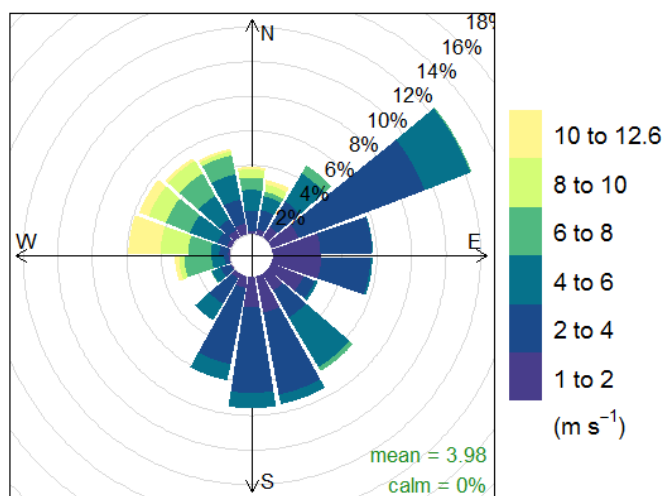
Phase estivale



**Rose des vents de Dunkerque port
[6 juillet au 8 aout 2016]**

Durant la phase 1, le territoire a été soumis à des vents très majoritairement venant du secteur Sud Ouest. 25% des vents proviennent du quart Nord-Ouest

Phase hivernale :



**Rose des vents de Dunkerque port
[4 octobre au 15 novembre 2016]**

Durant la phase 2, la variabilité des vents est plus importante et le secteur Nord-Est devient prépondérant avec 23% des vents. Par contre, les vents les plus forts proviennent du quart Nord-Ouest.

Le régime de vents au cours des 2 périodes est nettement différent. Dans les 2 cas, des vents forts sont présents qui seront donc favorables à la dispersion ou à l'apport de panaches. La station fixe de Malo se situe sous les vents d'Est des entreprises les plus proches situées dans la zone des Dunes et à l'opposé, sous les vents d'Ouest de la zone du port de Dunkerque.

4.3. Episodes de pollution



Un épisode de pollution correspond à une période, où les concentrations de polluants dans l'atmosphère ne respectent pas ou risquent de ne pas respecter les seuils réglementaires (seuil d'information/recommandation et seuil d'alerte) et selon des critères prédéfinis (pourcentage de surface de la zone ou pourcentage de population impactés, niveau réglementaire franchi, durée de l'épisode, ...).

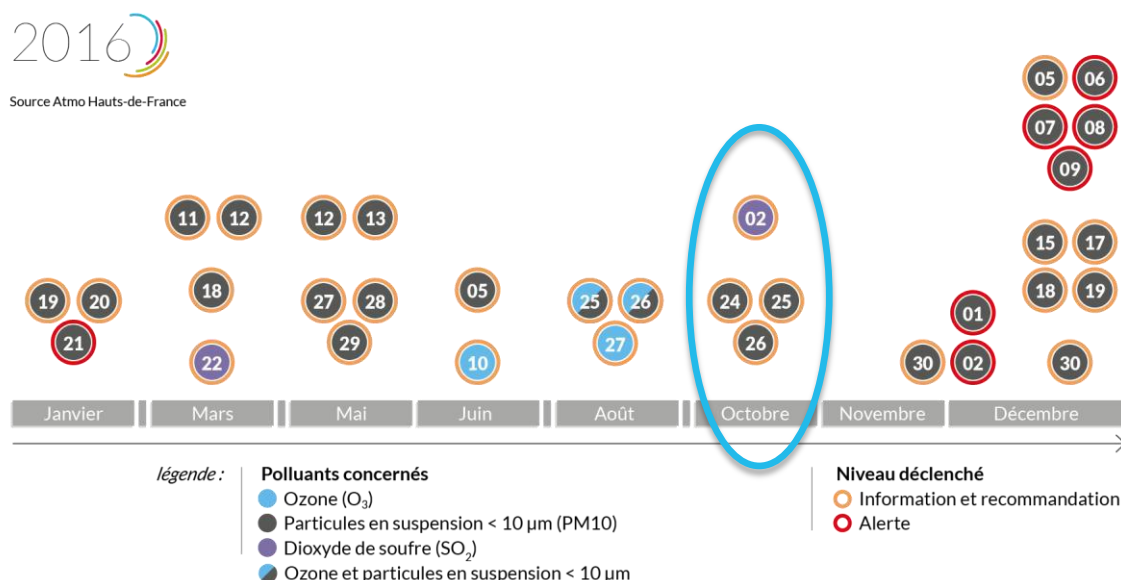
Quatre polluants sont intégrés dans la procédure de déclenchement d'épisode de pollution de l'air : l'ozone (O_3), le dioxyde d'azote (NO_2), le dioxyde de soufre (SO_2) et les particules en suspension (PM_{10}).

Facteurs favorisant la formation des épisodes de pollution

Pour atteindre des niveaux élevés de concentration conditionnant le déclenchement des épisodes de pollution, les critères à réunir sont multiples et varient selon les périodes de l'année. La combinaison de plusieurs des éléments suivants est souvent à l'origine des épisodes :

- mauvaises conditions de dispersion,
- conditions favorables aux transformations chimiques,
- transport transfrontalier ou interrégional de polluants,
- émissions de polluants en région,
- de précurseurs du polluant.

La frise ci-dessous reprend l'ensemble des épisodes de pollution ayant été constatés en 2016 au niveau des départements de la région Hauts-de-France².



Au cours de la période couvrant cette étude, nous avons constaté un épisode de pollution par les particules du 24 au 26 octobre ainsi qu'un épisode par le SO_2 le 2 octobre. Nous verrons si la station de Malo était concernée.

² Selon les modalités de déclenchement de procédure définies à travers les arrêtés préfectoraux, il est possible qu'un épisode de pollution apparaisse sur la frise alors qu'il n'a touché qu'un seul département de la région

5. Résultats de l'étude



L'échelle des temps de toutes les mesures est en UTC (Temps Universel Coordonné), il faut donc ajouter 2 heures en été et 1 heure en hiver pour avoir les heures locales.

5.1. Bilan métrologique

Les données délivrées par le dispositif de mesures des polluants atmosphériques sont systématiquement validées puis agrégées afin de calculer des paramètres statistiques comparables à la réglementation en vigueur et interpréter rigoureusement la qualité de l'air sur la zone d'étude concernée.

La validation prend en compte la justesse de la mesure effectuée en contrôlant la dérive de l'appareil en lui injectant un étalon de gaz à la fin de campagne. Selon nos procédures qualité, nous acceptons une réponse de l'analyseur pouvant s'écarter jusqu'à +/-10% de la valeur de notre étalon. Si l'écart est plus important, les mesures sont invalidées. Pour les particules, le bon fonctionnement est testé en mettant un filtre total sur le prélèvement qui retient toutes les particules. La réponse de l'appareil doit être inférieure à 3 µg/m³. Les résultats pour les 2 campagnes sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Réglage des appareils	Campagnes	SO ₂	NO _x	Ozone
Ecart lors du réglage (%)	Campagne estivale	-0,1%	0,75%	0%
	Campagne hivernale	-1,15%	-1,6%	3,4%

Une fois les données validées, un taux de fonctionnement est calculé pour chaque paramètre mesuré. Il s'agit du pourcentage de données utilisables d'une mesure, sur une période définie (année civile, phase de mesures, semaine...).

Un taux de fonctionnement inférieur à 85% signifie que la concentration moyenne du polluant n'est pas représentative sur le temps d'exposition (ici équivalent à une phase de mesures). Aucune comparaison avec les valeurs réglementaires du polluant sur la globalité de la campagne n'est alors possible. Enfin, il faut que la durée d'évaluation de la qualité de l'air soit au moins de 14% de l'année pour obtenir des paramètres moyens représentatifs. Pour cette campagne, le taux de données présentes sur l'année est supérieur à 14% (voir annexe 6), ce qui permet d'utiliser les moyennes pour évaluer le site.

Les taux de présences des mesures fixes sont supérieurs à 85% hormis pour le dioxyde d'azote de Grande Synthe (Voir le détail des taux de fonctionnement en [annexe 6](#)).

Les limites de détection (plus petites concentrations pouvant être détectées par les appareils de mesures) pour les polluants étudiés sont indiquées dans le tableau ci-contre.

Polluant	Limite de détection (µg/m ³)
Monoxyde d'azote	2,5
Dioxyde d'azote	3,8
Dioxyde de soufre	5,3
Particules en suspension PM10	3,0
Ozone	4,0

Remarque : on traite les données sans prendre en compte l'incertitude des mesures.

5.2. Le dioxyde de soufre (SO₂)

5.2.1. Concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne

Dans le tableau ci-après, sont résumés les résultats de la campagne de mesure pour le dioxyde de soufre.

Site de mesures		Influence de la mesure	Dioxyde de soufre (SO ₂)				
			Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur journalière maximale (µg/m ³)	Nombre de jour où la moyenne journalière a été supérieure à 125 µg/m ³	Valeur horaire maximale (µg/m ³)	Nombre d'heure où la moyenne horaire a été supérieure à 350 µg/m ³
Campagne 2016	Malo les bains	Mobile	< ld	< ld	0	9 le 28/10/2016 14 :00	0
	Malo les bains	Urbaine	< ld	5 le 17/07/2016	0	23 le 17/07/2016 5 :00	0
	St Pol sur mer	Urbaine	6	60 le 5/11/2016	0	172 le 11/11/2016 00 :00	0
	Grande Synthe	industrielle	< ld	68 le 5/11/2016	0	246 le 05/11/2016 22 :00	0
Année civile 2016	Malo les bains	Mobile	/	/	/	/	/
	Malo les bains	Urbaine	< ld	10 le 20/01/2016	0	63 le 23/01/2016 3 :00	0
	St Pol sur mer	Urbaine	5	60 le 5/11/2016	0	172 le 11/11/2016 00 :00	0
	Grande Synthe	industrielle	5	135 le 2/10/2016	1	591 le 2/10/2016 17 :00	5
Valeurs réglementaires			50 (objectif de qualité)	125 à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (valeur limite)		350 à ne pas dépasser plus de 24 heures par an (valeur limite)	

< ld : Résultat inférieur à la limite de détection

« / » : Données non disponibles en raison de périodes de mesures différentes

Avis et interprétation :

Au regard des résultats obtenus, toutes les valeurs réglementaires concernant le dioxyde de soufre ont été respectées à Malo. Au cours de la campagne de mesures pour le site mobile et sur l'année 2016 pour le site fixe, la concentration moyenne ainsi que la valeur journalière maximale sont inférieures à la limite de détection des appareils. Les maxima horaires sont très

Valeurs réglementaires respectées à Malo pour le SO₂

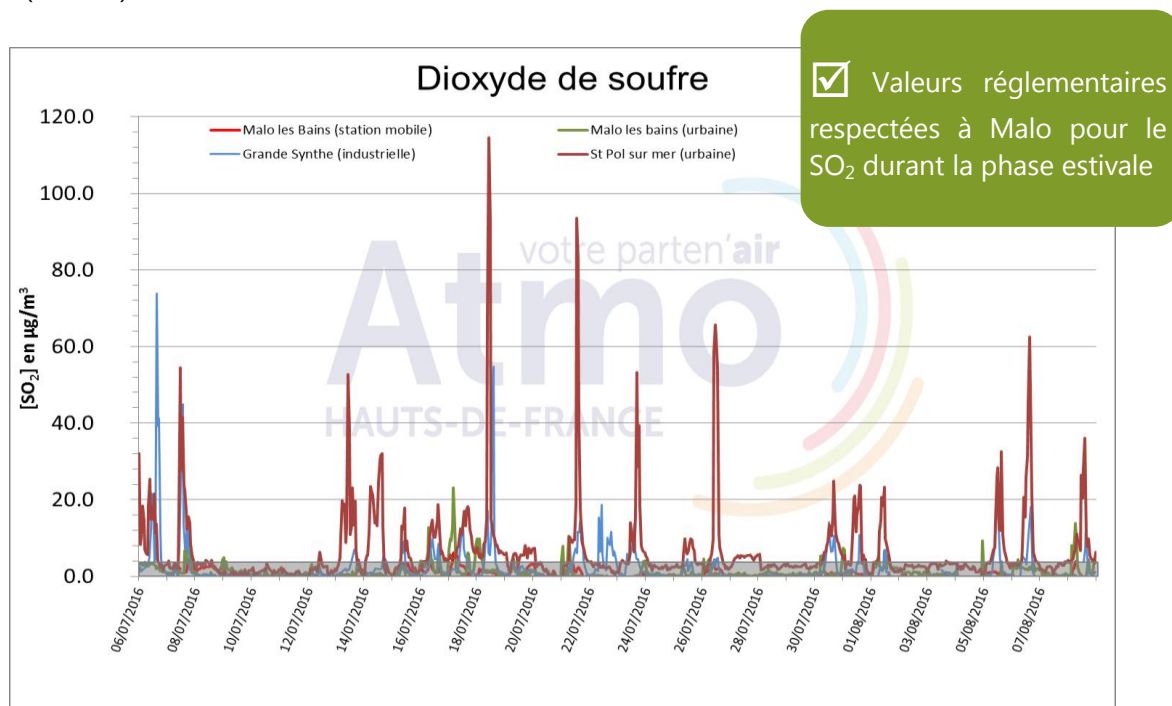
faibles également. La zone de Malo n'est pas impactée par les émetteurs de la zone industrielle, à la différence de la station de St Pol qui a certes une moyenne faible sur la campagne mais qui a des paramètres de pointe nettement plus élevés.

Globalement, depuis une quinzaine d'années, les concentrations en dioxyde de soufre relevées en milieu urbain et périurbain ont considérablement diminué pour se situer sous la limite de détection des appareils. Par contre, les stations de mesure situées en proximité industrielle (Grande Synthe), même si elles présentent des moyennes très faibles sur l'année, peuvent mesurer des épisodes ponctuels très importants. Ainsi, Atmo Hauts-de-France a constaté un épisode de pollution par le SO₂ le 2 octobre 2016 en atteignant la moyenne horaire de 591 µg/m³ à Grande Synthe (seuil fixé à 500 µg/m³). Cet épisode n'est pas mesuré sur la station de Malo.

5.2.2. Evolution des concentrations par phase

Phase estivale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires du dioxyde de soufre (SO₂) pour la station mobile de Malo et les stations fixes les plus proches de la zone lors de la première phase de mesures (estivale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

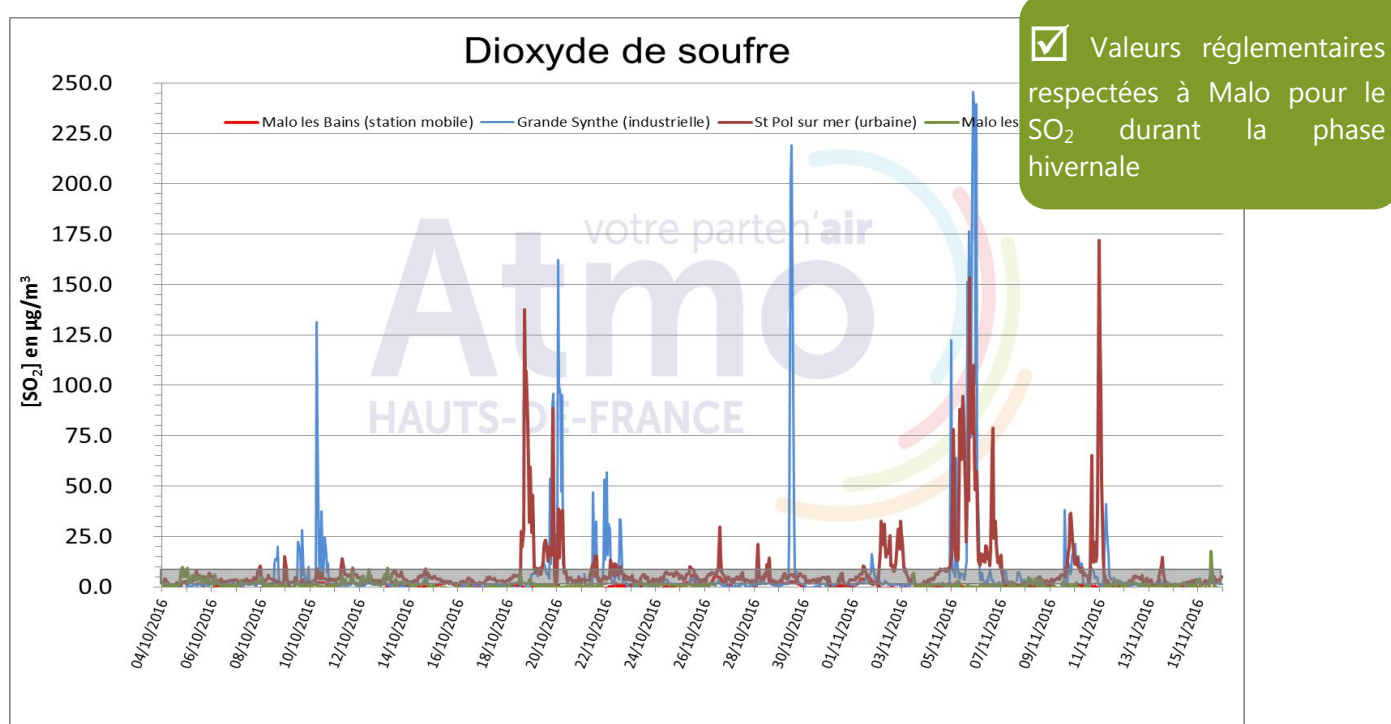
Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur journalière maximale (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)
Malo	mobile	< Id	< Id	6 le 17/07/2016 06 :00
Malo	Urbaine	< Id	4 le 5/10/2016	23 le 17/07/2016 05 :00
St Pol sur mer	Urbaine	6	60 le 05/11/2016	115 le 18/07/2016 11 :00
Grande Synthe	industrielle	< Id	11 le 06/07/2016	74 le 06/07/2016 16 :00

Avis et interprétation :

Les concentrations en dioxyde de soufre observées à Malo lors de la 1^{re} phase de mesures sont très faibles et les valeurs horaires maximales, insignifiantes, sont enregistrées simultanément sur la station fixe. Le site fixe est donc représentatif de celui du stade par le fait qu'il confirme l'absence d'impact des émissions de SO₂. Par contre, les mesures de Malo n'ont aucune correspondance avec les stations fixes de St Pol et Grande Synthe. Les pointes ne sont pas au même moment et l'amplitude est beaucoup plus importante sur ces 2 stations.

Phase hivernale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires du dioxyde de soufre (SO₂) pour la station mobile de Malo et les stations fixes de la zone étudiée lors de la deuxième phase de mesures



(hivernale).

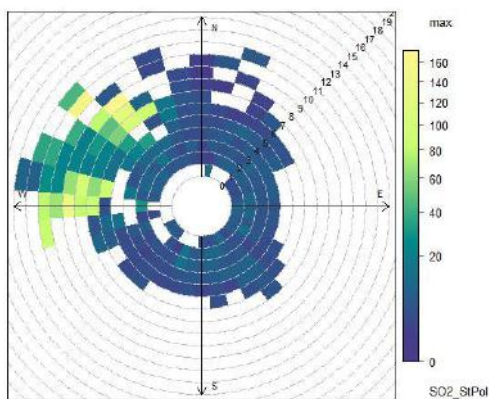
La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur journalière maximale (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)
Malo	mobile	< Id	< Id	9 le 28/10/2016 14 :00
Malo	Urbaine	NR	NR	NR
St Pol sur mer	Urbaine	8	60 le 05/11/2016	172 le 11/11/2016 00 :00
Grande Synthe	industrielle	6	68 le 05/11/2016	246 le 05/11/2016 22 :00

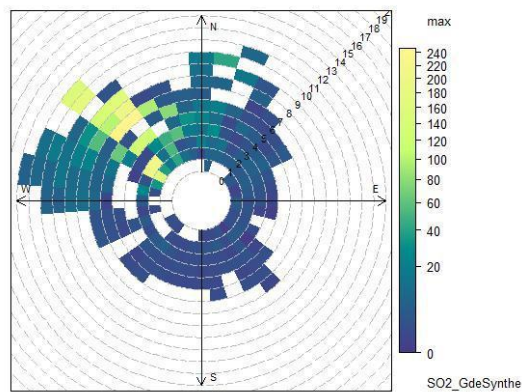
< Id : Résultat inférieur à la limite de détection NR : Non représentatif par manque de données

Avis et interprétation :

En regardant le graphe, les mesures faites sur Malo sont insignifiantes devant celles venant des stations de St Pol sur mer et Grande Synthe. On observe une série de pics plus ou moins intenses indicateurs de panaches d'émissions. Les roses des pollutions ci-dessous vont indiquer l'origine de la pollution.



Rose de pollution [du 4 octobre au 15 novembre 2016] - SO₂_StPol
Concentrations maximales en fonction de la vitesse
et de la direction du vent de Dunkerque port



Rose de pollution [du 4 octobre au 15 novembre 2016] - SO₂_GdeSynthe
Concentrations maximales en fonction de la vitesse
et de la direction du vent de Dunkerque port

Roses des pollutions du SO₂ pour les stations de St Pol sur mer et Grande Synthe

Les concentrations les plus élevées sont donc mesurées par vent d'Ouest à Nord-Ouest à St Pol et par vent de Nord-Ouest à Grande Synthe. Cette direction correspond à la zone portuaire. Le quartier de Malo n'est pas soumis à cette pollution car il est plus éloigné et le panache retombe avant de toucher le quartier.

Représentativité du site

Vu les très faibles mesures obtenues en SO₂ sur les 2 sites de Malo, la représentativité est bonne.

5.3. Le dioxyde d'azote (NO₂)

5.3.1. Concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne

Dans le tableau ci-après, sont résumés les résultats de la campagne de mesure pour le dioxyde d'azote.

			Dioxyde d'azote (NO ₂)		
Site de mesures		Influence de la mesure	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)	Nombre d'heure où la moyenne horaire a été supérieure à 200 µg/m ³
Campagne 2016	Malo	Mobile	15	70 le 31/10/2016 20 :00	0
	St Pol sur mer	urbaine	19	85 le 11/10/2016 08 :00	0
	Grande Synthe	Industrielle	NR	70 le 11/10/2016 07 :00	0
	Cappelle la Grande	périurbaine	15	68 le 21/10/2016 06 :00	0
Année civile 2016	Malo	Mobile	/	/	/
	St Pol sur mer	urbaine	20	97 le 25/08/2016 19 :00	0
	Grande Synthe	Industrielle	17	116 le 12/05/2016 18 :00	0
	Cappelle la Grande	périurbaine	15	80 le 27/12/2016 18 :00	0
Valeurs réglementaires			40 (valeur limite)	200 à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (valeur limite)	

« / » : Données non disponibles en raison de périodes de mesures différentes

Avis et interprétation :

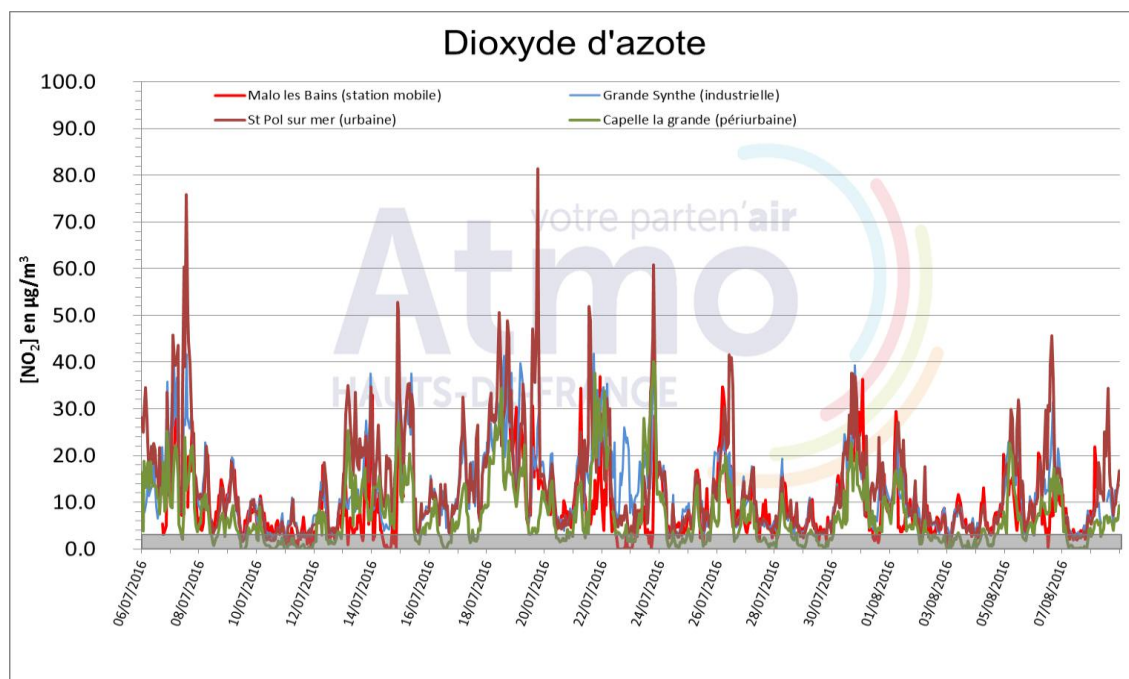
Les résultats obtenus à Malo-les-Bains au cours de la campagne sont équivalents à ceux de Cappelle la Grande et sont inférieurs à ceux de la station urbaine de St Pol sur mer. Pour les stations fixes, les moyennes de la campagne sont très proches des moyennes de l'année. Ainsi et par comparaison, le site de Malo se rapproche d'une typologie périurbaine comme Cappelle la Grande pour le NO₂.

Valeurs réglementaires respectées à Malo pour le NO₂

5.3.2. Evolution des concentrations par phase

Phase estivale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires du dioxyde d'azote (NO₂) pour la station mobile de Malo et les stations fixes les plus proches de la première phase de mesures (estivale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)	Nombre d'heure où la moyenne horaire a été supérieure à 200 µg/m ³
Malo	Mobile	9	44 le 18/07/2016 18 :00	0
St Pol sur mer	urbaine	13	81 le 19/07/2016 19 :00	0
Grande Synthe	Industrielle	12	46 le 18/07/2016 19 :00	0
Cappelle la Grande	périurbaine	7	40 le 23/07/2016 20 :00	0

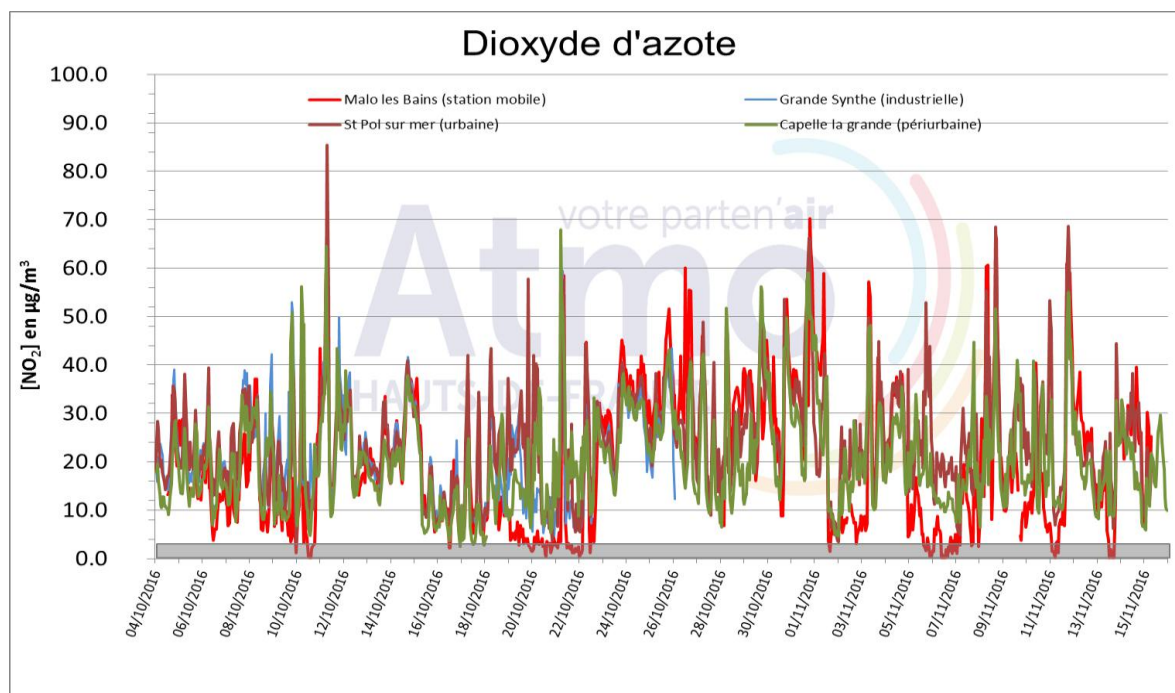
Avis et interprétation :

Les concentrations moyennes obtenues sur la période sont faibles. On retrouve les valeurs les plus élevées sur les 2 stations centrales par rapport à Malo et Cappel qui sont en périphérie de la zone urbanisée. Notons l'écart important sur la valeur maximale de St Pol sur mer par rapport aux autres stations (81 µg/m³ contre 46 µg/m³) dû à un évènement local.

Valeurs réglementaires respectées à Malo pour le NO₂ durant la phase estivale

Phase hivernale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires du dioxyde de d'azote (NO₂) pour la station mobile de Malo-les-Bains et les stations fixes les plus proches lors de la deuxième phase de mesures (hivernale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)	Nombre d'heure où la moyenne horaire a été supérieure à 200 µg/m ³
Malo	Mobile	20	70 le 31/10/2016 20 :00	0
St Pol sur mer	urbaine	24	85 le 11/10/2016 08 :00	0
Grande Synthe	Industrielle	NR	70 le 11/10/2016 07 :00	0
Cappelle la Grande	périurbaine	20	68 le 21/10/2016 06 :00	0

NR : Non représentatif car moins de 85% des données sur la période considérée

Avis et interprétation :

Les moyennes sont plus élevées au cours de la campagne hivernale par suite d'une moins bonne dispersion. Les données de la station de Grande Synthe ne sont disponibles que jusqu'au 25 octobre, soit 50% de la campagne, donc la moyenne n'est pas utilisable. La station de St Pol reste à des niveaux supérieurs aux autres stations. A plusieurs reprises, les concentrations mesurées à Malo sont inférieures à celles des 3 stations fixes. Ceci correspond aux vents orientés au Nord donc venant de la mer et qui apportent des masses d'air épurées.

Valeurs réglementaires respectées à Malo pour le NO₂ durant la phase hivernale

5.4. Le monoxyde d'azote (NO)

5.4.1. Concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne

Dans le tableau ci-après, sont résumés les résultats de la campagne de mesure pour le monoxyde d'azote.

Site de mesures		Influence de la mesure	Monoxyde d'azote (NO)	
			Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur horaire maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Campagne 2016	Malo	Mobile	4	109 le 11/10/2016 07 :00
	St Pol sur mer	urbaine	8	327 le 11/10/2016 08 :00
	Grande Synthe	Industrielle	6	339 le 11/10/2016 08 :00
	Cappelle la Grande	périurbaine	5	168 le 11/10/2016 07 :00
Année civile 2016	Malo	Mobile	/	/
	St Pol sur mer	urbaine	7	327 le 11/10/2016 08 :00
	Grande Synthe	Industrielle	5	339 le 11/10/2016 08 :00
	Cappelle la Grande	périurbaine	3	168 le 11/10/2016 07 :00

< LD : Résultat inférieur à la limite de détection

« / » : Données non disponibles en raison de périodes de mesures différentes

Remarque : le monoxyde d'azote n'est pas réglementé en air extérieur

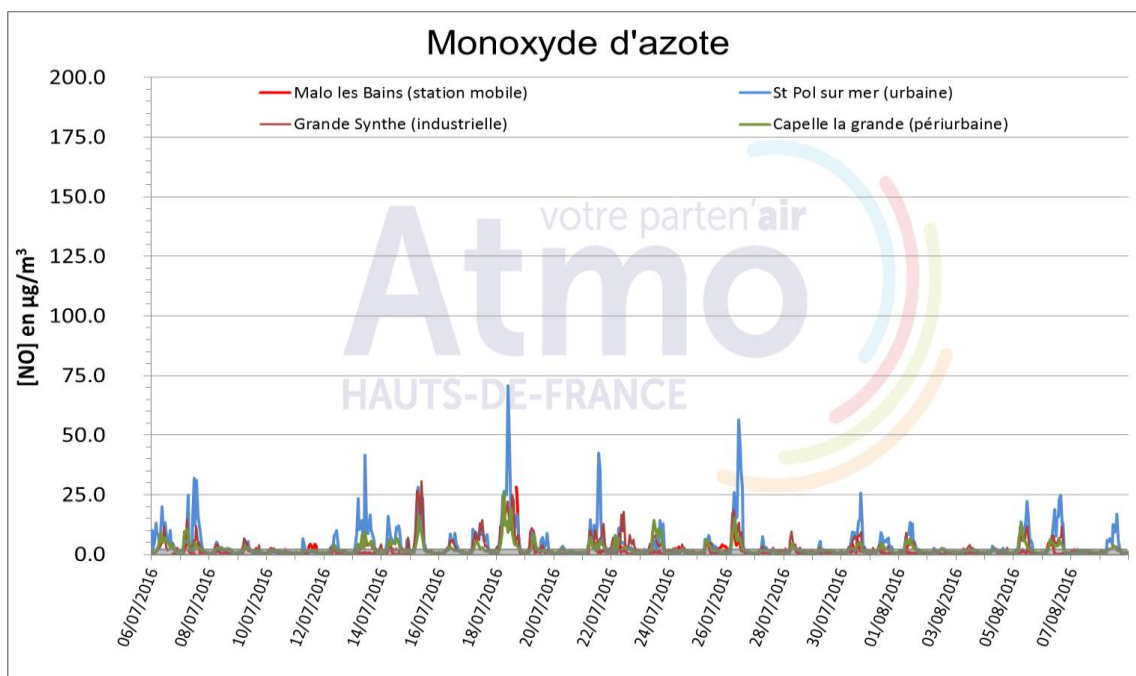
Avis et interprétation :

Le monoxyde d'azote est un indicateur de la proximité du trafic routier. Il a une courte durée de vie et se transforme rapidement en dioxyde d'azote. C'est pourquoi les moyennes annuelles sont faibles. C'est également un indicateur des facultés de dispersion de l'atmosphère et les valeurs élevées sont indicatrices de mauvaise dispersion. Ainsi, les maxima horaires enregistrés pendant la campagne hivernale sont aussi les maxima horaires de l'année. Ils sont tous enregistrés le 11 octobre au matin et traduisent donc une mauvaise dispersion des polluants dans la matinée. Les concentrations les plus élevées sont enregistrées sur les 2 stations centrales (Saint Pol et Grande Synthe) tandis que les stations en périphérie présentent des valeurs nettement plus faibles.

5.4.2. Evolution des concentrations par phase

Phase estivale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires du monoxyde d'azote (NO) pour la station mobile de Malo et les stations fixes les plus proches lors de la première phase de mesures (estivale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

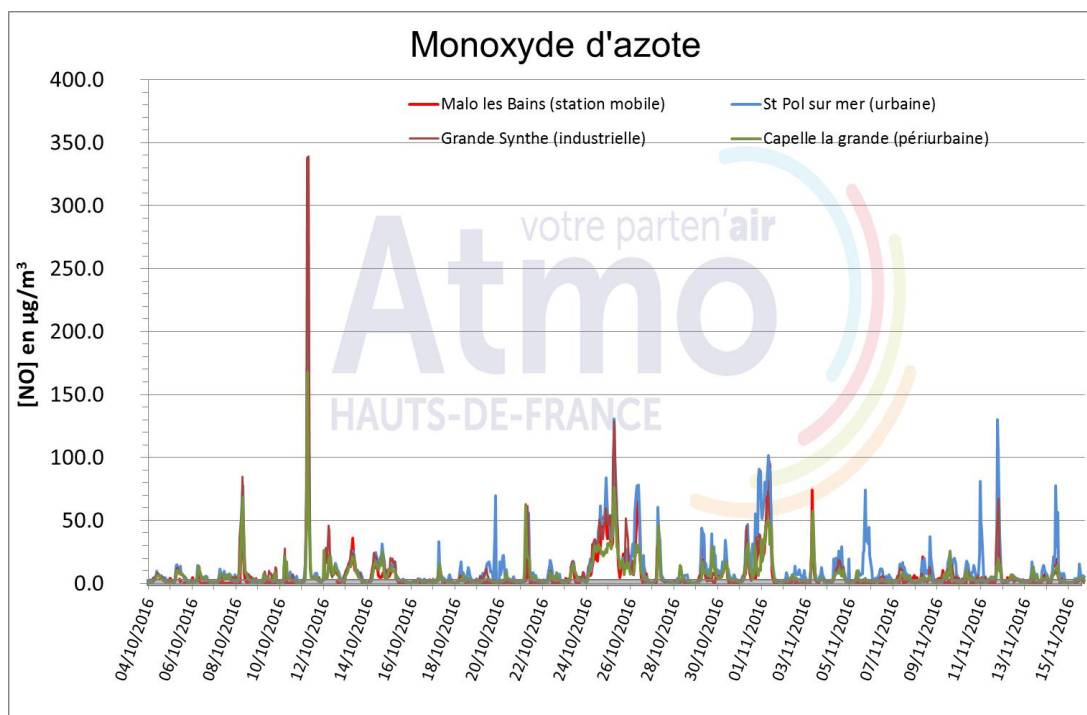
Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur horaire maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Malo	Mobile	< Id	28 le 18/07/2016 17 :00
St Pol sur mer	urbaine	4	71 le 18/07/2016 10 :00
Grande Synthe	Industrielle	3	31 le 15/07/2016 10 :00
Cappelle la Grande	périurbaine	2	26 le 18/07/2016 07 :00

Avis et interprétation :

Les concentrations sont très faibles et seules quelques pointes matinales ressortent du graphe des concentrations moyennes horaires, liées au trafic routier. Les concentrations les plus élevées sont mesurées sur la station de St Pol sur mer.

Phase hivernale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires du monoxyde d'azote (NO) pour la station mobile de Malo et les stations les plus proches lors de la deuxième phase de mesures (hivernale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne (µg/m ³)	Valeur horaire maximale (µg/m ³)
Malo	Mobile	6	109 le 11/10/2016 07 :00
St Pol sur mer	urbaine	11	327 le 11/10/2016 08 :00
Grande Synthe	Industrielle	8	339 le 11/10/2016 08 :00
Cappelle la Grande	périurbaine	6	168 le 11/10/2016 07 :00

Avis et interprétation :

Là encore, les moyennes de la campagne restent faibles mais nous mesurons davantage de pics matinaux dont le plus important de l'année mesuré le 11 octobre. Les maxima obtenus à St Pol sur mer et Grande Synthe sont nettement supérieurs à celui obtenu à Malo-les-bains. De même sur les autres jours, le graphe de la station mobile installée à Malo-les-bains ne ressort pas hormis le 3/11/2016 à 8 :00 (74 µg/m³) par vent de secteur Sud Ouest au cours d'un évènement de faible intensité.

5.5. Les particules en suspension (PM10)

5.5.1. Concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne

Dans le tableau ci-après, sont résumés les résultats de la campagne de mesure pour les particules en suspension PM10.

Site de mesures		Influence de la mesure	Particules en suspension (PM10)		
			Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur journalière maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nombre de jours où la moyenne journalière a été supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Campagne 2016	Malo	Mobile	16	40 le 31/10/2016	0
	Malo	urbaine	15	46 le 24/10/2016	0
	St Pol sur mer	urbaine	20	47 le 19/10/2016	0
	Grande Synthe	Industrielle	18	44 le 24/10/2016	0
Année civile 2016	Malo	Mobile	/	/	/
	Malo	urbaine	18	67 le 11/03/2016	5
	St Pol sur mer	urbaine	22	66 le 12/05/2016	8
	Grande Synthe	Industrielle	21	85 le 7 juin 2016	12
Valeurs réglementaires			40 (valeur limite)	50 à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (valeur limite)	

« / » : Données non disponibles en raison de périodes de mesures différentes

Avis et interprétation :

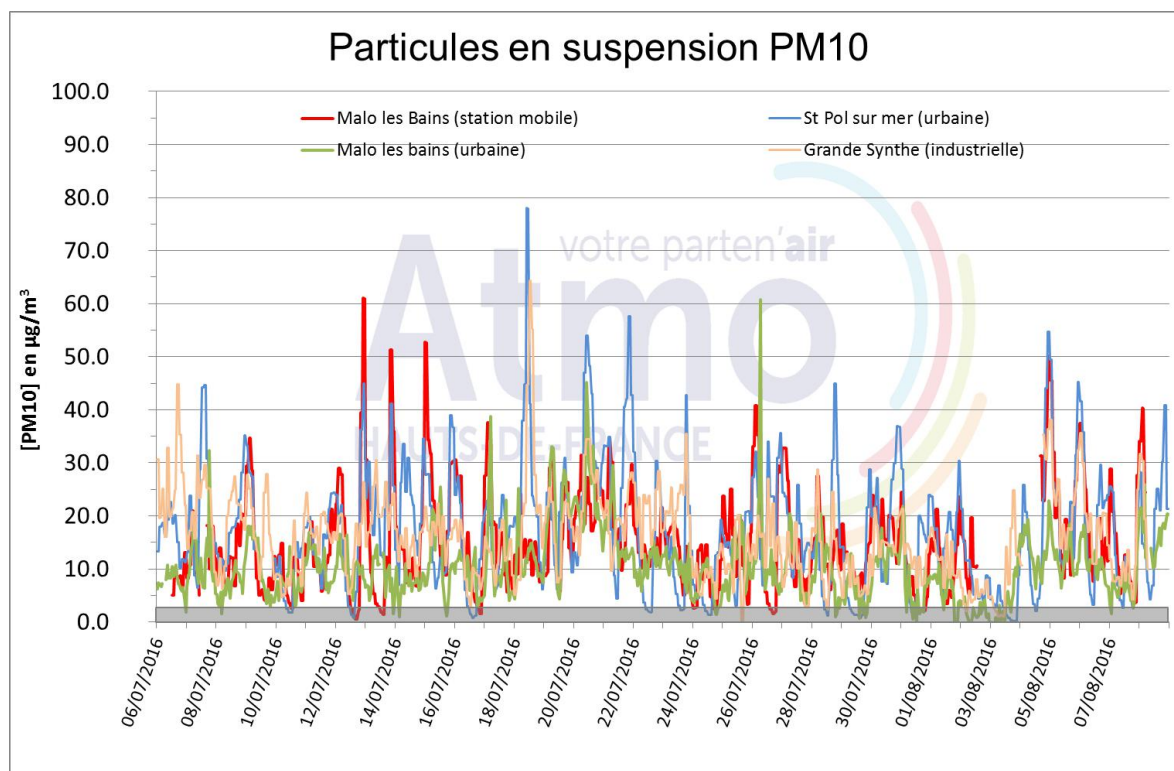
Au cours de la campagne 2016, toutes les valeurs réglementaires ont été respectées pour les particules PM10 à Malo-les-bains. Les concentrations moyennes relevées sur les 2 sites sont très proches et sont les plus faibles des 4 sites mais la valeur maximale n'est pas enregistrée le même jour. Sur l'année, la moyenne annuelle mesurée au stade devrait donc respecter les valeurs limites.

Valeurs réglementaires respectées à Malo-les-bains pour les PM10

5.5.2. Evolution des concentrations par phase

Phase estivale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires des particules en suspension PM10 pour la station mobile de Malo et les stations fixes les plus proches lors de la première phase de mesures (estivale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur journalière maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nombre de jours où la moyenne journalière a été supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Malo	Mobile	15	24 le 15/07/2016	0
Malo	urbaine	10	24 le 20/07/2016	0
St Pol sur mer	urbaine	17	31 le 20/07/2016	0
Grande Synthe	Industrielle	16	27 le 06/07/2016	0

Avis et interprétation :

Lors de cette phase estivale, les concentrations moyennes obtenues à Malo-les-bains (station fixe et mobile) diffèrent nettement l'une de l'autre et le site du stade de sports se rapproche des 2 sites fixes du centre de la zone. Les mesures obtenues sur la station fixe de Malo-les-bains sont souvent inférieures aux autres, ce qui indique que le flux

Valeurs réglementaires respectées à Malo-les-bains pour les PM10 lors de la phase estivale

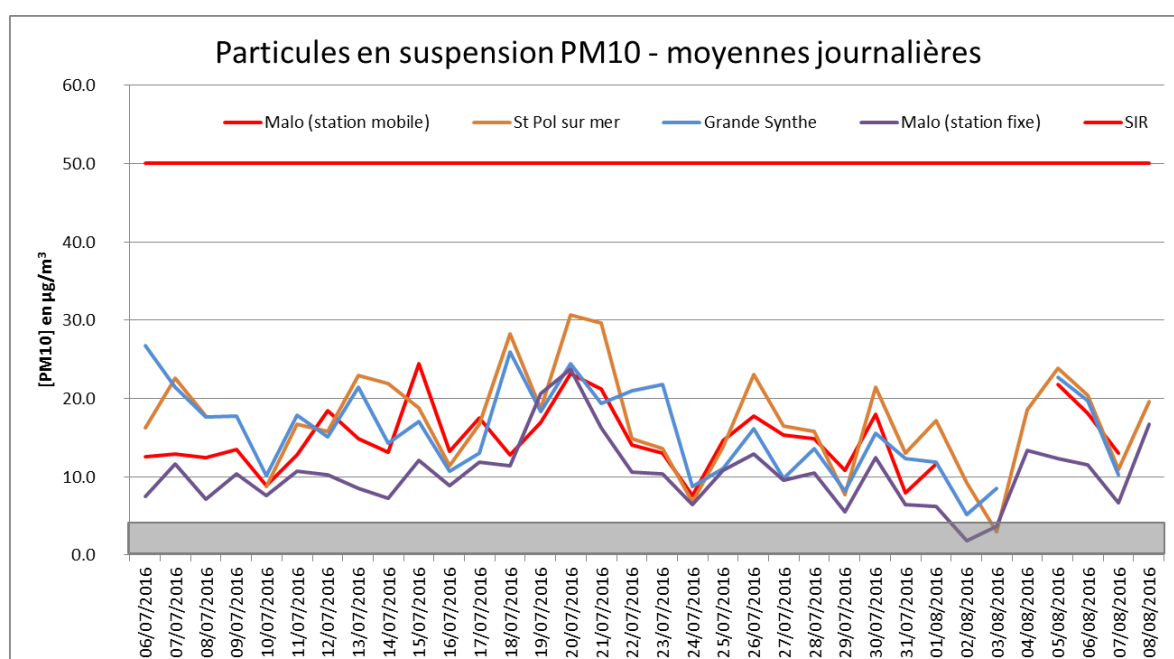
de Sud-Ouest à Ouest est bénéfique pour la qualité de l'air du quartier. Les maxima journaliers ne sont pas mesurés le même jour sur les 2 sites de Malo-les-bains.

Le graphe présentant les concentrations moyennes horaires montre que les valeurs les plus élevées en particules sont enregistrées sur la station mobile de Malo au cours de 3 nuits successives :

- le 12 juillet à 23h TU ($61 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- le 13 juillet à 21h ($51 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- le 15 juillet à 1hTU ($53 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

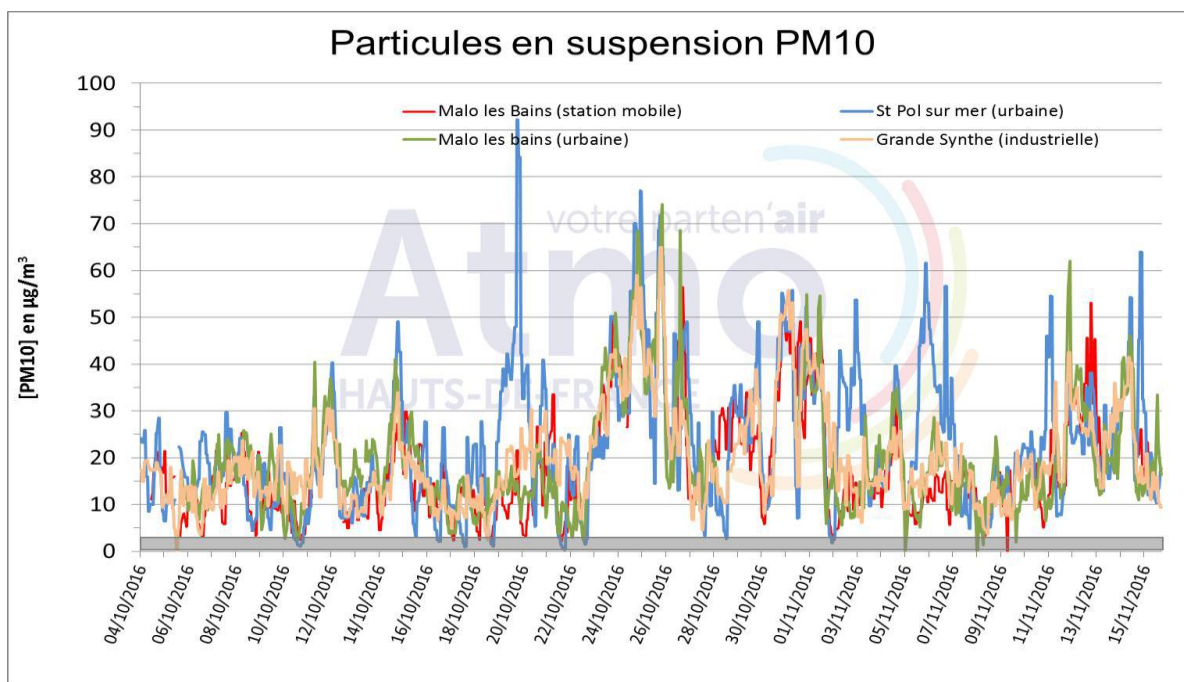
Ces pointes nocturnes se rencontrent également sur la station de St Pol sur mer à des concentrations plus faibles et sont enregistrées par vents de Sud.

Le graphe des moyennes journalières ci-dessous montre qu'aucun dépassement du seuil d'information ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a lieu sur la période. Egalement, on peut voir que les mesures obtenues sur la station fixe de Malo-les-bains sont nettement plus basses que les autres stations alors que les mesures obtenues à l'aide de la station mobile sont proches de celles des sites de St Pol et Grande Synthe.



Phase hivernale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires des particules en suspension PM10 pour la station mobile de Malo-les-bains et les stations fixes les plus proches lors de la deuxième phase de mesures (hivernale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur journalière maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nombre de jours où la moyenne journalière a été supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Malo	Mobile	NR	40 le 31/10/2016	0
Malo	urbaine	19	46 le 24/10/2016	0
St Pol sur mer	urbaine	23	47 le 19/10/2016	0
Grande Synthe	Industrielle	20	44 le 24/10/2016	0

NR : Non représentatif car moins de 85% des données sur la période considérée

Avis et interprétation :

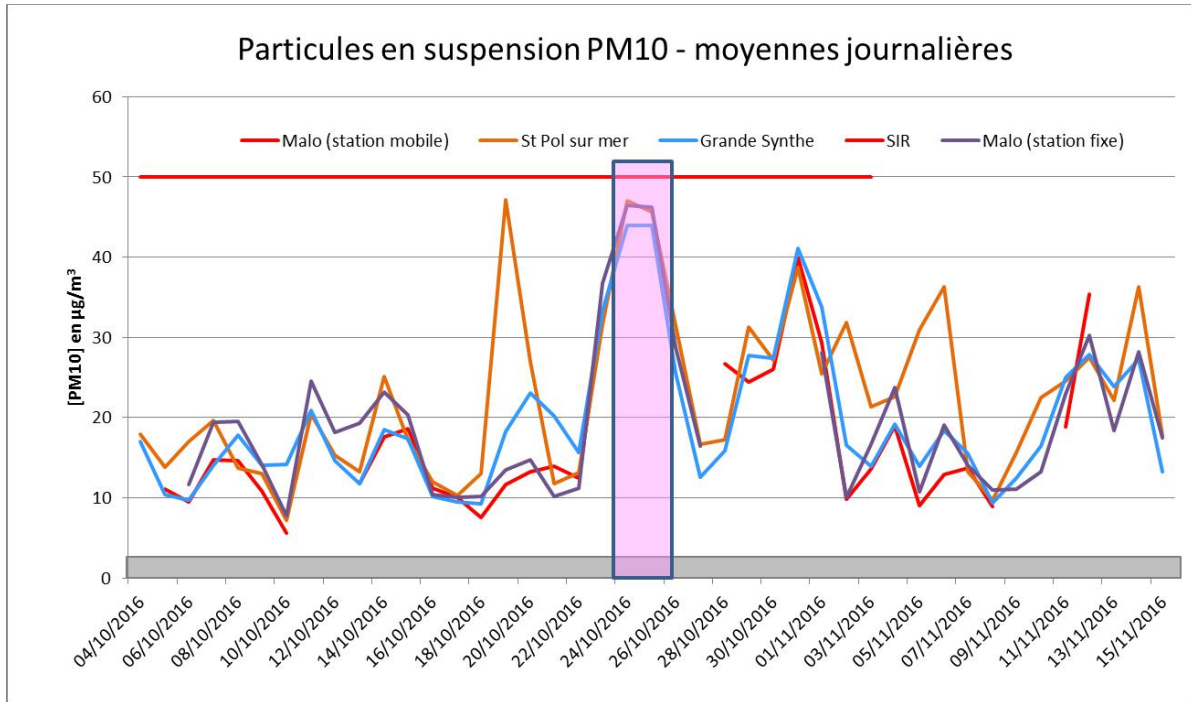
Concentration moyenne

Le taux de présence de données sur la station mobile au cours de la période est juste inférieur à 85%, ce qui ne permet pas de calculer la moyenne des mesures. Néanmoins, on peut voir que les mesures sont bien homogènes entre elles pour les 2 sites de Malo-les-bains et celui de Grande Synthe, St Pol étant marqué par des pointes nettement plus importantes. C'est le cas de la journée du 19 octobre avec une valeur horaire de $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 19h.

Valeurs réglementaires respectées à Malo pour les PM10

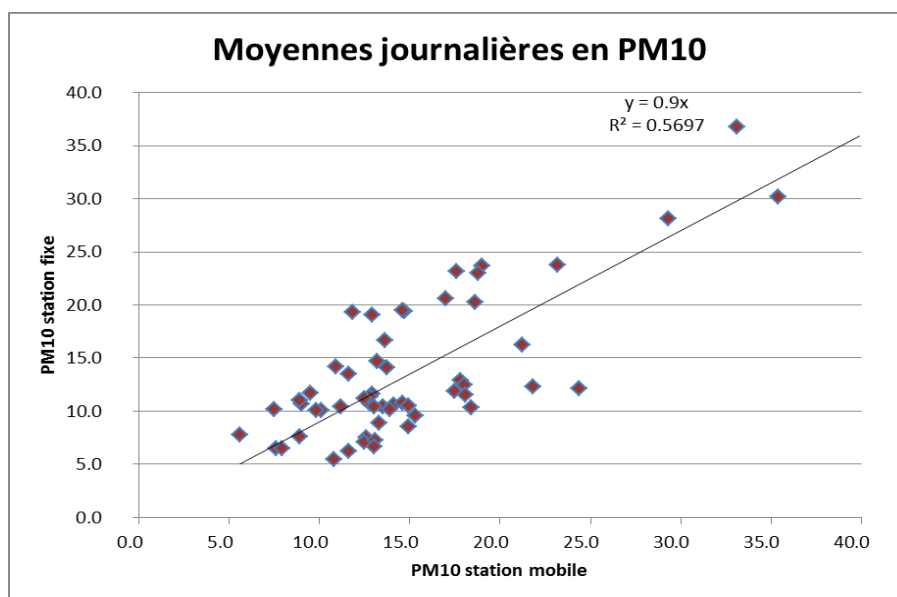
Moyenne journalière (graphes ci-après)

Sur la période, les moyennes journalières ne dépassent pas $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les 3 stations étudiées sur la zone de Dunkerque. Néanmoins, le seuil d'information et de recommandation a été franchi sur plusieurs stations de la région situées en région Lilloise et dans le bassin minier du 24 au 26 octobre ainsi que sur Mardyck (moyenne journalière mesurée de 51 et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 24 et 25 octobre). Les stations de Malo, St Pol et Grande Synthe affichaient une moyenne journalière de 46 , 47 et $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



☐ Représentativité du site

La représentativité de la station fixe est estimée en vérifiant si les mesures journalières obtenues sur les 2 sites évoluent de la même manière et de façon linéaire. La représentation en nuage de points permet de la visualiser aisément.



La droite de corrélation linéaire entre les 2 séries de mesures affiche une pente de 0,9. Ceci indique un écart moyen de 10% entre les concentrations des 2 sites, ce qui reste relativement faible. Mais les points sont fortement dispersés (coefficient de détermination de 0,57). La mesure PM10 effectuée au stade de la Licorne n'est donc pas bien représentée par la station fixe du lycée Angelier, pourtant distante de seulement 350m.

5.6. Les particules fines (PM2.5)

5.6.1. Concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne

Dans le tableau ci-après, sont résumés les résultats de la campagne de mesure pour les particules fines PM2,5.

Site de mesures		Influence de la mesure	Particules fines (PM2.5)
			Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Campagne 2016	Malo	Mobile	NR
	Malo	urbaine	10
	Cappelle	périurbaine	10
Année civile 2016	Malo	Mobile	/
	Malo	urbaine	11
	Cappelle	périurbaine	12
Valeurs réglementaires			25 (valeur limite)

« / » : Données non disponibles en raison de périodes de mesures différentes

NR : Non représentatif car moins de 85% des données sur la période considérée

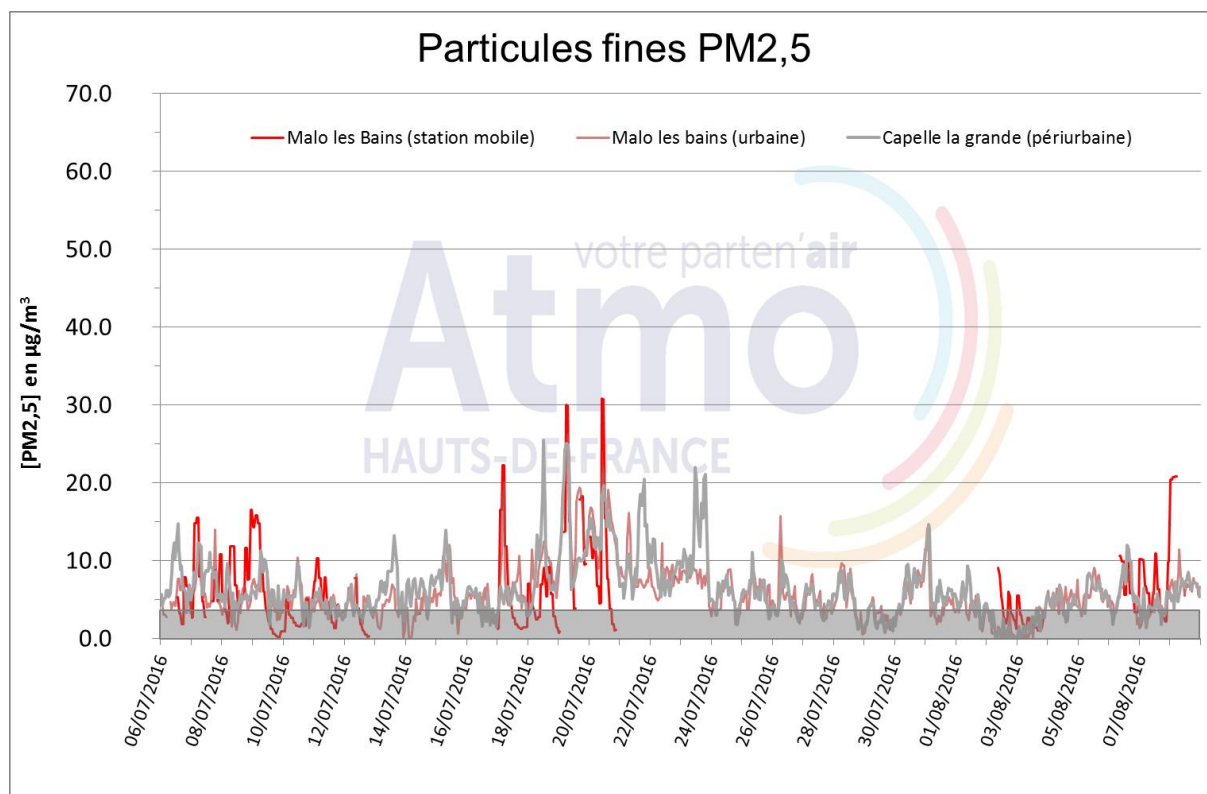
Avis et interprétation :

Sur la période d'étude correspondant à la totalité de la campagne, il n'y a que 69% de données exploitables, ce qui ne remplit pas la condition du taux de fonctionnement (85%). On ne peut donc pas évaluer le niveau annuel de particules fines du stade par rapport à celui de la station fixe. Pour les 2 sites fixes de Malo-les-bains et Cappelle la Grande, on voit que l'exposition moyenne est identique.

5.6.2. Evolution des concentrations par phase

Phase estivale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires des particules fines PM2.5 pour la station mobile de Malo et les stations fixes de Malo et Cappelle la Grande lors de la première phase de mesures (estivale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Malo	Mobile	NR
Malo	urbaine	6
Cappelle	périurbaine	6

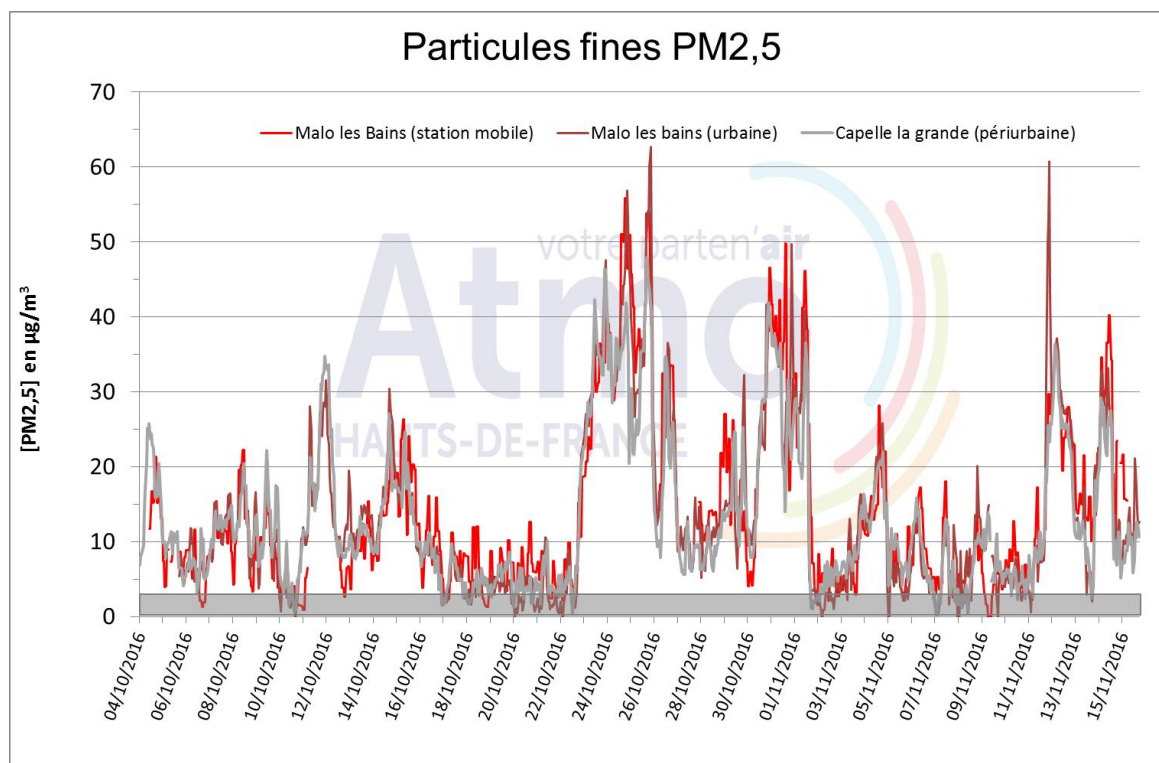
NR : Non représentatif car moins de 85% des données sur la période considérée

Avis et interprétation :

Il manque une forte proportion des mesures de particules fines du site mobile de Malo-les-bains, ce qui ne permet pas de classer ce site. Les mesures des concentrations moyennes horaires effectuées sur les stations fixes à Malo-les-bains et Cappelle la Grande montrent une bonne corrélation entre les 2 sites. Les concentrations sont faibles et présentent seulement quelques pics entre le 17 et le 20 juillet qui sont présents sur les 3 stations ainsi que sur les mesures PM10.

Phase hivernale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires des particules fines PM_{2,5} pour la station mobile de Malo-les-bains et les stations fixes de Malo-les-bains et Cappel la Grande lors de la deuxième phase de mesures (hivernale).



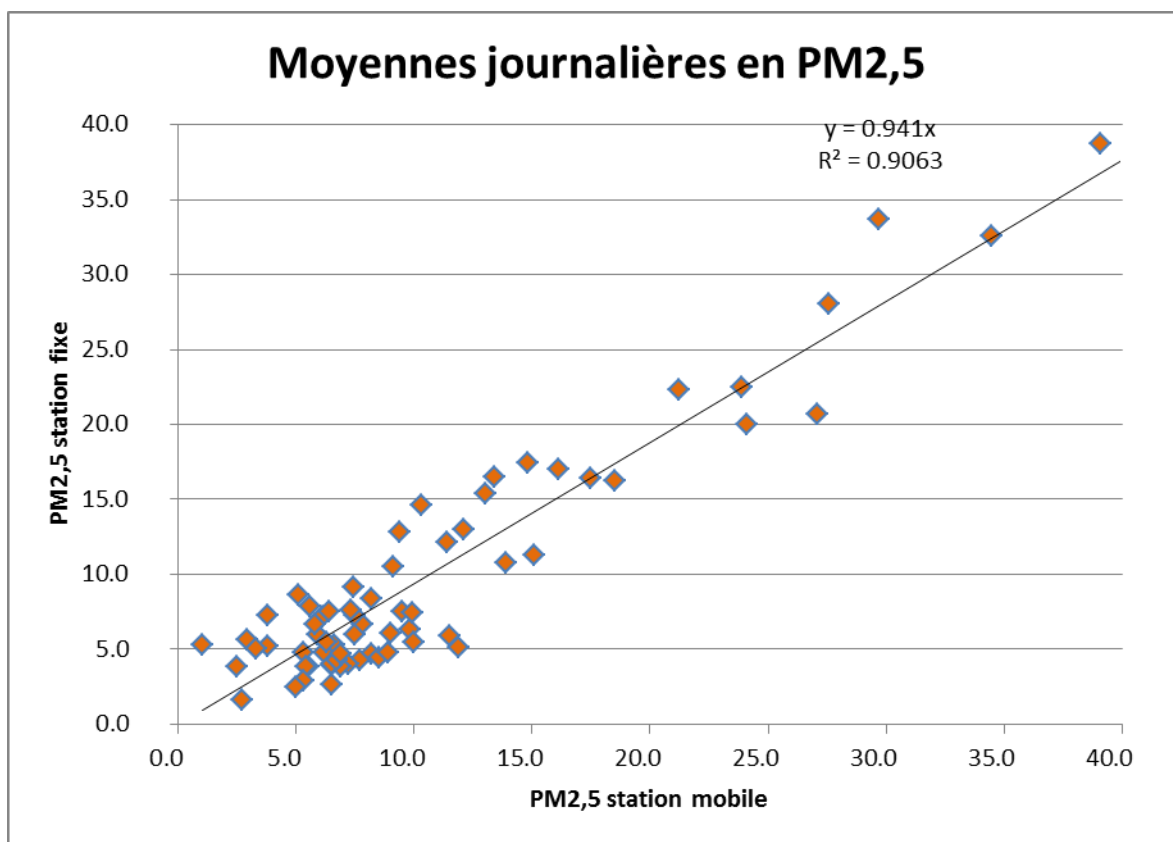
La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Malo	Mobile	14
Malo	urbaine	14
Cappelle	périurbaine	13

Avis et interprétation :

Les concentrations hivernales sont nettement plus élevées que les concentrations estivales. L'évolution des concentrations sur les 3 sites est bien homogène, ce qui se traduit par des concentrations moyennes identiques. On retrouve sur ce graphe des concentrations horaires plus élevées qui atteignent $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au moment de l'épisode de pollution du 24 au 26 octobre.

Représentativité du site



Le graphe présentant les moyennes journalières des particules fines enregistrées sur les 2 sites de Malo-les-bains montre un alignement satisfaisant des points et une pente proche de 1 (écart moyen de 6% entre les mesures des 2 sites). On peut dire que pour les particules fines, la zone proche du stade est bien représentée par la station fixe du lycée Angelier.

5.7. L'ozone (O₃)

5.7.1. Concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne

Dans le tableau ci-après, sont résumés les résultats de la campagne de mesure pour l'ozone.

			Ozone (O ₃)	
Site de mesures		Influence de la mesure	Concentration moyenne (µg/m ³)	Moyenne maximale sur 8 heures glissantes (µg/m ³)
Campagne 2016	Malo	mobile	42	135 le 19/07/2016 20 :00
	St Pol sur mer	urbaine	37	121 le 20/07/2016 20 :00
	Cappelle la Grande	périurbaine	37	114 le 20/07/2016 20 :00
	Sangatte	périurbaine	42	123 le 19/07/2016 19 :00
Année civile 2016	Malo	mobile	/	/
	St Pol sur mer	urbaine	44	121 le 20/07/2016 20 :00
	Cappelle la Grande	périurbaine	46	114 le 08/05/2016 18 :00
	Sangatte	périurbaine		123 le 19/07/2016 19 :00
Valeurs réglementaires			-	120 à ne pas dépasser en moyenne journalière sur 8 heures glissantes (objectif de qualité, à long terme)

« / » : Données non disponibles en raison de périodes de mesures différentes

Avis et interprétation :

Pour l'ensemble de la campagne 2016, la concentration moyenne obtenue en Ozone à Malo-les-bains est nettement supérieure à celle des stations fixes de Saint Pol sur mer et de Cappelle la Grande, installées plus loin du bord de la mer.

De même, le maximum en O₃ sur 8h est plus important à Malo-les-bains que sur les autres stations et il dépasse le seuil de 120 µg/m³, induisant le non-respect de l'objectif de qualité.

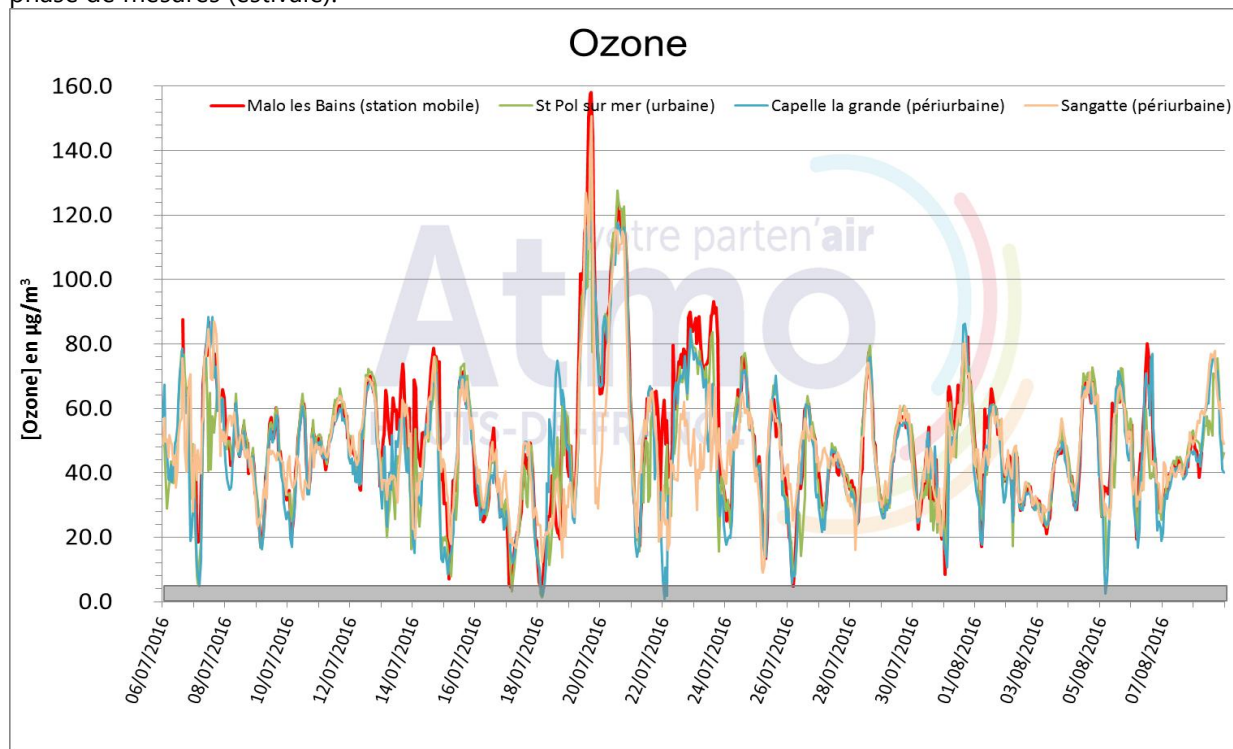
En revanche, la concentration moyenne en O₃ sur la campagne 2016 est identique à celle mesurée à Sangatte, station beaucoup plus éloignée mais située également en bord de la mer. Le maximum en O₃ sur 8h est obtenu en même temps sur ces 2 sites, ce qui révèle une similitude de comportement due à la proximité de la mer.

Valeurs réglementaires non respectées à Malo-les-bains pour l'O₃

5.7.2. Evolution des concentrations par phase

Phase estivale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires d'ozone (O₃) pour la station mobile de Malo et les stations fixes de St Pol sur mer, Cappel la Grande et Sangatte lors de la première phase de mesures (estivale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne (µg/m ³)	Maximum 8 heures glissantes (µg/m ³)
Malo	Mobile	50	135 le 19/07/2016 20 :00
St Pol sur mer	urbaine	47	121 le 20/07/2016 20 :00
Cappelle la Grande	périurbaine	46	114 le 20/07/2016 20 :00
Sangatte	périurbaine	47	123 le 19/07/2016 19 :00

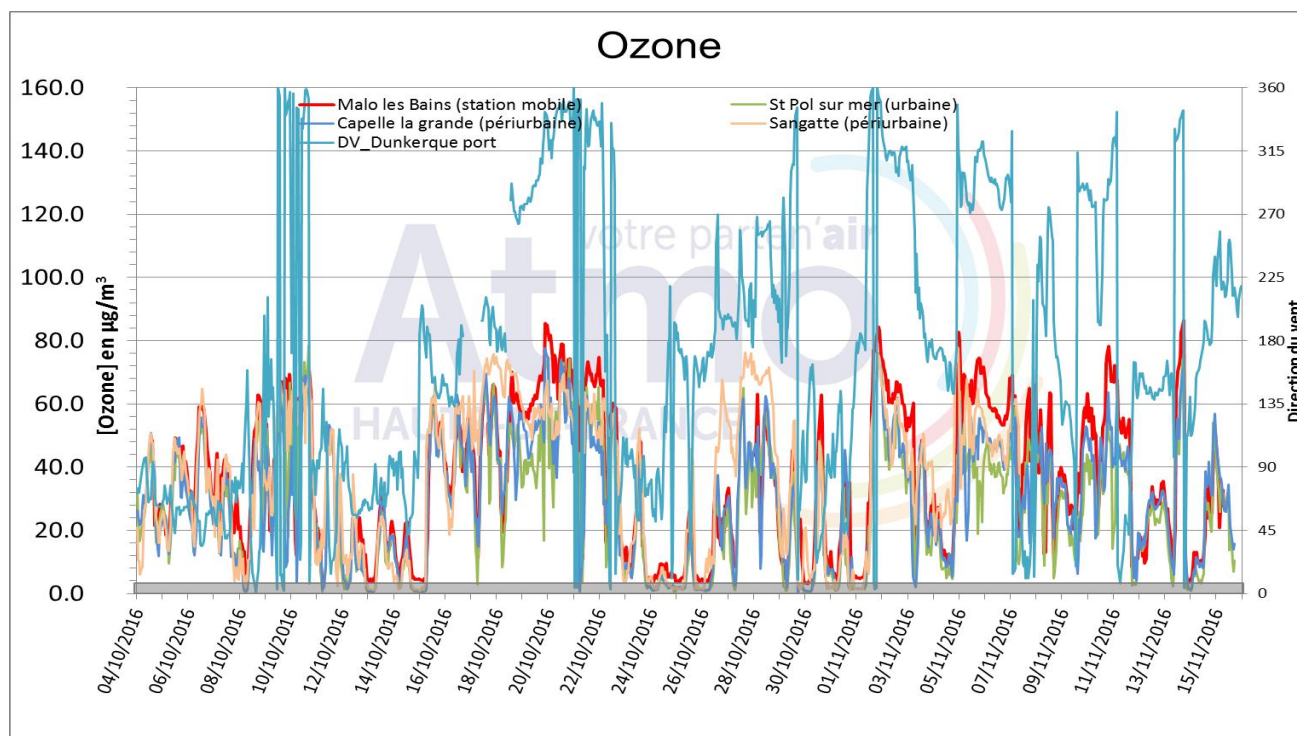
Avis et interprétation :

Sur la campagne estivale, les mesures réalisées à Malo sont nettement supérieures à celles des stations fixes de St Pol sur mer, de Cappel la Grande et de Sangatte. L'écart est même important pour le maximum horaire qui atteint 158 µg/m³ à Malo-les-bains le 19 juillet alors qu'ils ne valent que 132 et 118 µg/m³ à St Pol sur mer et Cappel la Grande (151µg/m³ à Sangatte). Le seuil de 120 µg/m³ en moyenne 8heures glissantes est dépassé pendant 7 heures à Malo-les-bains. On mesure quelques valeurs horaires plus élevées à Malo-les-bains entre le 13 et le 15 juillet puis du 22 au 23 juillet lorsque le vent passe au Nord. Il ramène alors sur terre des masses d'air contenant de l'ozone.

Valeurs réglementaires non respectées à Malo-les-bains pour l'O₃ durant la phase estivale

Phase hivernale

Le graphique ci-après montre l'évolution des concentrations moyennes horaires d'ozone (O_3) pour la station mobile de Malo-les-bains et les stations fixes de St Pol sur mer, Cappelle la Grande et Sangatte, avec la direction du vent lors de la deuxième phase de mesures (hivernale).



La bande grise sur le graphique correspond aux limites de la mesure de ce polluant (limites de détection des appareils). Les données situées dans cette bande grise sont moins significatives, mais restent néanmoins exploitables et sont prises en compte dans le calcul des moyennes.

Site de mesures	Influence de la mesure	Concentration moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum 8 heures glissantes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Malo	Mobile	36	81 le 20/10/2016 05 :00
St Pol sur mer	urbaine	28	71 le 02/11/2016 01 :00
Cappelle la Grande	périurbaine	30	69 le 02/11/2016 01 :00
Sangatte	périurbaine	NR	

NR : Non représentatif car moins de 85% des données sur la période considérée

Avis et interprétation :

La campagne hivernale montre, comme pour la campagne estivale, des mesures plus élevées à Malo-les-bains par rapport à St Pol sur mer et Cappelle la Grande. La concentration moyenne de la période obtenue à Malo est supérieure de 6 et 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par rapport aux 2 autres stations, ce qui est plus important qu'au cours de la campagne estivale. Cette supériorité se retrouve également au niveau de la valeur maximale 8heures qui est également supérieure aux autres. Néanmoins, l'objectif de qualité est respecté sur la période.

✓ Valeurs réglementaires respectées à Malo pour l' O_3 durant la phase hivernale

La comparaison des concentrations moyennes horaires obtenues à Malo-les-bains et Sangatte amène quelques observations. La rose des vents de la période hivernale indique une forte variabilité en direction des

vents. Les plus forts viennent du Nord-Ouest (entre 270 et 360 degrés), donc de la mer. Ces vents plus forts sont associés à des périodes pour lesquelles les concentrations les plus fortes sont enregistrées à Malo-les-bains (du 18 au 22 octobre et du 2 au 11 novembre). Lorsque le vent vient du quart Sud-Ouest, ce sont les concentrations de Sangatte qui sont les plus élevées. On voit donc que ces 2 sites de bord de mer sont soumis à une exposition plus forte à l'ozone par retour de ce polluant présent dans des masses d'air au-dessus de la mer.

6. Au regard des campagnes précédentes

Nous allons comparer ici les campagnes réalisées en 2006 et 2016.

En effet, en 2006 a eu lieu la campagne d'évaluation du site du lycée Angelier en vue de l'implantation de la station fixe. La campagne avait eu lieu du 27 mars au 18 avril 2006, soit 3 semaines de mesures. Les vents venaient du Sud Ouest et du Nord Ouest.

Quant à la campagne 2016, elle a eu lieu sur deux périodes estivale et hivernale : du 06/07 au 08/08/2016 et du 04/10 au 15/11/2016.

Pour faire cette comparaison, les résultats obtenus (moyenne sur les 3 semaines de campagne et maximum horaire) sont repris dans le tableau ci-après.

Année de la campagne	Site d'accueil	Moyenne / maximum horaire obtenus au cours des campagnes de mesures			
		NO ₂	Ozone	PM10	SO ₂
2006	lycée Angelier	24 / 81	60 / 96	19 / 57	7 / 72
2016	Lycée Angelier	Non mesuré	Non mesuré	15 / 74	- / 23
2016	Stade de la Licorne	15 / 70	42 / 158	16 / 61	- / 9

Pour le dioxyde d'azote NO₂

La concentration moyenne obtenue en 2016 est nettement inférieure à celle de 2006 obtenue sur seulement 3 semaines de mesures (donc non représentatives de l'année). Cependant, les moyennes de chaque période en 2016 (9 µg/m³ en été et 20 µg/m³ en hiver) sont de même inférieures à la moyenne de 2006. Egalement, les maxima mesurés en 2016 sont plus faibles que la valeur de 2006. Ainsi, une baisse des immissions en NO₂ entre 2006 et 2016 est fort probable.

Pour l'ozone O₃

Les mesures d'ozone ne peuvent pas être comparées car la campagne de 2006 a eu lieu en avril donc à une période non propice à la formation de l'ozone en forte quantité, d'où un maximum modéré. D'autre part, il y avait beaucoup de vents forts qui causent une redescende d'ozone depuis la haute atmosphère, ce qui augmente la valeur moyenne.

Pour les particules en suspension PM10

Les résultats des particules en suspension sont difficilement comparables car la méthode de mesure a évolué à partir de 2007 pour prendre en compte une plus large fraction des particules. Malgré cette modification, les

paramètres 2016 sont plus faibles que ceux de 2006. On peut penser là aussi à une baisse des immissions en particules PM₁₀.


Pour le dioxyde de soufre SO₂


Les mesures de SO₂ menées en 2016 ne font apparaître aucun pic alors qu'en 2006, quelques pics certes peu importants, ont été mesurés sur le site du lycée. Cette absence de pics ainsi qu'une moyenne non quantifiable suggère une diminution des émissions de SO₂ depuis le complexe industriel de Dunkerque.

7. Conclusion et perspectives

Dans le cadre de son Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQA) 2011-2015, l'association Atmo Hauts-de-France a réalisé en 2016 une campagne de mesures de la pollution atmosphérique sur la commune de Malo-les-Bains afin de vérifier la représentativité spatiale de la station existante depuis 2007. Une station mobile a ainsi été installée au stade de la Licorne avenue des Sports, à raison de 2 périodes de mesures de 4 semaines chacune, du 6 juillet au 8 août 2016 puis du 4 octobre au 15 novembre 2016 ; les 2 stations sont distantes de 350 mètres.

Rappelons que la station fixe mesure habituellement le dioxyde de soufre, les particules PM_{10} et $PM_{2,5}$ mais pour répondre aux attentes de cette étude, les oxydes d'azote et l'ozone ont également été mesurés. Ils sont comparés aux mesures venant des stations de Saint Pol sur mer, Grande Synthe, Cappelle-la-Grande et Sangatte.

- 
- En résumé sur cette étude, nous pouvons constater ce qui suit :**
- *La période estivale a été favorable à la dispersion des polluants tandis que la période hivernale a fait l'objet d'un épisode de pollution par les particules sur la région. Au cours de la période estivale, les vents étaient orientés au Sud-Ouest tandis qu'ils étaient plus variés au cours de la seconde période. Les vents d'Est ont été rares, ce qui ne permet pas de voir un éventuel impact des sites industriels des Dunes.*
 - *Les mesures de dioxyde de soufre SO_2 s'avèrent très faibles sur les 2 sites et ne mettent en évidence aucun impact industriel. La mesure de ce polluant est d'ailleurs arrêtée en 2017.*
 - *Les mesures de dioxyde d'azote NO_2 depuis la station mobile de Malo-les-Bains (stade de la Licorne), montrent qu'elles se rapprochent davantage de la station périurbaine de Cappelle-la-Grande située à l'extérieur de l'agglomération Dunkerquoise, que de la station de Saint Pol sur mer. On peut voir par moment le balayage des polluants lorsque le vent vient de la mer.*
 - *A l'inverse, la proximité de la mer a un aspect néfaste au niveau de l'ozone. Par vent de Nord, les concentrations sont plus élevées à Malo-les-Bains que sur les autres stations de la zone et l'objectif de qualité sur 8h n'est pas rempli au cours de cette campagne.*
 - *La représentativité des mesures en PM_{10} est moyenne. Les valeurs moyennes journalières, des 2 stations de Malo-les-Bains sont différentes au cours de la période estivale lorsque les concentrations sont faibles (par vent de Sud-Ouest), mais elles se rapprochent en octobre. Dans l'ensemble, un écart moyen de 10% est observé. Pour les particules fines $PM_{2,5}$, cet écart est plus faible puisqu'il descend à 6% avec une meilleure correspondance entre les 2 sites. Les particules fines proviennent davantage du trafic routier, ce qui tend à homogénéiser les concentrations sur l'agglomération car les sources sont plus diffuses.*



Enfin, cette campagne de 2016 montre que la représentativité de la station fixe pour la zone côtière de Malo-les-Bains n'est pas excellente pour l'ozone et les PM_{10} car la proximité de la mer vient perturber la présence des polluants. Elle est meilleure pour les $PM_{2,5}$. Les mesures obtenues dans la zone de Malo-les-Bains correspondent à une typologie urbaine influencée par la proximité de la mer. En 2018, la mesure des PM_{10} sera arrêtée et remplacée par la modélisation urbaine.

Annexes

Annexe 1 : Glossaire

µg/m³ : microgramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ milligramme}$ de polluant par mètre cube d'air.

µm : micromètre. $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 0,001 \text{ millimètre}$.

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air.

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

Anthropique : Relatif à l'activité humaine. Qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme.

As : arsenic.

B(a)P : benzo(a)pyrène

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

Cd : cadmium.

Concentration : la concentration d'un polluant représente la quantité du composé présent dans l'air et s'exprime en masse par mètre cube d'air. Les concentrations des polluants caractérisent la qualité de l'air que l'on respire.

Conditions de dispersion : ensemble de conditions atmosphériques permettant la dilution des polluants dans l'atmosphère et donc une diminution de leurs concentrations (vent, température, pression, rayonnement...).

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

Emissions : rejets d'effluents gazeux ou particulaires dans l'atmosphère issus d'une source anthropique ou naturelle (exemple : cheminée d'usine, pot d'échappement, feu de bioamasse...).

Episode de pollution : période pendant laquelle la procédure d'information et d'alerte a été déclenchée traduisant le dépassement du niveau d'information et de recommandations voire du niveau d'alerte pour l'un ou plusieurs des polluants suivants : SO₂, NO₂, O₃ et PM10.

Immissions : Concentrations des polluants présents dans l'atmosphère après leurs émissions, leurs transformations et leurs dispersions.

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air.

mg/m³ : milligramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \text{ mg}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ g}/\text{m}^3 = 0,001 \text{ gramme}$ de polluant par mètre cube d'air.

Moyenne 8 heures glissantes : Moyenne calculée à partir des 8 dernières moyennes horaires toutes les heures. Le pas de temps est égal à 1 heure et l'intervalle est de 8 heures.

ng/m³ : nanogramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \text{ ng/m}^3 = 0,000001 \text{ mg/m}^3 = 0,000001 \text{ milligramme}$ de polluant par mètre cube d'air.

Ni : nickel.

NO₂ : dioxyde d'azote.

NO_x : oxydes d'azote.

O₃ : ozone.

Pb : plomb.

PM10 : particules en suspension de taille inférieure ou égale à 10 µm.

PM2.5 : particules en suspension de taille inférieure ou égale à 2,5 µm.

Polluant primaire : polluant directement émis par une source donnée.

Polluant secondaire : polluant non émis directement, produit de la réaction chimique entre plusieurs polluants présents dans l'atmosphère.

PRSQA : Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air.

SO₂ : dioxyde de soufre.

TSP : Total Suspended Particles soit Particules totales en suspension qui correspondent aux particules jusque 40 µm environ

Annexe 2 : Origines et impacts des polluants surveillés

Le dioxyde de soufre (SO₂)

66

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore issu de la combustion de combustibles fossiles contenant du soufre (charbon, fioul, gazole).



Les sources principales sont les installations de chauffage individuel et collectif (chaufferies), les véhicules à moteur diesel, les centrales thermiques, certaines installations industrielles. Le SO₂ est aussi produit naturellement (éruptions volcaniques, feux de forêts).

Il irrite les muqueuses, la peau et les voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire). Il agit en synergie avec d'autres substances, notamment les particules fines. Ses effets peuvent être amplifiés par le tabagisme.

Il participe au phénomène des pluies acides perturbant voire détruisant les écosystèmes fragiles. Il peut également acidifier les sols et les océans. Il contribue à la dégradation de la pierre et des matériaux des monuments.

99

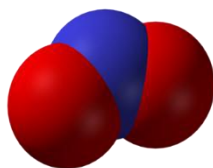
Les oxydes d'azote (NO_x)

66

Les oxydes d'azote représentent les formes oxydées de l'azote, les principaux sont le dioxyde d'azote (NO₂) et le monoxyde d'azote (NO).



Ils proviennent de la combustion de combustibles fossiles et de procédés industriels (fabrication d'engrais, traitement de surface etc.). Les principaux émetteurs sont le transport routier et les grandes installations de combustion, ainsi que les feux de forêts, les volcans et les orages.



Le NO₂ est un gaz très toxique (40 fois plus que le monoxyde de carbone et quatre fois plus que le monoxyde d'azote). Il pénètre profondément dans les poumons et irrite les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Les NO_x participent au phénomène des pluies acides et à l'accroissement de l'effet de serre.

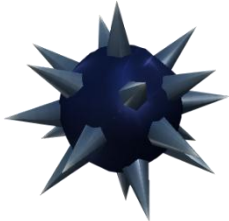
99

Les particules en suspension :

PM10 et PM2.5

66

Les particules en suspension varient en fonction de la taille, des origines, de la composition et des caractéristiques physico-chimiques. Les particules fines PM10 et PM2.5 ont un diamètre respectivement inférieur à 10 micromètres (μm) et à 2,5 μm . Elles sont d'origine naturelle ou d'origine humaine.



Les particules PM10 proviennent essentiellement du chauffage au bois, de l'agriculture, de l'usure des routes, des carrières et chantiers BTP. Les PM2.5 proviennent essentiellement des transports routiers et du chauffage au bois.

Plus les particules sont fines, plus elles pénètrent profondément dans les voies respiratoires. Les PM2.5 ont ainsi un impact sanitaire plus important que les PM10.

Elles peuvent irriter et altérer la fonction respiratoire. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes du fait de leur persistance à adsorber des polluants et les métaux lourds.

Les effets de salissure des bâtiments et monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes. Certaines particules contribueraient au réchauffement climatique.

99

Black Carbon

66

Appelé également carbone de suie, le black carbon est un composant des particules en suspension. Il est produit lorsque les combustibles d'origines fossile (charbon, fioul lourd) et biomassique (bois, granulés) ne sont pas brûlés complètement.

Les principales sources du black carbon sont les moteurs à combustion et la combustion du secteur résidentiel, des centrales thermiques et des déchets agricoles.

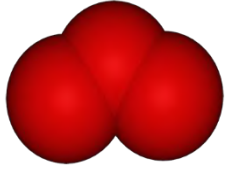
Il est majoritairement présent dans les particules fines (particules PM2.5 et particules PM1), contribuant ainsi à l'irritation de l'appareil respiratoire. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes. Le black carbon est un « forcé climatique » car il absorbe des rayonnements lumineux et contribue au réchauffement de l'atmosphère en provoquant des pics de chaleur de courte durée.

99

L'ozone (O₃)

66

L'ozone est un polluant secondaire qui se forme à partir de polluants primaires émis par différentes sources de pollution (trafic automobile, activités résidentielle et tertiaire, industries) sous l'effet du rayonnement solaire.



Ainsi, les niveaux moyens relevés en ozone sont généralement plus élevés au printemps et les pics de concentrations s'observent en juillet-août. Les concentrations sont minimales en début de matinée et maximales en début d'après-midi.

On distingue l'ozone stratosphérique (altitude de 10 à 60 km) qui forme la couche d'ozone protectrice contre les UV du soleil et l'ozone troposphérique (0 à 10 km) qui devient un gaz agressif en pénétrant facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque toux, altération pulmonaire ainsi que des irritations oculaires.

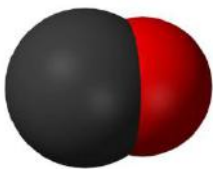
L'ozone a un effet néfaste sur la végétation (rendement des cultures, respiration des plantes) et sur certains matériaux (caoutchouc). Il contribue également à l'effet de serre.

99

Le monoxyde de carbone (CO)

66

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et inflammable. Il provient de la combustion incomplète de combustibles et des carburants due à des installations de chauffage mal réglées.



Il est essentiellement présent dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles. Ses émissions peuvent provenir d'un mauvais fonctionnement d'un appareil de chauffage et conduire à des teneurs très élevées dans les habitations.

Le monoxyde de carbone se fixe sur l'hémoglobine du sang à la place de l'oxygène, et conduit à un manque d'oxygénation. Les organes les plus sensibles sont le cerveau et le cœur. L'inhalation de CO entraîne des maux de tête et des vertiges, puis l'augmentation de sa concentration aggrave les symptômes (nausées, vomissements) pouvant conduire à la mort.

Ce gaz participe à l'acidification de l'air, des sols et des cours d'eau. Il contribue à la formation de l'ozone troposphérique. Il se transforme aussi en dioxyde de carbone, l'un des gaz responsables de l'effet de serre.

99

Les métaux lourds

66

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement en très faibles quantités. Ils proviennent de la combustion du charbon, du pétrole, des ordures ménagères et de certains procédés industriels.

Les métaux s'accumulent dans l'organisme et provoquent des effets toxiques à court et/ou long terme selon la durée de l'exposition, la concentration et la nature du composé métallique. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires et digestives. Certains éléments métalliques comme le nickel sont reconnus cancérigènes.

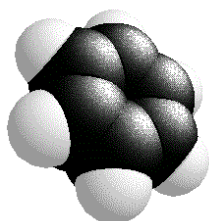
Les métaux contaminent les sols et les aliments. Ils s'accumulent dans les organismes vivants tout au long de la chaîne alimentaire et perturbent les mécanismes biologiques.

99

Les composés organiques volatils : benzène (C₆H₆)

66

Le benzène est l'un des composés les plus nocifs de la famille des composés organiques volatils (COV).



Il est naturellement émis par les volcans et les feux de forêts, et en intérieur son émission est due à la combustion du bois dans les petits équipements domestiques.

Utilisé dans les carburants en remplacement du plomb ou dans l'industrie chimique, il peut être issu de l'évaporation lors du stockage et de la distribution des carburants, de l'évaporation à partir des moteurs ou des réservoirs et, se ressentir, de façon diffuse, aux abords d'industries chimiques.

L'inhalation du benzène peut provoquer des troubles neuropsychiques : irritabilité, diminution des capacités d'attention et de mémorisation, syndrome dépressif et troubles du sommeil. Des troubles digestifs, tels que nausées et vomissements peuvent être observés. De plus, le benzène est connu pour avoir des propriétés cancérigènes (leucémie).

Les COV jouent un rôle majeur dans les mécanismes complexes de formation de l'ozone dans la troposphère et interviennent dans les processus de formation des gaz à effet de serre.

99

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : benzo(a)pyrène

66

Les HAP sont des composés formés de 4 à 7 noyaux aromatiques. Ils sont générés sous forme gazeuse ou particulaire par la combustion incomplète de combustibles fossiles et de biomasse. Le plus étudié est le benzo(a)pyrène : B(a)P.

Leur origine peut être naturelle (feux de forêt, éruption volcanique, matière organique en décomposition) ou d'origine humaine (chauffage au bois essentiellement).

Les HAP provoquent des irritations et une diminution de la capacité respiratoire. Le benzo(a)pyrène est considéré comme traceur du risque cancérigène lié aux HAP dans l'air ambiant. Il présente également un caractère mutagène, pouvant entraîner une diminution de la réponse du système immunitaire qui augmente les risques d'infection.

Certains HAP contaminent les sols, l'eau et les aliments, et génèrent du stress oxydant dans les organismes vivants.

99

Annexe 3 : Modalités de surveillance

Les stations de mesures

En 2016, la région Hauts-de-France comptait **62 sites de mesures fixes de la qualité de l'air** (cf. site atmo-hdf.fr³) et **7 stations mobiles**.

Station fixe

Par définition, une station de mesures fixe fournit des informations sur les concentrations de polluants atmosphériques sur un même site en continu ou de manière récurrente.

Station mobile

La station mobile mesure également des concentrations de polluants atmosphériques et des paramètres météorologiques mais de manière ponctuelle et sur différents sites. Autrement dit, elle constitue un laboratoire de surveillance de la qualité de l'air amené à être déplacé sur l'ensemble de la région pour répondre à des campagnes de mesures ponctuelles, en complément de la mesure en continu de la qualité de l'air par le dispositif de mesures fixe.



Critères d'implantation des stations fixes

Chaque station de mesures vise un objectif de surveillance particulier. Selon cet objectif et en application des recommandations⁴ du [LCSQA](http://www.lcsqa.org) (Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air) et de la Fédération Atmo, elle doit respecter des critères d'implantation en lien avec sa classification, mais aussi :

- la métrologie (bonnes conditions de dispersion des polluants, absence d'obstacle, alimentation électrique, accès pour les techniciens...);
- la sécurité de la population (la station ne doit pas gêner ni mettre en danger la population);
- une exposition de la population la plus représentative (installation du site dans une zone à forte densité de population, absence de source de pollution très locale).

*Les stations fixes sont classées selon l'environnement d'implantation : station **urbaine**, station **périurbaine** ou station **rurale** (proche d'une zone urbaine, régionale ou nationale).*

*Ensuite, chaque mesure réalisée dans la station (c'est-à-dire chaque polluant suivi) est classée selon le type d'influence prédominante : **mesure sous influence industrielle**, **mesure sous influence trafic** ou **mesure de fond** (mesure n'étant pas sous l'influence d'une source spécifique).*

³ <http://www.atmo-hdf.fr/accéder-aux-données/mesures-des-stations.html>

⁴ Guide de recommandations du LCSQA et de la Fédération Atmo, *Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air*, Février 2017. <http://www.lcsqa.org/rapport/2016/imt-ld-ineris/guide-methodologique-stations-francaises-surveillance-qualite-air>

Techniques de mesures

Afin de mesurer les concentrations des polluants atmosphériques, les stations sont équipées de matériels spécifiques. En fonction des polluants étudiés, différentes techniques de mesures peuvent être utilisées.

Mesures avec analyse directe

Ces mesures sont effectuées par **des analyseurs** qui fournissent les concentrations des polluants 24h/24h, selon un pas de temps défini de 10 secondes à 15 minutes. Ces mesures permettent de suivre **en temps réel** les concentrations en polluants PM10, PM2.5, CO, NO_x, SO₂, O₃, etc. et d'identifier d'éventuels pics de pollution. Elles nécessitent l'installation, au sein d'une station de mesure fixe ou mobile régulée en température et en tension, d'un dispositif de mesures comprenant en plus des analyseurs, des têtes de prélèvement, des lignes de prélèvements, une station d'acquisition de mesure et un modem.

Les **oxydes d'azote** sont ainsi analysés dans l'air ambiant par chimiluminescence (norme NF EN 14211).

Pour les **particules (PM10 et PM2.5)**, les méthodes utilisées (conformes à la NF EN 16450) sont équivalentes à la méthode de référence par pesée gravimétrique (normes NF EN 12341 pour les PM10 et NF EN 14907 pour les PM2.5). Ces méthodes sont :

- la microbalance par évaluation de la variation d'une fréquence de vibration du quartz,
- la jauge radiométrique bêta basée sur la variation de l'absorption d'un rayonnement beta.

La mesure du **monoxyde de carbone** se fait par absorption infrarouge (norme NF EN 14626).

L'analyse du **dioxyde de soufre** s'effectue par fluorescence du rayonnement ultraviolet (norme NF EN 14212).

L'**ozone** est mesuré par photométrie ultraviolet (norme NF EN 14625).

Mesures avec analyse différée

Le prélèvement actif

Ces mesures sont réalisées en deux étapes : d'une part, le prélèvement sur support (filtre, mousse...) par des **préleveurs actifs** (aspiration d'un volume d'air), puis une **analyse en laboratoire**. Une alimentation électrique est nécessaire 24h/24h au bon fonctionnement de l'appareil de mesure. Une valeur moyenne est calculée pour la période de mesure (en général, les prélèvements ont lieu sur des périodes de 1 à 7 jours). Les fluctuations des concentrations sur une période plus fine, par ce biais, ne sont pas mises en évidence. De plus, le résultat n'est pas obtenu immédiatement, car il nécessite une analyse en laboratoire. Ce principe permet d'analyser de nombreux polluants : les métaux lourds (norme NF EN 14902), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (norme NF EN 15549), les dioxines, les furanes, les polychlorobiphényles dioxin like (PCB DL), les pesticides, le carbone élémentaire, les ions inorganiques, le levoglucosan etc.



Le prélèvement passif

Ces mesures sont réalisées en deux étapes : d'une part, **le prélèvement passif (sans aspiration de l'air forcée) sur un support** (tubes, jauges...) puis une **analyse en laboratoire**. Cette technique repose sur les mouvements naturels de l'air, sans aspiration mécanique. Elle permet d'obtenir une concentration moyenne sur une période (de quelques heures à plusieurs semaines).

Ces techniques peuvent être de plusieurs types :

- par **tubes passifs** : les polluants sont piégés au passage de l'air par simple diffusion moléculaire sur un milieu absorbant ou adsorbant en fonction de la nature du polluant. Cette méthode permet de mesurer divers polluants : dioxyde d'azote, aldéhydes, ammoniac, composés organiques volatils, BTEX etc.
- par **jauge Owen** : les poussières sédimentables sont collectées dans un grand flacon (retombées sèches par sédimentation ou humides par les précipitations). L'analyse de ces poussières permet de rechercher une grande diversité de polluants, dont les métaux, les dioxines, les furanes et les polychlorobiphényles dioxin like.



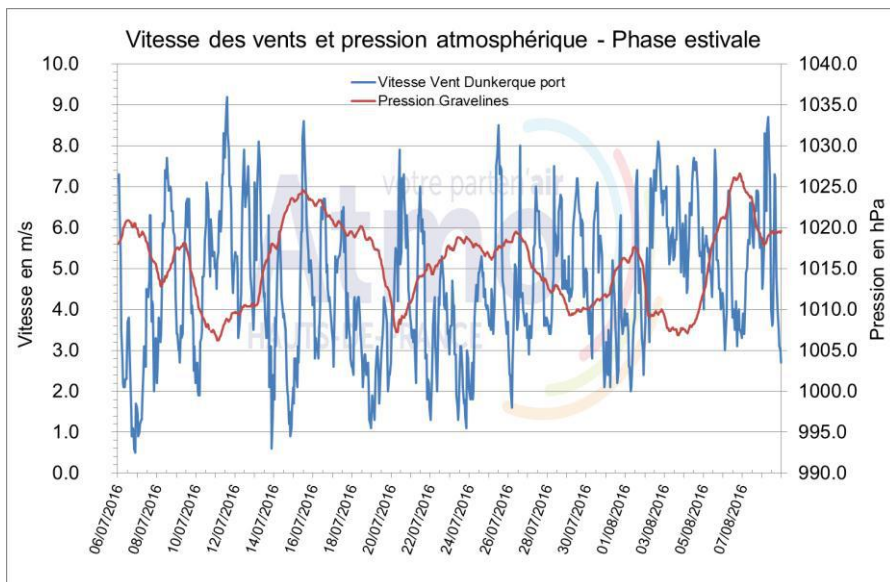
Atmo Hauts-de-France sous-traite les analyses à des laboratoires évalués et sélectionnés chaque année par ses soins à partir de cahiers des charges élaborés suivants des critères normatifs et réglementaires et tarifaires.

Annexe 4 : Météorologie

Vents et pression

Les graphes suivants représentent les vitesses de vent issues de la station de Dunkerque port au cours des périodes de mesure

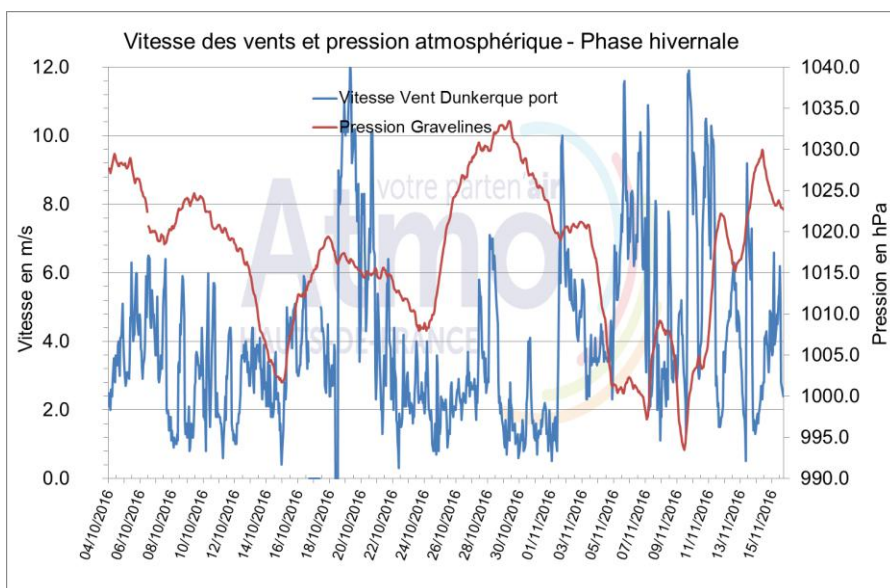
Phase estivale



Journées
tempétueuses de la
période estivale

**Pas de jours de
tempête mais vent
soutenu au cours
du mois**

Phase hivernale :



Journées
tempétueuses de la
période hivernale

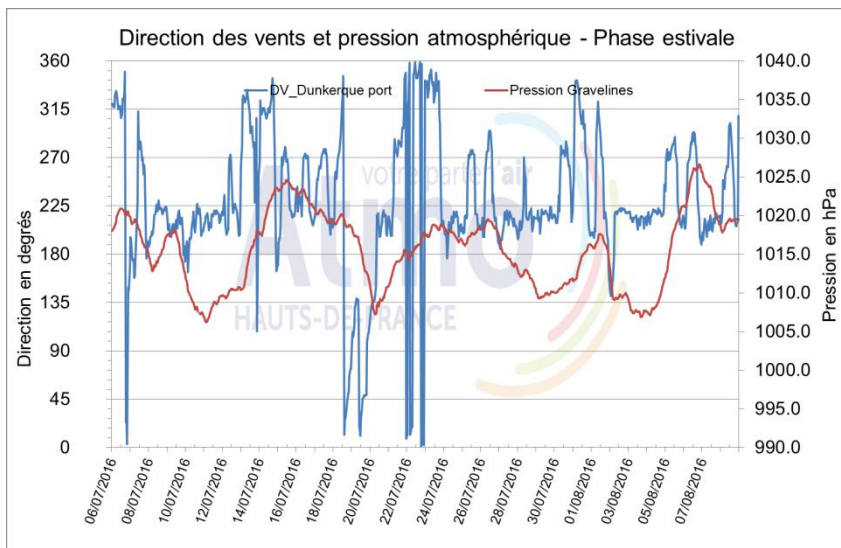
**18 au 20 octobre
1 novembre
7 et 9 novembre**

La période estivale se caractérise par des vents soutenus tandis que la période hivernale est très calme jusqu'au 4 novembre avant une période de perturbations

Direction du vent

Les graphes suivants représentent les directions de vent issues de la station de Dunkerque port au cours des périodes de mesure

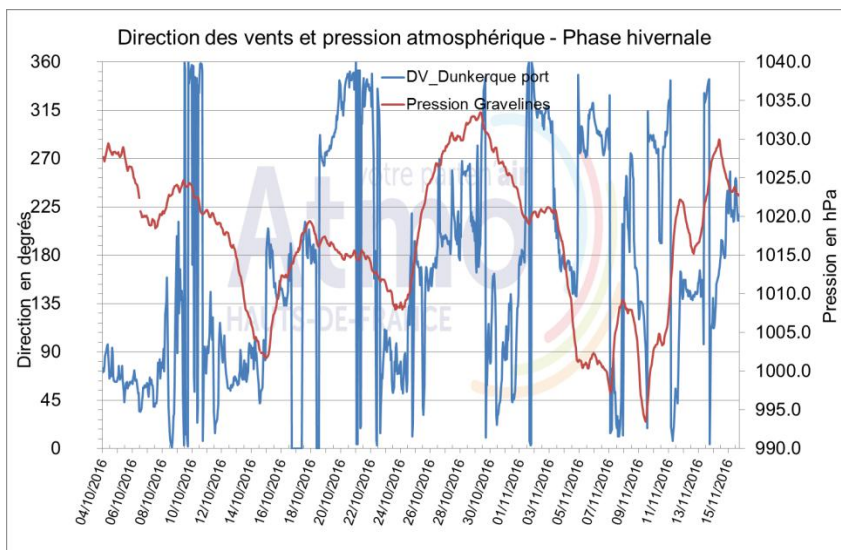
Phase estivale



Vents principalement orientés du Sud-Ouest à l'Ouest

Pas de fortes variations de la pression

Phase hivernale



Fréquents changements de vent

Période dépressionnaire les 7 et 9 novembre

La période estivale se caractérise par des vents soutenus tandis que la période hivernale est davantage soumise à des vents plus faibles

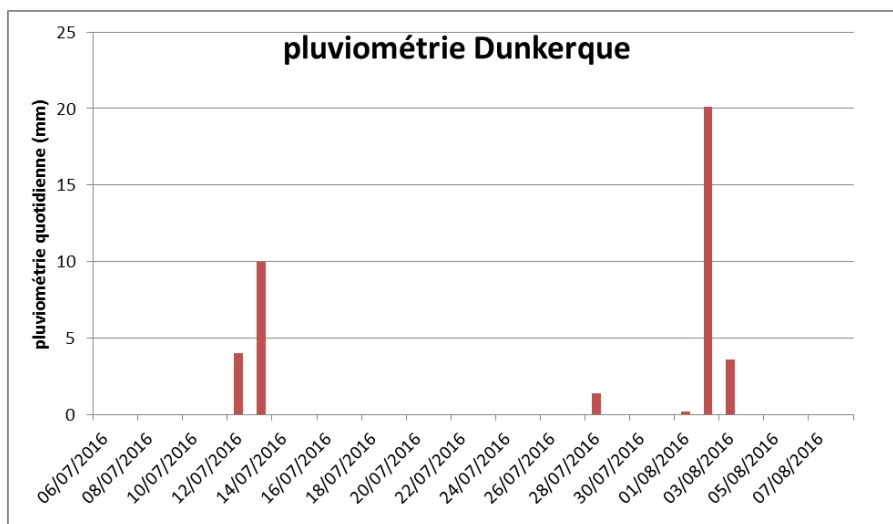
Précipitations

Les graphes suivants représentent les précipitations obtenues depuis la station Météo France de Dunkerque sur les périodes de mesure.

Phase estivale

Jours les plus pluvieux de la période estivale à Dunkerque

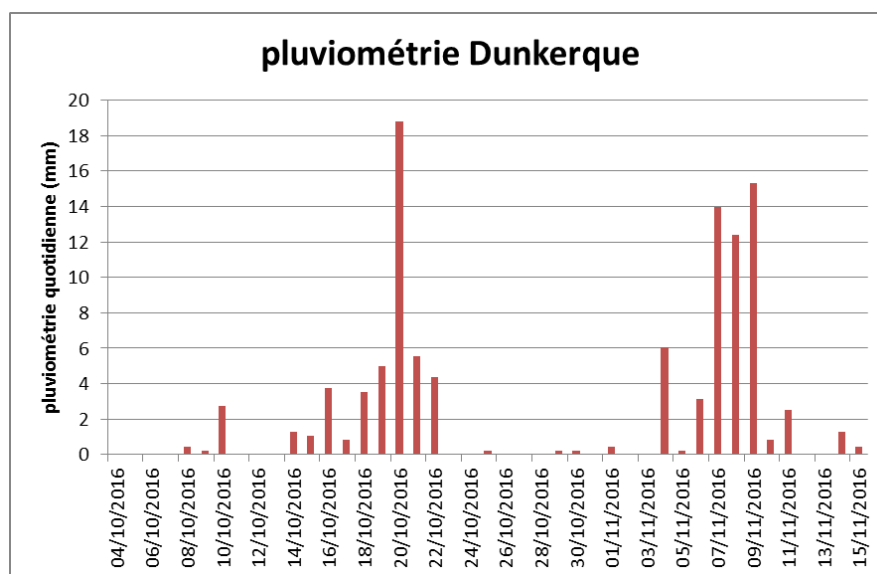
13 juillet
2 août



Phase hivernale

Jours les plus pluvieux de la période hivernale

Du 16 au 22 octobre
4 novembre
7 au 9 novembre

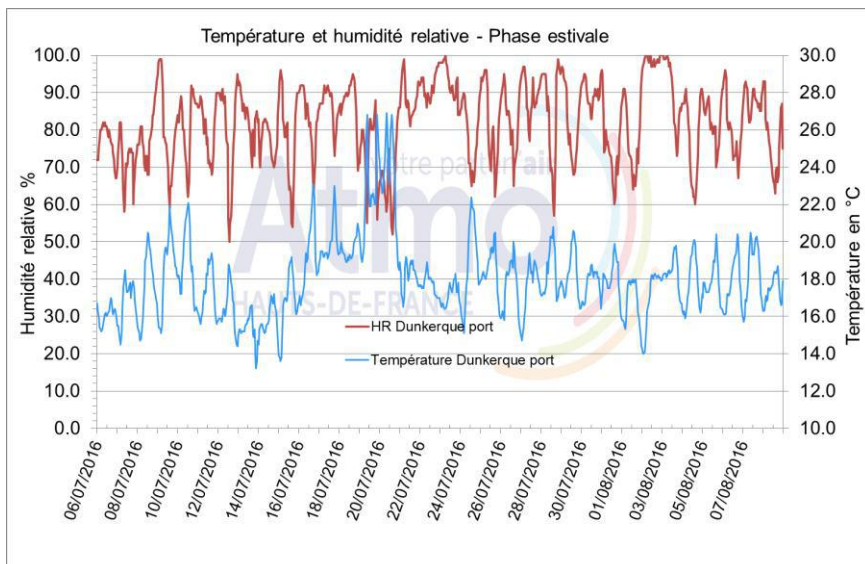


Peu de pluies en juillet et début août donc pas de lessivage à attendre. La pluviométrie a été plus importante au cours de 2 périodes en octobre et novembre, ce qui pourra favoriser le lessivage des polluants.

Températures

Les graphes suivants représentent les températures obtenues depuis la station fixe de Dunkerque port sur les périodes de la campagne.

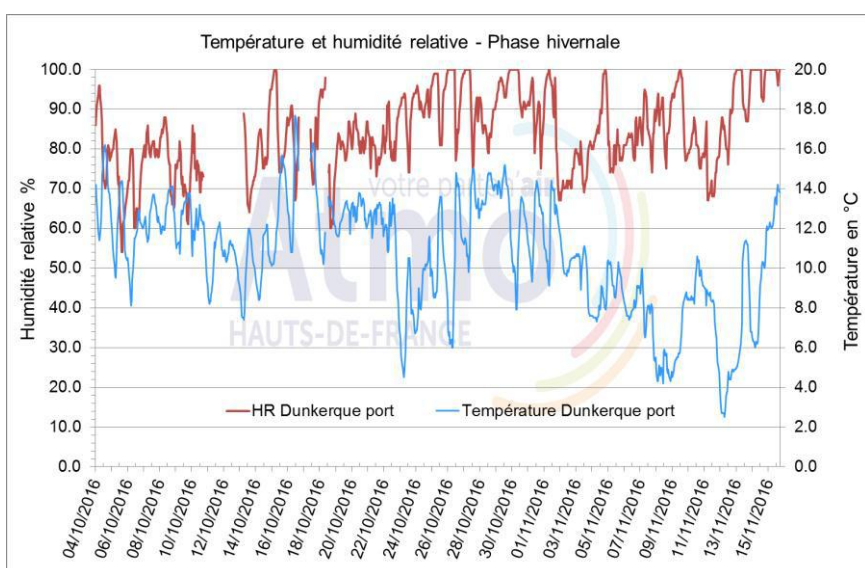
Phase estivale



Jours les plus chauds
de la période à
Dunkerque

19 et 20 juillet

Phase hivernale



Jours les plus froids de
la période à
Dunkerque

**23 octobre (4,7°C)
12 novembre (2,7°C)**

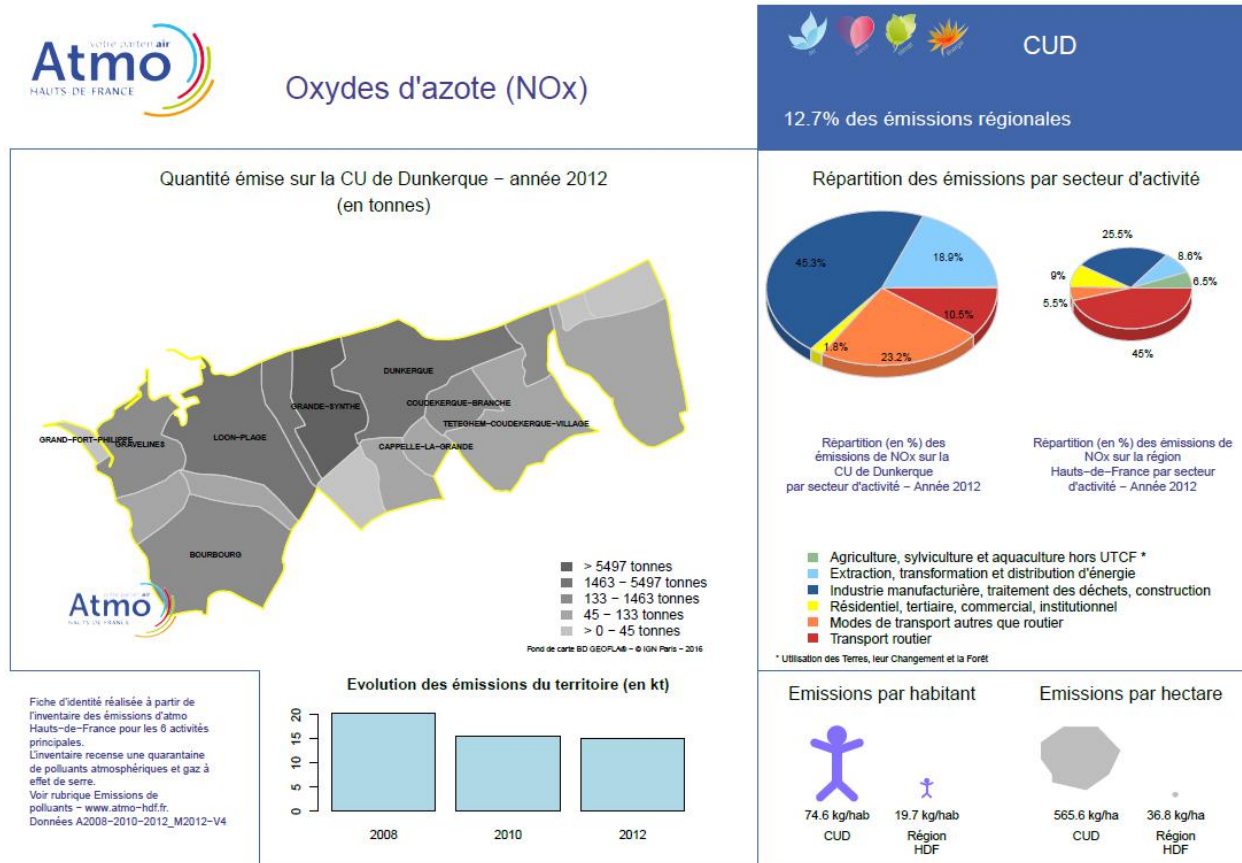
Très peu de fluctuations de la température au cours des 2 périodes de mesures. Seulement un léger rafraîchissement à partir du 7 novembre

Annexe 5 : Fiches des émissions de polluants

Les émissions totales représentées ne prennent pas en compte le brûlage des déchets agricoles, le transport maritime, les stations-services et le stockage des combustibles solides (données non disponibles ou avec un niveau d'incertitude trop élevé). Pour en savoir plus voir le guide méthodologique⁵.

Attention, dans les fiches suivantes, le secteur industriel est divisé en deux sous-secteurs :

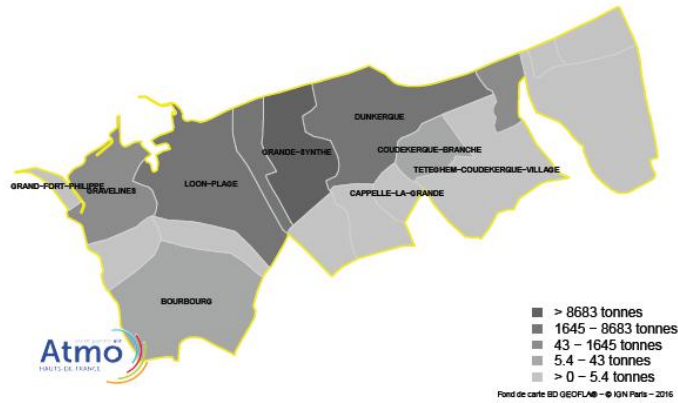
- l'extraction, la transformation et la distribution d'énergie d'une part,
- l'industrie manufacturière, le traitement des déchets et la construction d'autre part.



⁵ http://www.atmo-hdf.fr/joomlatools-files/docman-files/Autre/rapport_methodo_inventaire_061015.pdf

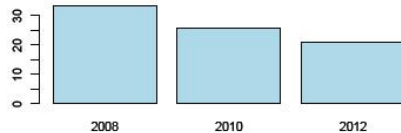
Dioxyde de soufre (SO2)

Quantité émise sur la CU de Dunkerque – année 2012
(en tonnes)



Fiche d'identité réalisée à partir de l'inventaire des émissions d'atmo Hauts-de-France pour les 6 activités principales. L'inventaire recense une quarantaine de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre. Voir rubrique Emissions de polluants - www.atmo-hdf.fr. Données A2008-2010-2012_M2012-V4

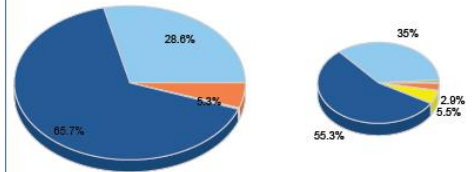
Evolution des émissions du territoire (en kt)



CUD

40.8% des émissions régionales

Répartition des émissions par secteur d'activité



Répartition (en %) des émissions de SO2 sur la CU de Dunkerque par secteur d'activité - Année 2012

Répartition (en %) des émissions de SO2 sur la région Hauts-de-France par secteur d'activité - Année 2012

- Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTFC *
- Extraction, transformation et distribution d'énergie
- Industrie manufacturière, traitement des déchets, construction
- Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel
- Modes de transport autres que routier
- Transport routier

* Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt

Emissions par habitant



103.5 kg/hab
CUD

†

8.5 kg/hab
Région
HDF

Emissions par hectare

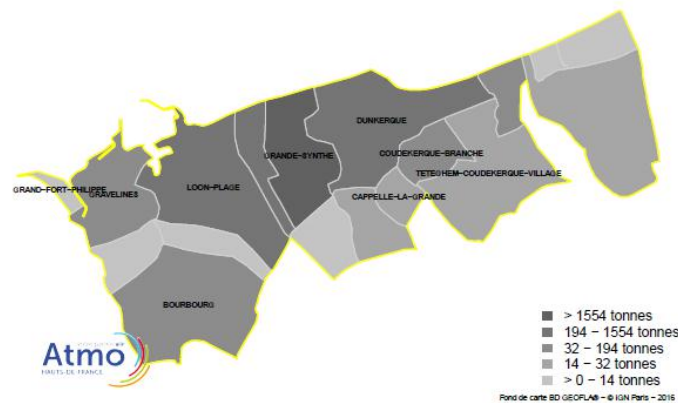


785 kg/ha
CUD

16 kg/ha
Région
HDF

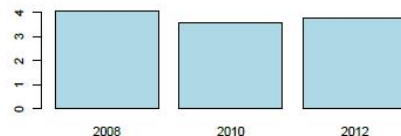
Particules (PM10)

Quantité émise sur la CU de Dunkerque – année 2012
(en tonnes)



Fiche d'identité réalisée à partir de l'inventaire des émissions d'atmo Hauts-de-France pour les 6 activités principales. L'inventaire recense une quarantaine de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre. Voir rubrique Emissions de polluants - www.atmo-hdf.fr. Données A2008-2010-2012_M2012-V4

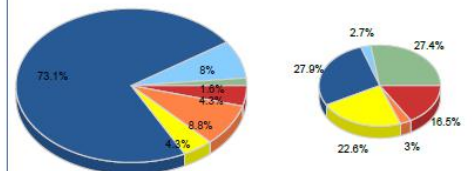
Evolution des émissions du territoire (en kt)



CUD

10.3% des émissions régionales

Répartition des émissions par secteur d'activité



Répartition (en %) des émissions de PM10 sur la CU de Dunkerque par secteur d'activité - Année 2012

Répartition (en %) des émissions de PM10 sur la région Hauts-de-France par secteur d'activité - Année 2012

- Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTFC *
- Extraction, transformation et distribution d'énergie
- Industrie manufacturière, traitement des déchets, construction
- Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel
- Modes de transport autres que routier
- Transport routier

* Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt

Emissions par habitant



18.8 kg/hab
CUD

†

6.1 kg/hab
Région
HDF

Emissions par hectare



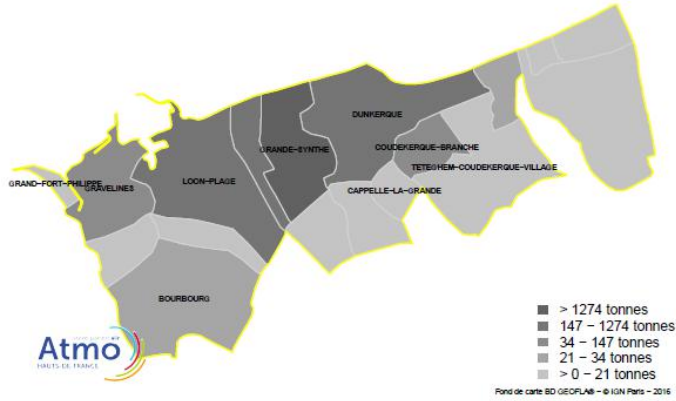
142.2 kg/ha
CUD

11.5 kg/ha
Région
HDF



13.2% des émissions régionales

Quantité émise sur la CU de Dunkerque – année 2012
(en tonnes)

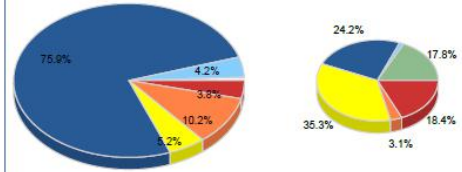


Fiche d'identité réalisée à partir de l'inventaire des émissions d'Atmo Hauts-de-France pour les 6 activités principales. L'inventaire recense une quarantaine de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre. Voir rubrique Emissions de polluants - www.atmo-hdf.fr. Données A2008-2010-2012_M2012-V4

Evolution des émissions du territoire (en kt)



Répartition des émissions par secteur d'activité



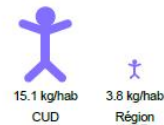
Répartition (en %) des émissions de PM2.5 sur la CU de Dunkerque par secteur d'activité – Année 2012

Répartition (en %) des émissions de PM2.5 sur la région Hauts-de-France par secteur d'activité – Année 2012

- Agriculture, sylviculture et aquaculture hors UTCF*
- Extraction, transformation et distribution d'énergie
- Industrie manufacturière, traitement des déchets, construction
- Résidentiel, tertiaire, commercial, institutionnel
- Modes de transport autres que routier
- Transport routier

* Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt

Emissions par habitant



Emissions par hectare



Annexe 6 : Taux de fonctionnement

Taux de fonctionnement obtenus pour les mesures automatiques au cours de la campagne et extension à l'année pour la campagne mobile.

	Site de Mesures	Influence	Taux de fonctionnement			
			Phase 1 (été)	Phase 2 (hiver)	Campagne	Année
PM10	Malo les bains	Mobile	92%	84%	87 %	18%
	Malo les bains	Urbaine	99%	89%	94 %	
	St Pol sur mer	Urbaine	98%	100%	99%	
	Grande Synthe	industrielle	96%	99%	98%	
PM2.5	Malo les bains	Mobile	40%	94%	69%	14%
	Malo les bains	Urbaine	100%	97%	98%	
	Cappelle la grande	périurbaine	100%	100%	100%	
NO	Malo les bains	Mobile	89%	94%	91%	19%
	St Pol sur mer	Urbaine	100%	100%	100%	
	Grande synthe	Industrielle	98%	99%	98%	
	Cappelle la grande	périurbaine	100%	100%	100%	
NO ₂	Malo les bains	Mobile	89%	94%	91%	19%
	St Pol sur mer	Urbaine	100%	100%	100%	
	Grande synthe	Industrielle	98%	51%	72%	
	Cappelle la grande	périurbaine	100%	100%	100%	
O ₃	Malo les bains	Mobile	100%	94%	96%	20%
	St Pol sur mer	Urbaine	100%	100%	100%	
	Cappelle la grande	périurbaine	100%	100%	100%	
	Sangatte	périurbaine	100%	81%	89%	
SO ₂	Malo les bains	Mobile	98%	92%	94%	19%
	Malo les bains	Urbaine	100%	78%	88%	
	St Pol sur mer	Urbaine	100%	100%	100%	
	Grande synthe	Industrielle	95%	98%	97%	

Pour que les données obtenues au cours de la campagne mobile puissent être comparées aux moyennes annuelles des stations fixes, il faut que le taux de présence de données sur l'année soit supérieur à 14% (dernière colonne)

Annexe 7 : Repères réglementaires

Pour l'interprétation des données, nous disposons de diverses valeurs réglementaires (valeurs limites, valeurs cibles, objectifs...) en air extérieur. Ces normes sont définies au niveau européen dans des directives, puis sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

A noter que pour toute comparaison à des valeurs limites annuelles, selon l'annexe I de la directive européenne 2008/50/CE, la période minimale de prise en compte doit être de 14% de l'année (une mesure journalière aléatoire par semaine répartie uniformément sur l'année, ou 8 semaines réparties uniformément sur l'année).

La valeur limite est un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

La valeur cible est un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

L'objectif de qualité (ou objectif à long terme pour l'ozone) est un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Seuil d'information et de recommandation : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque de dépassement pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Une procédure interdépartementale d'information et d'alerte du public est instituée en Nord – Pas-de-Calais. Elle organise une série d'actions et de mesures d'urgence afin de réduire les émissions de polluants et d'en limiter les effets sur la santé et l'environnement. Cette procédure définit les modalités de déclenchement des actions, basées notamment sur les seuils d'information et l'alerte. Les mesures des campagnes ponctuelles ne sont pas intégrées à cette procédure.

Un tableau des valeurs réglementaires des polluants suivis dans cette étude est présenté page suivante.

	Valeur limite	Objectif de qualité / objectif à long terme	Valeur cible
PM10	40 µg/m³ en moyenne annuelle		-
	50 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours/an	30 µg/m³ en moyenne annuelle	-
PM2.5	25 µg/m³ en moyenne annuelle	10 µg/m³ en moyenne annuelle	20 µg/m³ en moyenne annuelle
O ₃	-	<u>Protection de la santé :</u> 120 µg/m³ <i>pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissantes</i> <u>Protection de la végétation :</u> AOT40⁶ = 6 000 µg/m³.h	<u>Protection de la santé :</u> 120 µg/m³ <i>pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissante, à ne pas dépasser plus de 25 jours/an en moyenne sur 3 ans</i> <u>Protection de la végétation :</u> AOT40 = 18 000 µg/m³.h <i>en moyenne sur 5 ans</i>
NO ₂	40 µg/m³ en moyenne annuelle		-
	200 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 18 heures/an		-
SO ₂	125 µg/m³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours/an	50 µg/m³ en moyenne annuelle	-
	350 µg/m³ en moyenne horaire à ne pas dépasser plus de 24 heures/an	-	-
CO	10 mg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures glissantes	-	-
Benzène	5 µg/m³ en moyenne annuelle	2 µg/m³ en moyenne annuelle	-
Plomb (Pb)	0,5 µg/m³ <i>en moyenne annuelle</i>	0,25 µg/m³ <i>en moyenne annuelle</i>	-
Arsenic (As)	-	-	6 ng/m³ <i>en moyenne annuelle</i>
Cadmium (Cd)	-	-	5 ng/m³ <i>en moyenne annuelle</i>
Nickel (Ni)	-	-	20 ng/m³ <i>en moyenne annuelle</i>
B(a)P	-	-	1 ng/m³ <i>en moyenne annuelle</i>

(Source : Directives 2008/50/CE du 21 mai 2008 et 2004/107/CE du 15 décembre 2004)

⁶ AOT40 = la somme des différences entre les concentrations horaires en ozone supérieures à 80 µg/m³ et 80 µg/m³, basée uniquement sur les valeurs horaires mesurées de 8 heures à 20 heures sur la période de mai à juillet.

RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-hdf.fr

Atmo Hauts-de-France

Observatoire de l'Air

55, place Rihour

59044 Lille Cedex

