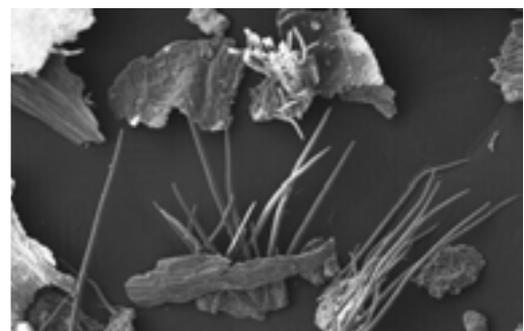
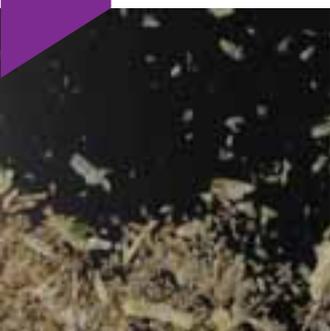


influence de la zone industrialo-portuaire de St-Nazaire



sur les niveaux de particules

mars 2013



sommaire

synthèse	1
introduction	6
contexte	7
le contexte réglementaire	7
une étude financée dans le cadre du PPA.....	7
2 ^{ème} évaluation de la qualité de l'air dans la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire.....	8
contiguïté des zones résidentielles et de la zone industrialo-portuaire	9
les particules	13
caractéristiques physiques et chimiques	13
effets sanitaires.....	13
inventaire des émissions Basemis	14
présentation de la campagne de mesure	15
critères d'implantation des sites de mesure	15
moyens mis en œuvre.....	16
caractérisation de la pollution particulaire dans la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire	19
les conditions météorologiques.....	19
qualité de l'air sur l'agglomération de Saint-Nazaire durant la période d'échantillonnage.....	20
les particules sédimentables	21
les PM ₁₀ et PM _{2,5}	30
conclusions et perspectives	38
annexes	39
annexe 1: photographies des dépôts de particules sédimentables collectés au cours de la campagne de mesure	40
annexe 2 : polluants	41
annexe 3 : dates de dépassement des seuils d'information et d'alerte pour les particules PM ₁₀ à Saint-Nazaire au cours de la période de mesure.....	42
annexe 4 : Air Pays de la Loire.....	43
annexe 5 : techniques d'évaluation.....	44
annexe 6 : types des sites de mesure.....	47
annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2011.....	48
annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2012.....	49
bibliographie	50
glossaire	51
abréviations	51
définitions.....	52
précisions sur les calculs statistiques.....	52

contributions

Coordination de l'étude, Rédaction, Cartographie : Florence Guillou, Mise en page : Bérangère Poussin, Exploitation du matériel de mesure, Photographies : Arnaud Tricoire, Florence Guillou, Validation : François Ducroz - Arnaud Rebours - Luc Lavrilleux.

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 3 août 2010 pris par le Ministère chargé de l'Écologie.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

remerciements

Air Pays de la Loire remercie le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, les inspecteurs de la DREAL en charge du suivi des établissements de la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire, la CARENE et la Ville de Saint-Nazaire, l'Université du Littoral Côte d'Opale et Cargill pour leur collaboration.

synthèse

contexte → impact sanitaire des particules fines

De récentes études ont permis de mettre en évidence l'impact sanitaire des particules dans l'air. Les plus fines (PM₁₀ et PM_{2,5}) sont les plus nocives par leur pouvoir pénétrant dans l'arbre pulmonaire.

Le programme Clean Air For Europe conduit par la commission européenne a estimé à près de 300 000 décès anticipés et à 9 mois la perte d'espérance de vie moyenne liés à une exposition aux niveaux de particules fines mesurés en 2000 dans les états membres (1).

Conscient de cet impact, une première campagne de mesure en 2002 visant à apprécier l'influence de la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire sur la qualité de l'air (2) avait permis de corrélérer des élévations des niveaux de particules fines PM₁₀ avec l'activité de la zone portuaire.

Avec le Grenelle de l'environnement, la France s'est fixé un objectif de réduction de 30% des particules PM_{2,5} pour 2015. Pour atteindre cet objectif, un plan particules a été mis en place en juillet 2010.

Ce plan prévoit des mesures de réduction des émissions dans les secteurs de l'industrie, du chauffage domestique et tertiaire, des transports, de l'agriculture et en cas de pics de pollution.

Il est décliné à l'échelle des territoires via les Plans de Protection de l'atmosphère (PPA), dont l'objectif est de ramener les niveaux de pollution en-dessous des valeurs limites grâce à la mise en œuvre de mesures concrètes de réduction des émissions des sources fixes ou mobiles. Ces plans concernent les agglomérations de plus de 250 000 habitants et les zones où les valeurs limites sont dépassées ou risquent de l'être.

objectifs → exposition aux particules à Ville-Port (Saint-Nazaire)

Financé par l'Etat dans le cadre de la révision du PPA, une nouvelle campagne a été engagée pour :

- évaluer, 10 ans après, les niveaux de particules dans l'air ambiant de la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire à l'aide de méthodes de mesure optimisées ;
- étendre le périmètre de la campagne de mesure réalisée en 2002 aux quartiers résidentiels de Penhoët et Ville-Port ;
- répondre aux problématiques de salissures, exprimées par une population riveraine croissante dans un quartier en réhabilitation ;
- fournir des éléments d'aide à la décision pour limiter les émissions de particules et l'exposition de la population.

moyens → 3 sites de mesure des dépôts au sol et des particules dans l'air

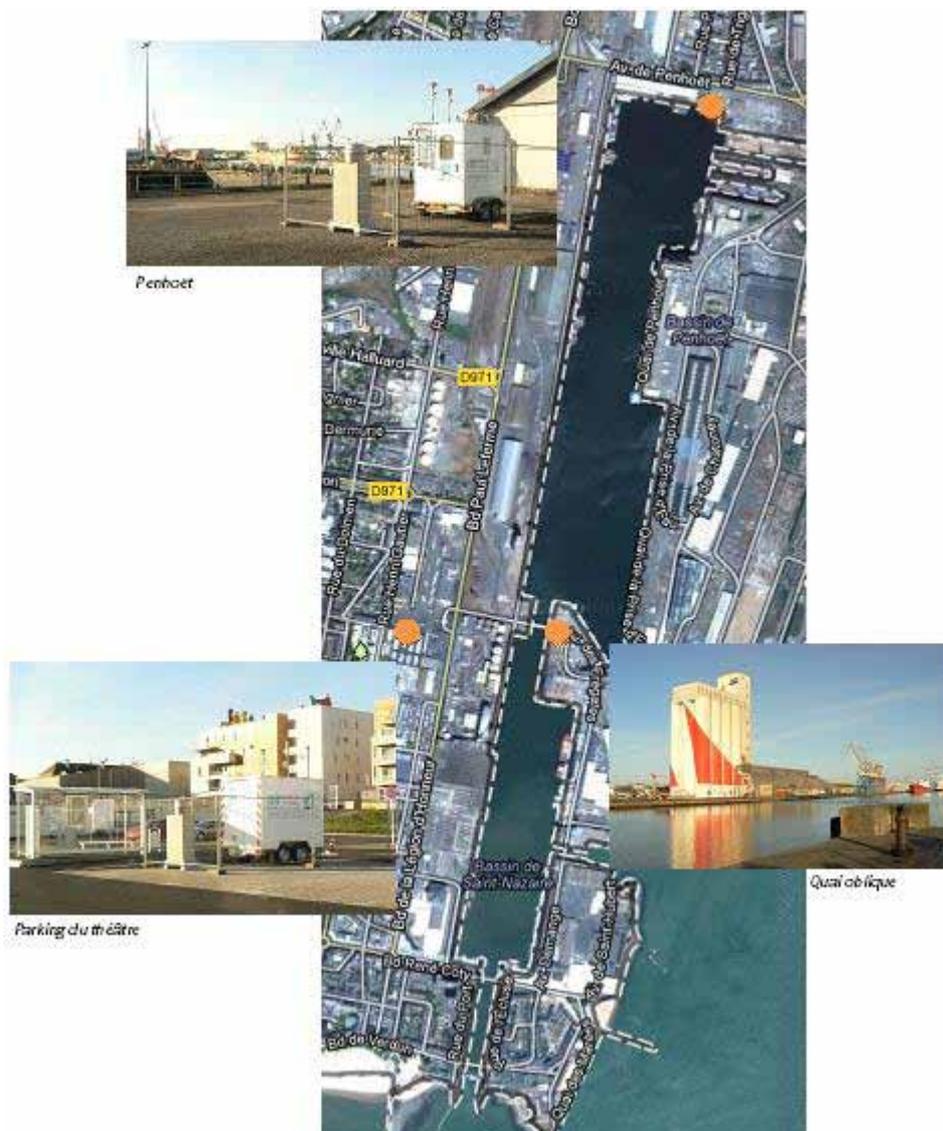
Trois sites de mesure ont été retenus, de façon à appréhender les niveaux maximaux de pollution par les particules émises au niveau de la zone industrialo-portuaire : le théâtre, le quai oblique, Penhoët. L'implantation des sites a été déterminée en fonction de l'emplacement des émetteurs potentiels de particules, de la direction des vents dominants, de la fréquentation, des zones résidentielles et des contraintes techniques.

La campagne de mesure s'est déroulée en période hivernale du 19 décembre 2011 au 5 avril 2012.

Le dispositif mis en place a permis de mesurer en parallèle en continu :

- les dépôts de particules sédimentables (au sol), non réglementées, à l'origine des salissures constatées,
 - les particules fines soumises à réglementation en raison de leur impact sur la santé,
- de sorte que l'examen des profils mesurés permette de mettre en évidence l'existence d'une éventuelle source particulière commune.

La présente étude n'a pas évalué les gênes olfactives.



Localisation des 3 sites de mesure

résultats en moyenne 4 jours par mois de dépôts, une surexposition locale de particules fines en cas de pic régional de pollution

dépôts de particules sédimentables au sol

Durant les 108 jours de la campagne de mesure, 16 dépôts de particules sédimentables, dont 4 majeurs, ont été enregistrés, principalement au niveau du site du quai oblique, le plus au cœur de la zone industrialo-portuaire.

Les deux autres sites de mesure ont été moins touchés par la déposition de particules. L'importance des dépôts de particules sédimentables est restée relativement faible par rapport aux valeurs de référence en usage (valeurs de référence exprimées en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$.)

Ces dépôts ont ensuite été caractérisés par microscopie électronique à balayage. L'analyse a mis en évidence 2 composantes majoritaires, le **blé** et le **tourteau de tournesol**. Parmi les composantes minoritaires, des grains de sable (côtier ou de carrière), des **métaux**, et des particules minérales naturelles ont été identifiés.



Dépôt de blé collecté le 26 janvier 2012 sur le site du quai oblique (à gauche) – particules de blé du dépôt visualisé au MEB (à droite)

Ces éléments ont permis de déterminer la source de ces particules qui correspondent aux activités de chargement/déchargement de blé et tourteaux de tournesol au niveau du quai Grandspuits du bassin de Penhoët.



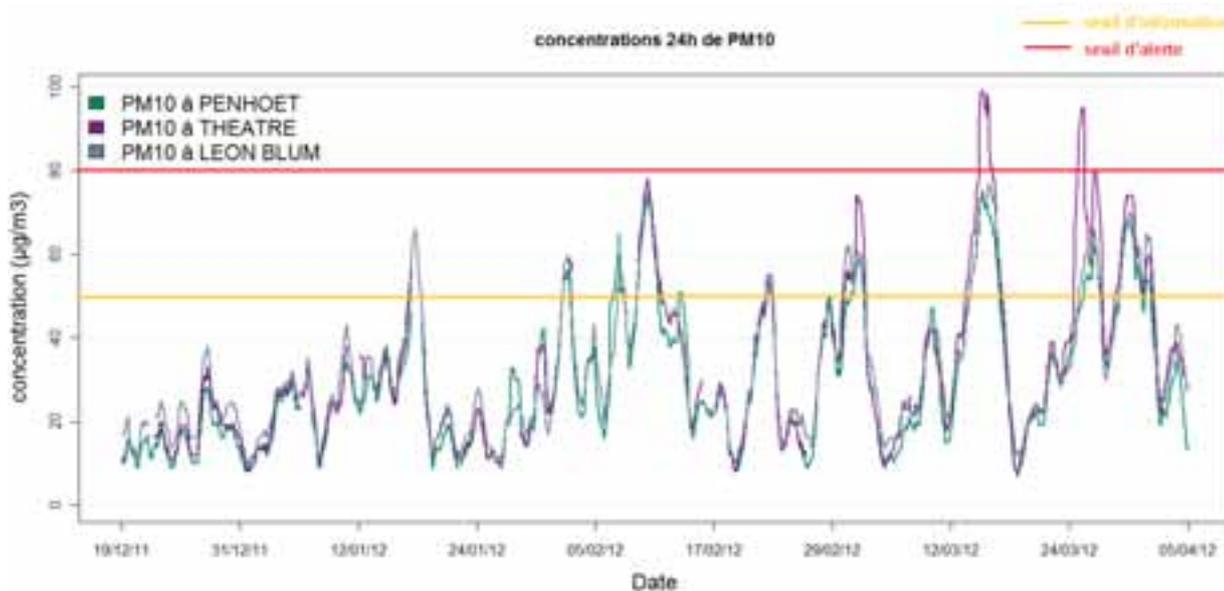
Chargement de blé le 27/01/12 à St-Nazaire. A droite, dépôt de particules de blé à la surface du bassin ce même jour.

La durée de la campagne ayant été limitée à quatre mois, l'étude n'est pas représentative d'une année d'activité. Pour autant, par extrapolation des données de trafic de marchandises communiquées par le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, le nombre n'excéderait pas **une soixantaine de dépôts annuels** au niveau du quai GrandsPuits du bassin de Penhoët, si l'on considère que chaque escale génère systématiquement un dépôt de particules sédimentables.

Cette estimation est à prendre avec précaution sachant qu'elle **peut évoluer favorablement** en fonction des conditions climatiques, de la nature des marchandises ou **défavorablement** selon les conditions de remise en suspension des particules déposées.

les particules fines PM10 et PM2,5 dans l'air

De fréquents dépassements du seuil d'information (près de 1 jour/4) à l'origine du déclenchement de 23 procédures d'information du public et des autorités compétentes, ont été constatés durant la période de mesure, le seuil d'alerte a même été franchi au cours de 6 journées au niveau du parking du Théâtre.

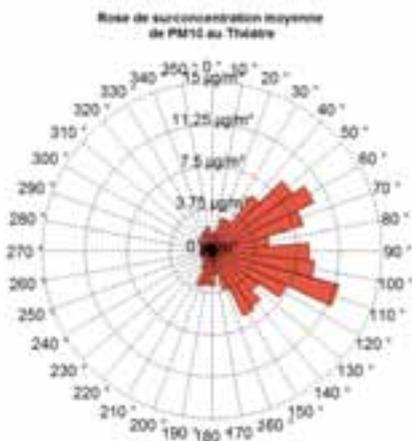


Évolution des moyennes 24-horaires de PM10 mesurées durant la période de mesure

La plupart des dépassements de seuils réglementaires constatés au cours de la campagne de mesure, sont consécutifs à des épisodes de pollution particulaire étendus à de larges territoires (pollution importée du reste de la France et du continent européen).

Cependant, des **élévations spécifiques de concentrations des particules PM10** (parfois de PM2,5) ont pu être soit **corrélées** avec des dépôts de particules sédimentables (liés **aux chargements de navires**), soit avec des dates d'enregistrement d'**escales des navires destinés à transporter du blé ou des tourteaux de tournesol**.

Ces éléments indiquent que les chargements et déchargements de céréales génèrent une fraction fine de particules dans l'air en complément des plus grosses particules sédimentables qui se déposent au sol. D'autres sources ont toutefois pu interférer, c'est le cas notamment des travaux de voirie et d'aménagements du parking du Théâtre, programmés lors de la seconde moitié de la campagne de mesure.



Rose de surconcentration au Théâtre

conclusions et perspectives → réduire les envols de particules, limiter l'activité en cas de pics de pollution, suivre les niveaux de particules dans l'air

Pour les particules sédimentables, l'étude met en évidence l'influence des activités de chargement/déchargement de céréales, de blé et tourteaux de tournesol plus spécifiquement, lors des escales de navires au niveau du quai Grandspuits du bassin de Penhoët. En effet la caractérisation des dépôts collectés par microscope électronique à balayage montre la présence prédominante de blé et de tourteaux de tournesol. Des particules de métaux et de sables ont également été identifiées assez fréquemment, mais en faible quantité.

La fréquence des chargements et déchargements (19 escales en 3 mois 1/2 de mesure) laisse apprécier la gêne pouvant être perçue par une partie de la population.

Toutefois, la sédimentation et donc l'impact de ces activités s'atténue fortement avec la distance à la source et varie en fonction des conditions climatiques, de la direction des vents notamment. Ainsi le quartier Penhoët, situé à 1 km du quai Grandspuits et sous un régime de vents dominants de secteurs nord-est et nord-ouest durant la campagne de mesure, a davantage pu être affecté par les brûlages effectués lors de mouvements de grèves des salariés de la zone industrialo-portuaire que par les activités de chargement de céréales.

Le parking du Théâtre, par sa proximité notamment (à 400 m du quai), a été plus influencé par ces diffusion de céréales dans l'air mais relativement moins par rapport au quai oblique situé en face et à seulement 200 m.

Certains profils des niveaux de particules fines, PM₁₀ le plus souvent mais aussi PM_{2,5}, ont pu être corrélés avec les profils de sédimentables, portant à indiquer que les activités de chargement/déchargement de céréales génèrent une fraction fine de particules à l'origine de hausses locales et ponctuelles de leurs concentrations. Une étude complémentaire permettrait de le confirmer.

Afin que la population ne soit potentiellement pas surexposée, il pourrait être envisagé en application du principe de précaution, une suspension des activités de chargement/déchargement de matière pulvérulente en cas d'épisode de pollution particulaire généralisé. Cette suspension pourrait être adaptée éventuellement en fonction des prévisions de vent.

A noter que les travaux de voirie de la rue Henri Gautier et d'aménagements paysagers du parking du Théâtre ont probablement généré durant la campagne des émissions de particules fines ayant pu influencer les mesures réalisées au niveau du Théâtre.

perspectives

Les dépassements des seuils d'information et d'alerte au niveau de la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire conduisent Air Pays de la Loire à recommander un suivi des niveaux de particules (PM₁₀, PM_{2,5}) dans la zone Ville Port. Ce suivi pourrait s'intégrer dans le cadre d'une réflexion à initier sur la réactualisation du dispositif de surveillance de la zone portuaire.

Des préconisations peuvent par ailleurs être proposées afin de limiter les émissions de particules ou leur remise en suspension (comme le capotage des bandes transporteuses, l'écrtage des tas de matière pulvérulente en aérien pour le terminal sablier par exemple ou encore l'arrosage/nettoyage des surfaces couvertes de particules sédimentées).

La mise à disposition d'un numéro vert pour recueillir les plaintes des habitants (exemple de Gravelines, dans le cadre du SPPPI Côte d'Opale) (11) permettrait d'identifier de façon complémentaire la gêne occasionnée par les activités de la zone industrialo-portuaire et d'affiner les résultats de cette étude, voire de caractériser les dépôts de particules par la mise en place d'un système de prélèvements manuels lors d'un dépôt de plainte.

Enfin, il serait important d'adapter les activités du port en fonction des prévisions d'épisodes de pollution particulaire.

introduction

De récentes études ont permis de mettre en évidence l'impact sanitaire des particules, des plus fines notamment, dont la nocivité est la plus importante du fait de leur pouvoir pénétrant dans l'arbre pulmonaire. Ainsi, dans le programme Clean Air For Europe, la commission européenne a estimé à près de 300 000, le nombre de décès anticipés et à 9 mois la perte d'espérance de vie moyenne liés à une exposition aux niveaux de particules mesurés en 2000 dans les états membres (1).

Dans ce contexte, et alors qu'une campagne de mesure préliminaire (2) avait permis de corrélérer des élévations des niveaux de particules PM₁₀ avec l'activité de la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire, une étude complémentaire a été engagée afin d'apprécier, 10 ans après, les niveaux de particules dans l'air ambiant environnant à l'aide de méthodes de mesure optimisées.

Cette étude vise par ailleurs à étendre le périmètre de la campagne de mesure investiguée en 2002 au quartier résidentiel de Penhoët et répondre aux problématiques, de salissures notamment, exprimées par une population riveraine croissante dans un quartier en réhabilitation dans un souci de fournir des éléments d'aide à la décision pour limiter les émissions de particules.

Trois sites de mesure ont été retenus, de façon à appréhender les niveaux maximaux de pollution par les particules émises au niveau de la zone industrialo-portuaire. L'implantation des sites a été déterminée en fonction de l'emplacement des émetteurs potentiels de particules, de la direction des vents dominants, de la fréquentation, des zones résidentielles et des contraintes techniques.

La campagne de mesure s'est déroulée du 19 décembre 2011 au 5 avril 2012.

Ce rapport présente successivement :

- des éléments précisant le contexte de l'étude,
- une introduction aux caractéristiques physico-chimiques des particules, leurs sources et effets sanitaires,
- les moyens mis en œuvre lors de la campagne,
- les résultats des mesures : caractérisation des dépôts de particules sédimentables et évolution des particules fines PM₁₀ et PM_{2.5} en lien avec les dépôts mesurés,
- les perspectives et recommandations.

contexte

le contexte réglementaire

Face à l'enjeu de santé publique que représentent les particules fines en suspension dans l'air, la Directive européenne 2008/50/CE (3) réglemente notamment les particules fines PM₁₀ et PM_{2,5} (cf. annexe 7).

Les particules sédimentables ne sont soumises à aucune réglementation à l'échelle européenne.

une étude financée dans le cadre du PPA

Le Grenelle de l'environnement a fixé pour la France un objectif de réduction de 30% des particules PM_{2,5} pour 2015. Pour ce faire, un plan particules a été mis en place en juillet 2010, lequel prévoit des mesures dans les secteurs de l'industrie, du chauffage domestique et tertiaire, des transports, de l'agriculture et en cas de pics de pollution. Ce plan est décliné à l'échelle des territoires via les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA), dont l'objectif est de ramener les niveaux de pollution en-dessous des valeurs limites, dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants et dans les zones où les valeurs limites sont dépassées ou risquent de l'être, grâce à la mise en œuvre de mesures concrètes de réduction des émissions des sources fixes ou mobiles.

Cette étude a été financée par l'état dans le cadre du PPA Nantes – Saint Nazaire (4). La zone du Plan de Protection de l'Atmosphère de Nantes Saint-Nazaire se confond avec le territoire du projet de Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) de la métropole de Nantes - Saint-Nazaire, auquel s'ajoute la commune de Haute-Goulaine qui fait partie de l'agglomération de Nantes, au sens de la définition de l'INSEE.

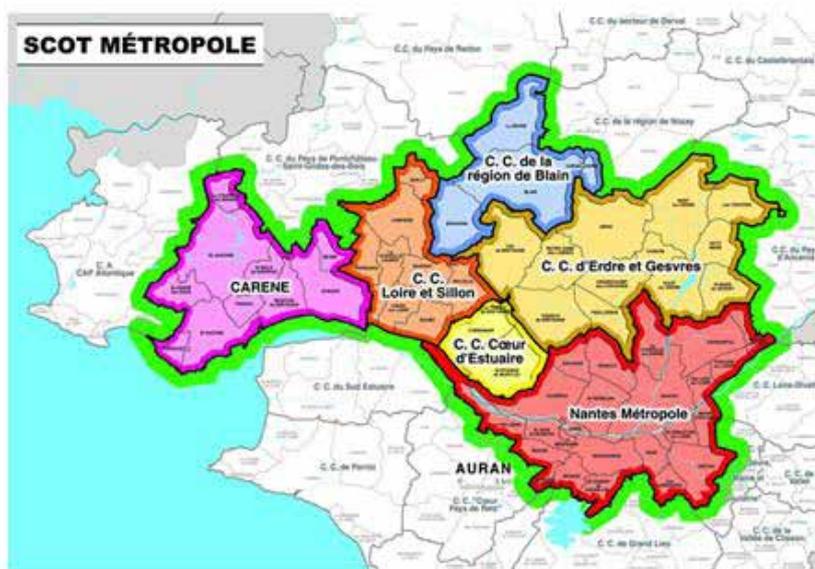


Figure 1 : territoire du SCOT Nantes Saint-Nazaire

2^{ème} évaluation de la qualité de l'air dans la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire

Cette étude s'inscrit dans la continuité d'une première évaluation de la qualité de l'air réalisée dix ans auparavant, au printemps et à l'hiver 2002 (2). Plusieurs hausses des niveaux de particules PM₁₀, majoritairement liées aux activités de chargement de céréales, avaient alors été mesurées à l'intérieur de la zone industrialo-portuaire, au niveau des douanes.

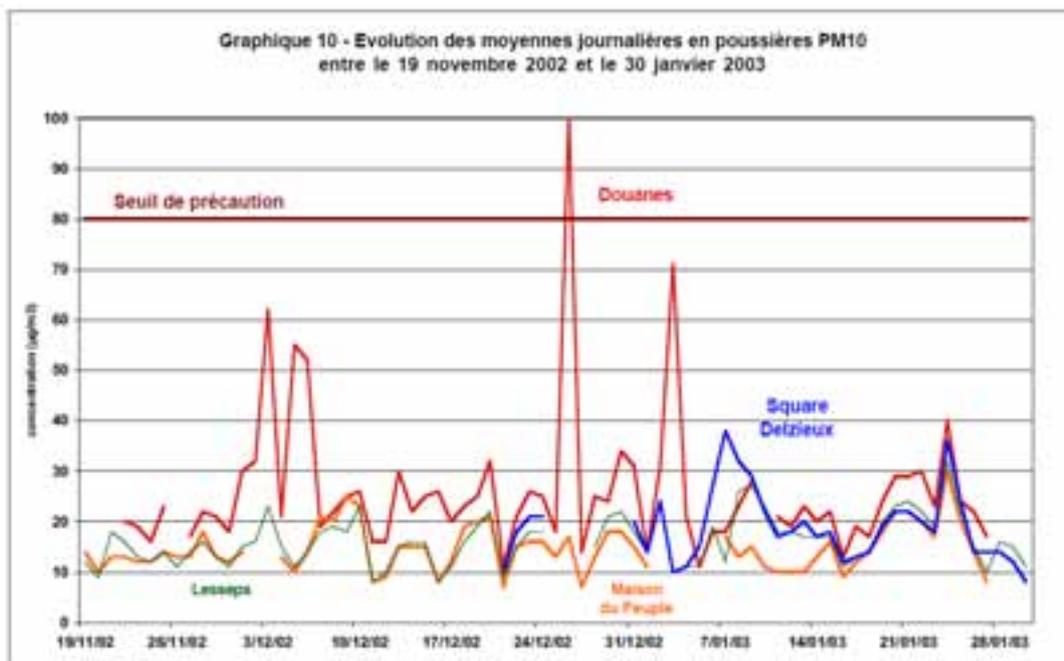


Figure 2 : prélèvements des poussières au niveau du service des Douanes lors de la campagne 2002-2003



Campagne 2002-2003 de surveillance de la pollution dans l'environnement industrialo-portuaire de Saint-Nazaire
E-8Pr030184-ARs-Clr - Air Pays de la Loire - avril 2003 - version finale

Figure 3 : roses de pollution pour les particules PM₁₀ calculées sur les 3 sites de mesure au cours de l'hiver 2002-2003



Campagne 2002-2003 de surveillance de la pollution dans l'environnement industrialo-portuaire de Saint-Nazaire
E-EPN030184-ARL-CBt - Air Pays de la Loire - 03/03/2003 - version finale

32/39

Figure 4 : évolution des moyennes journalières en particules PM10 entre le 19/11/02 et le 30/01/03¹

Dans son rapport, Air Pays de la Loire informait alors quant à la nécessité de poursuivre la surveillance des niveaux de pollution dans le reste de la zone industrialo-portuaire et à l'utilité d'organiser une seconde campagne au niveau du quartier de Penhoët.

contiguïté des zones résidentielles et de la zone industrialo-portuaire

la problématique des salissures

Plusieurs constats de dépôts de particules dans le périmètre d'étude ont été recueillis en amont ainsi qu'au cours de la campagne de mesure. Or, hormis les nuisances qu'elles peuvent occasionner, ces salissures trouvant leur origine dans la sédimentation des plus grosses particules ont souvent un impact négatif sur la perception de l'exposition à la pollution atmosphérique. Rappelons que l'impact sanitaire des particules est lié à leur taille : les plus fines pénétrant plus profondément dans les voies respiratoires apparaissent comme étant les plus nocives alors que les particules sédimentables ont un effet moindre.

¹ Remarque 1 : le seuil de précaution 80 µg/m³ pour les particules PM10 représenté sur la figure 4 correspond aujourd'hui au seuil d'alerte en moyenne sur 24 heures, le seuil d'information étant fixé à 50 µg/m³.

Remarque 2 : Les mesures de particules PM10 ont été réalisées en 2008 à l'aide d'un TEOM, technologie ayant tendance à sous-estimer les niveaux particulaires. Ce dispositif a été adapté en 2012 pour une mesure optimisée de la fraction volatile de particules.

une population croissante dans un quartier en réhabilitation

Un vaste programme de réhabilitation du quartier du port a vu le jour à la fin des années 90. Cette extension du centre-ville au port a conduit à la construction de nombreux logements et commerces à l'ouest de la zone industrialo-portuaire.



Figure 5 : construction du théâtre et de logements à Ville - Port

D'autre part, le périmètre de l'étude de 2002 a été étendu au quartier de Penhoët situé au nord-est du bassin où les zones résidentielles jouxtent les établissements industriels (cf. Figure 6).



Figure 6 : vue d'une rue du quartier de Penhoët à Saint-Nazaire, au fond un navire à quai.

la zone industrialo portuaire

Avec un trafic extérieur annuel de près de 30 millions de tonnes, le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire est le premier port de la façade atlantique française et le 4^e Grand Port Maritime français. Plus de 3000 navires marchands y escales chaque année. Les sites portuaires sont localisés sur l'estuaire de la Loire entre Nantes et Saint-Nazaire. Les terminaux aval, Saint-Nazaire, Montoir-de-Bretagne et Donges, accueillent environ 90% du trafic portuaire (5).



Figure 7 : les 9 sites de Nantes Saint-Nazaire (source : www.nantes.port.fr)

Le site industrialo-portuaire de Saint-Nazaire regroupe plusieurs terminaux spécialisés permettant l'importation de produits métallurgiques, de fruits, d'aliments du bétail et de graines oléagineuses, l'exportation de céréales, d'huile végétale, de viande, d'aliments du bétail et de produits sous froid et la manutention de colis lourds. Trois formes de radoub et la forme écluse Louis Joubert (cf. Figure 8) destinées à la construction et la réparation navale sont également situées à proximité des bassins.



Figure 8 : plan détaillé du site industrialo portuaire de Saint-Nazaire (source : Port Atlantique Nantes Saint-Nazaire, mise à jour 2008)

les sources potentielles de particules au niveau du périmètre d'étude

Plusieurs exploitants (6) de la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire susceptibles d'émettre des particules dans l'atmosphère ont été recensés². C'est le cas de Idéa Groupe, anciennement MTTM (stockage de produits céréaliers, deux silos à grains) et de Cargill (trituration de tournesol, fabrication de tourteaux) lors des activités de chargement / déchargement notamment.

Les activités de grenailage et sablage (Mecasoud, Aerolia, STX) ou de peinture (idéa logistique, Aerolia, STX) liées à la construction navale pourraient également constituer une source potentielle de particules.

A noter enfin, la proximité du terminal sablier situé à l'extrémité ouest du site de Montoir-de-Bretagne et exploité par SDA sablières de l'Atlantique.

Parmi les autres sources potentielles de particules, on peut citer :

- la remise en suspension dans l'air des particules déposées au sol sous l'effet du vent, de la circulation sur les zones de manutention ou les voies de circulation ;
- les cheminées des navires marchands constituent elles-mêmes une source de polluants atmosphériques (7) ;
- les travaux de la rue Henri Gautier (rue à proximité du parking du Théâtre) à partir de la fin du mois de janvier ;
- les brûlages volontaires lors des manifestations de grévistes au cours du mois de février ;
- les plages de sable et/ou les embruns marins par vents de sud-ouest ;
- les particules importées lors d'épisodes de pollution généralisés ;
- autres activités industrielles de la Basse Loire.



Figure 9 : implantation des entreprises de Port-industrie autour des bassins de Saint-Nazaire (source : <http://www.nantes.port.fr/travailler-avec-le-port/annuaire-des-entreprises-sur-le-port/>)

² Cette recherche a été réalisée avec le concours de la DREAL des Pays de la Loire.

les particules

caractéristiques physiques et chimiques

Les particules constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique. Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverses et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux lourds ou des hydrocarbures. De diamètre inférieur à 10 μm (PM10), elles restent plutôt en suspension dans l'air. Supérieures à 10 μm , elles se déposent, plus ou moins rapidement, au voisinage de leurs sources d'émission. Les particules plus fines, appelées PM2,5 (diamètre inférieur à 2,5 μm) pénètrent plus profondément dans les poumons. Celles-ci peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines et parcourir de longues distances.

effets sanitaires

La profondeur de pénétration des particules dans l'arbre pulmonaire est directement liée à leurs dimensions, les plus grosses étant arrêtées puis éliminées au niveau du nez et des voies respiratoires supérieures. Le rôle des particules en suspension a été montré dans certaines atteintes fonctionnelles respiratoires, le déclenchement de crises d'asthme et la hausse du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire ou respiratoire, notamment chez les sujets sensibles (enfants, bronchitiques chroniques, asthmatiques...).

Certains hydrocarbures aromatiques polycycliques portés par les particules rejetées par les véhicules sont classés comme probablement cancérogènes chez l'homme.

Mais, l'identification et la quantification des influences sur la santé des différents composants des particules complexifient l'évaluation des effets sanitaires des particules.

Dans une problématique de chargement de céréales en zone portuaire, deux études sont intéressantes à citer. La première, parue dans the New England Journal of Medicine en 1989 (8) a montré qu'une forte association statistiquement significative avait été mise en évidence entre l'existence d'épidémie d'asthme et l'activité de chargement ou de déchargement de graines de soja. La seconde a fait suite à un épisode d'asthme épidémique en juin 1996 après des opérations de déchargement de soja dans le port de Barcelone. Villalbi JR&al, après avoir évalué l'efficacité des nouveaux filtres dans le contrôle des émissions de poussières de soja indique qu'avec un programme de contrôle systématique, les opérations industrielles de soja peuvent fonctionner à proximité des centres urbains, sans risques pour la santé publique (9).

inventaire des émissions Basemis

L'inventaire régional des émissions Basemis élaboré par Air Pays de la Loire pour l'année 2008 montre que, sur la ville de Saint-Nazaire, les émissions de particules totales sont majoritairement dues au secteur industriel, alors que le transport routier constitue la source principale des particules fines PM10 et PM2,5.

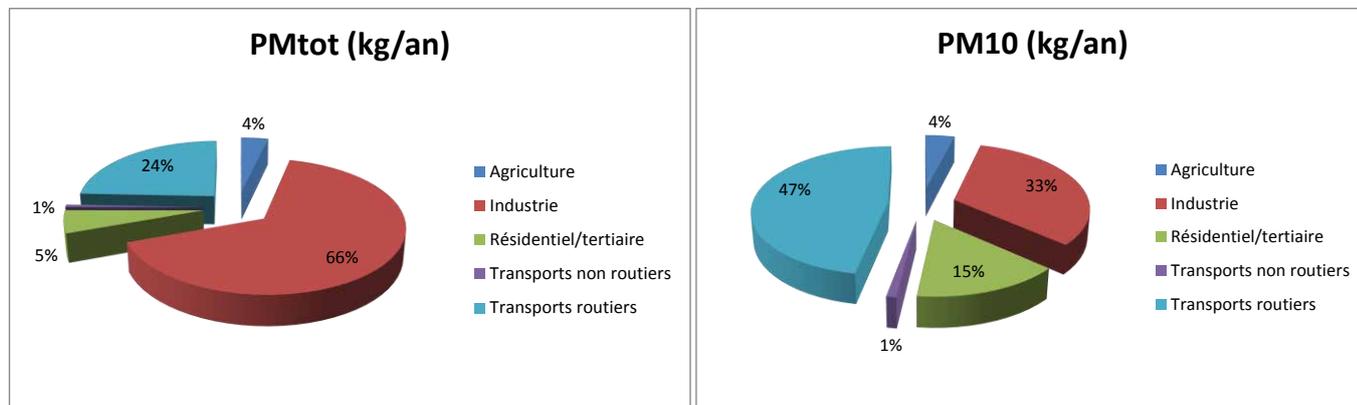


Figure 10 : estimation des sources de particules totales (à gauche) et des PM10 (à droite) sur le territoire de la commune de Saint-Nazaire (source : Air Pays de la Loire-Basemis 2008)

Remarques : L'activité de chargement/déchargement des navires, elle-même génératrice de particules, n'étant a priori pas maîtrisée et donc non quantifiée, ne fait pas l'objet de déclaration d'émissions et n'est de ce fait pas intégrée à ce jour à l'inventaire des émissions Basemis. D'autre part, le territoire de l'inventaire des émissions étant borné aux côtes, pour le secteur maritime seuls les trajets de l'entrée du port au terminal, les manœuvres et le stationnement à quai sont pris en compte.

présentation de la campagne de mesure

critères d'implantation des sites de mesure

Plusieurs critères ont contribué à la détermination de l'implantation des sites : direction des vents dominants, localisation des émetteurs potentiels de particules, fréquentation, zones résidentielles, possibilités techniques d'implantation.

données météorologiques

Les vents de secteur ouest-sud dominant nettement. Ce sont également les vents les plus forts. Les vents de secteurs nord-est et nord-ouest sont assez fréquents. Les vents de secteurs est à sud sont les plus rares.

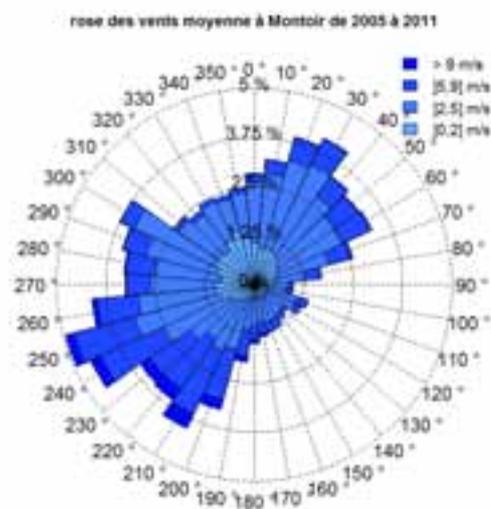


Figure 11 : rose des vents moyenne à Montoir de 2005 à 2011

proximité de la population résidentielle

2 zones résidentielles jouxtent la zone industrialo-portuaire :

- le quartier Penhoët (2080 habitants³) au nord du bassin de Penhoët ;
- le quartier Ville-Port à l'ouest (5340 habitants⁴ essentiellement regroupés à l'ouest du bassin).

³ Source : INSEE IRIS RP 2008

⁴ Source : INSEE IRIS RP 2008. Données mises à jour à partir des opérations immobilières récentes communiquées par la ville de St-Nazaire

La carte ci-après représente la répartition de la population (données INSEE 2007) par rapport au bâti (BD Topo). Les zones les plus densément peuplées des quartiers Penhoët et Ville-port notamment, apparaissent en violet. La carte révèle également une autre zone résidentielle à l'extrémité sud correspondant à l'entrée du port.



Figure 12 : répartition de la population (données INSEE 2007) à Saint-Nazaire

une zone fortement fréquentée

Outre la population résidentielle qui cohabite avec la zone industrialo-portuaire, cette dernière est particulièrement fréquentée. Ainsi, des milliers de travailleurs employés dans les nombreuses entreprises du site portuaire de Saint-Nazaire fréquentent quotidiennement la zone. Le quartier Ville-Port est par ailleurs à la fois un quartier culturel (théâtre, cinémas, musées, office du tourisme) qui attire plus d'un million de visiteurs chaque année et un quartier commercial (3 millions de visiteurs attendus chaque année au centre commercial Ruban Bleu, source : <http://www.saint-nazaire.maville.com>)

les sources potentielles de particules au niveau du périmètre d'étude

Parmi les critères d'implantation des sites de mesure, la localisation des sources potentiellement émettrices de particules, précédemment décrites au paragraphe « contiguïté des zones résidentielles et de la zone industrialo-portuaire », a été intégrée.

moyens mis en œuvre

Compte tenu de ces éléments, deux types de systèmes de mesure répartis sur 3 sites ont finalement été utilisés lors de cette campagne :

- deux laboratoires mobiles d'Air Pays de la Loire, équipés d'analyseurs TEOM-FDMS pour mesurer en continu les particules fines PM₁₀ et PM_{2,5}. Cette technique est équivalente à la méthode gravimétrique de référence de la norme CEN 12341. Elle prend en compte la fraction volatile de l'aérosol (nitrate d'ammonium notamment) et est utilisée depuis le 1^{er} janvier 2007 par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air pour le suivi réglementaire des teneurs en poussières fines en milieu urbain. Elle s'est substituée aux mesures par TEOM seul qui ne prenaient pas en compte les aérosols semi volatils.
- des mesures d'oxydes d'azote au niveau du théâtre ont complété ce dispositif de mesure pour notamment discriminer les surconcentrations de particules potentiellement émises par des travaux programmés rue Henri Gautier de celles du fond et de l'activité industrialo-portuaire.
- trois collecteurs de particules sédimentables ADA_Mass (10) pour permettre la mesure horaire de la masse du dépôt sec de particules sédimentées. Ce type de collecteurs est utilisé en routine à Gravelines pour assurer la surveillance en continu des retombées de poussières sur la commune.

3 sites de mesure

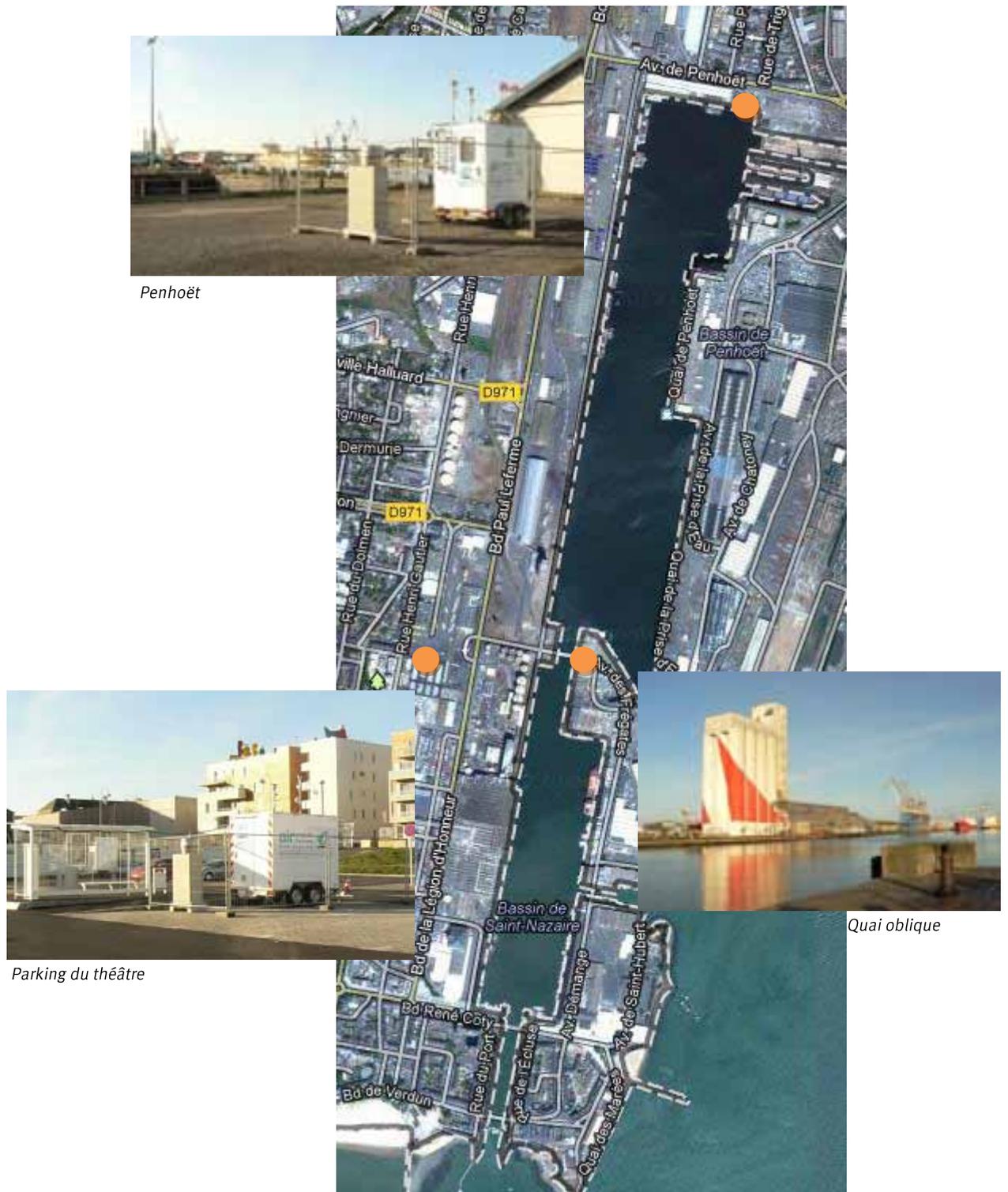


Figure 13 : les 3 sites de mesure

la période d'échantillonnage

La période d'échantillonnage tient compte de la période de récolte des céréales et des fréquences de mouvements des navires (source : Port Atlantique Nantes Saint-Nazaire)

Ainsi, la campagne s'est déroulée durant trois mois et demi, du 19 décembre 2011 au 5 avril 2012.

Le tableau ci-dessous résume le dispositif mis en œuvre :

n°		PM2,5	PM10	sédimentables	NOx
1	Parking entre l'avenue de Penhoët et les formes de radoub				
2	Parking du théâtre, au niveau de l'arrêt de bus				
3	Quai oblique				

Polluant mesuré

les stations du réseau permanent comme références (Blum, Parscau du Plessis, Frossay)

La station Blum, située rue des Frêchets à Saint-Nazaire, par sa représentativité de la pollution urbaine de fond, sert ici de référence et permet la mise en perspective des concentrations mesurées sur les trois sites instrumentés pour cette étude.

Par ailleurs, les mesures de particules fines PM10 sur les sites industriels de Parscau du Plessis, Frossay et Saint-Etienne-de-Montluc, hors périodes d'influence, sont représentatives des niveaux de fond ruraux.



Figure 14 : La station urbaine Blum du réseau permanent d'Air Pays de la Loire, rue des Frêchets à Saint-Nazaire

caractérisation de la pollution particulaire dans la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire

les conditions météorologiques

Les pluies ont été globalement rares et peu abondantes avec un déficit pluviométrique croissant au cours de la campagne approchant même l'état de sécheresse. Parallèlement, la durée totale d'insolation a approché les records. Dans ce contexte de conditions anticycloniques les vents de nord-est ont dominé durant la campagne tandis que les vents assez forts de nord-ouest ont soufflé dans les épisodes de temps variable avec averses.

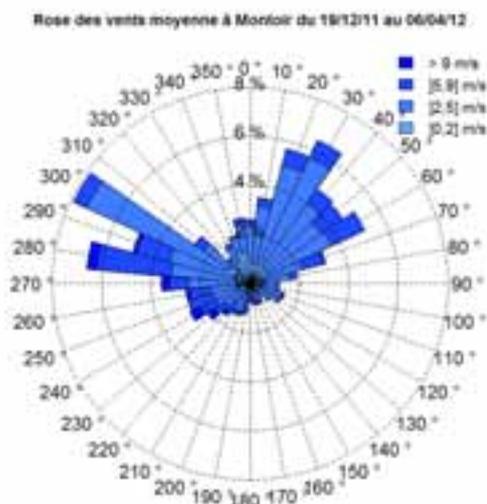


Figure 15 : rose des vents moyenne au cours de la campagne de mesure

Ces conditions anticycloniques ont été favorables à l'apport de particules en provenance du nord-est de l'Europe à l'origine de plusieurs épisodes de pollution généralisés.

qualité de l'air sur l'agglomération de Saint-Nazaire durant la période d'échantillonnage

des épisodes de pollution particulaire généralisés

23 journées au cours desquelles une procédure d'information a été déclenchée suite à un dépassement du seuil correspondant fixé à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été recensées au cours de la période de mesure. Lors de ces évènements, à la pollution produite localement s'ajoute une fraction importée par les masses d'air en provenance du nord-est et enrichie en particules volatiles à l'origine d'une forte dégradation de la qualité de l'air à l'échelle régionale. Cette dernière est d'ailleurs bien représentée ci-dessous par le profil du sous-indice PM10 utilisé pour le calcul de l'indice Atmo à Saint-Nazaire.

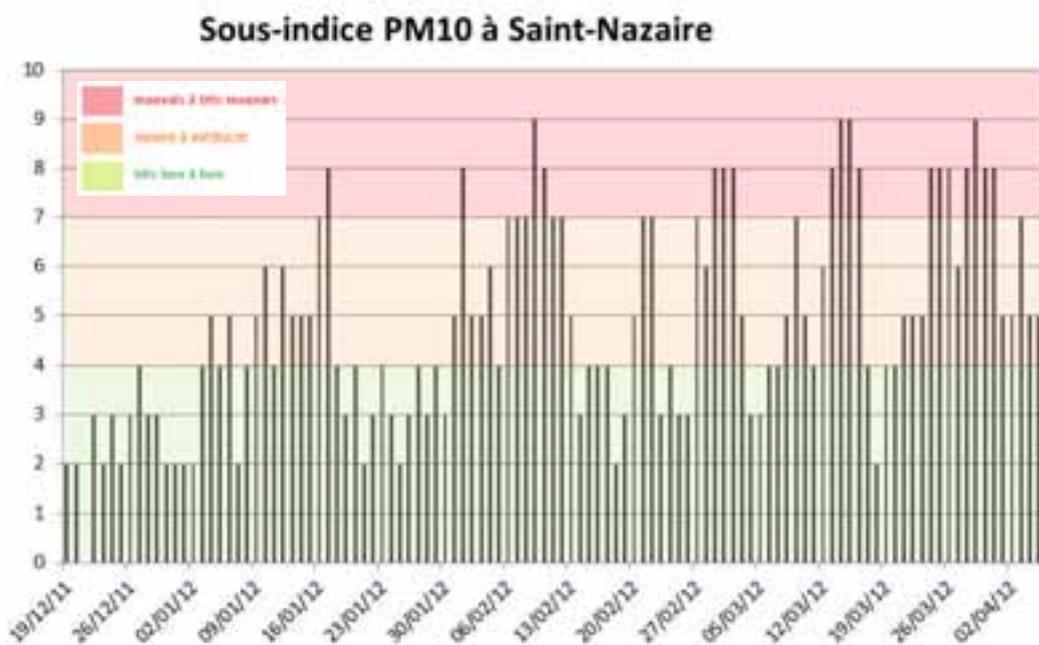


Figure 16 : évolution du sous-indice PM10 à Saint Nazaire durant la campagne de mesure

les particules sédimentables

examen des profils des flux de particules sédimentables

Les profils ci-dessous représentent les flux de particules sédimentables en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$ du 19 décembre 2011 au 5 avril 2012 sur les trois sites de mesure instrumentés.

A noter que la déposition des particules n'a pas été mesurée en périodes de précipitations. La force et la direction des vents ont aussi été déterminantes dans la mesure de la fraction de particules sédimentables.



Figure 17: profils de particules sédimentables en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$ du 19/12/11 au 05/04/12

Dans ces conditions, quatre dépôts majeurs de particules sédimentables ont été enregistrés durant la campagne de mesure au niveau du quai du pont roulant : le 26 janvier, le 15 février, le 6 mars et le 3 avril (cf. photos ci-dessous).



Figure 18 : photos des 4 dépôts majeurs collectés sur le site du quai oblique au cours de la campagne de mesure

caractérisation des dépôts de particules sédimentables par microscopie électronique à balayage

Le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire recensant l'ensemble des marchandises en transit dans le port, la nature des particules sédimentées a pu être déterminée. Ainsi, des particules de son de blé et de tourteaux de tournesol ont été plus particulièrement recherchées dans les dépôts collectés.

L'analyse a porté sur les 16 principaux dépôts de particules sédimentables collectés au cours de la période de prélèvement.

Dans un premier temps, des échantillons de référence de son de blé commercial et de tourteaux de tournesol fournis par Cargill-Saint Nazaire ont été analysés au microscope électronique à balayage pour déterminer les spécificités morphologiques et les compositions individuelles de ces particules.

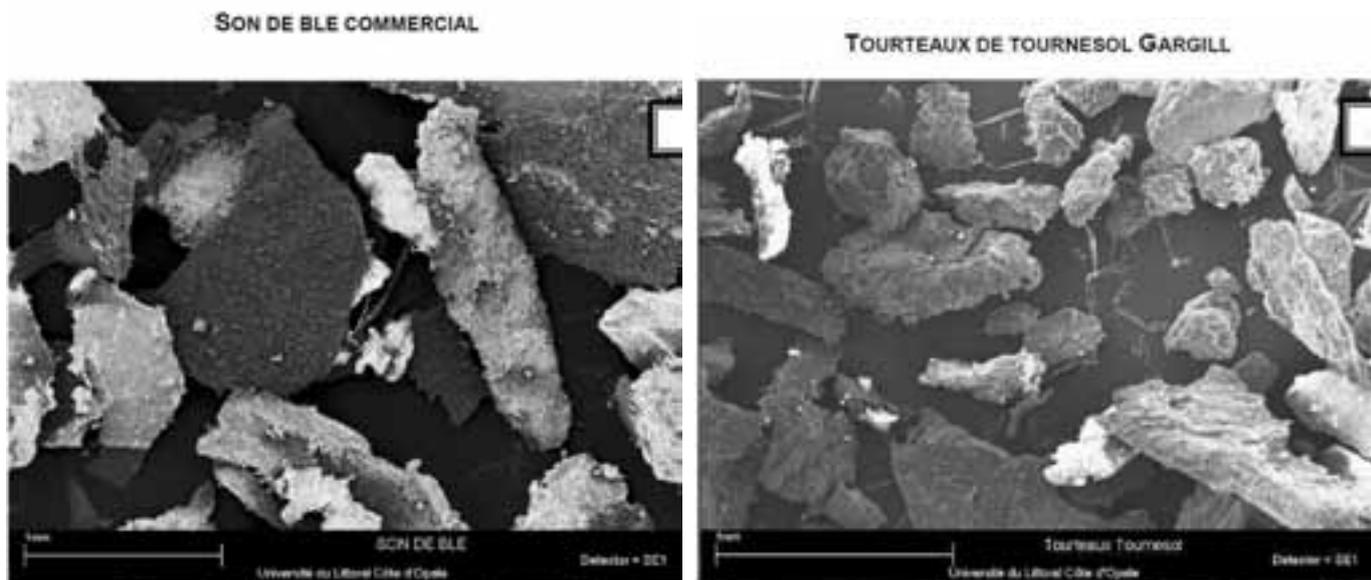


Figure 19 : clichés réalisés par Microscopie Electronique à Balayage. A gauche, particules de son de blé commercial. A droite, particules de tourteaux de tournesol (source : Plateforme de microscopie Electronique à Balayage, ULCO)

Les observations obtenues sur ces deux échantillons de référence, utilisées comme des caractéristiques spécifiques, ont ensuite permis d'identifier les particules de blé et/ou de tourteaux de tournesol dans les échantillons collectés sur les 3 sites.

Les dépôts de particules sédimentables ont été essentiellement collectés par le préleveur installé sur le quai du pont roulant (14/16 dépôts au quai oblique, 1/16 au Théâtre, 1/16 à Penhoët). La situation et l'environnement de ce préleveur font de lui le préleveur le plus exposé aux émissions de particules issues des opérations de chargement/déchargement. Plus rarement, des particules ont été retrouvées au niveau du parking du théâtre.

Globalement, les particules de blé sont majoritaires dans la plupart des échantillons analysés. Quelques dépôts contiennent toutefois quasiment exclusivement des particules de tourteaux de tournesol.

Avec une contribution minoritaire, le sable de carrières est souvent présent dans les échantillons. Ce sable pourrait provenir du terminal sablier situé à l'ouest du Pont de Saint-Nazaire ou des opérations de sablage au niveau du quai de Penhoët.

Des particules riches en éléments métalliques d'origine anthropique (Fe, Cr, Ni, Cu, Zn, Al, Sn), probablement émises par les activités des chantiers navals, sont également présentes dans près de la moitié des échantillons.

Plus rarement, des particules minérales naturelles (Si, Al, K, Fe) et anthropiques (K, Si, Ti) et du sable côtier ont été observés dans les dépôts collectés.

dépôts des 26 et 27 janvier 2012

Dans les dépôts collectés les 26 et 27 janvier sur le site du quai oblique, les retombées étaient importantes. L'échantillon renfermait deux fractions de particules : la première fraction constituée de particules relativement grandes, dépassant le millimètre et clairement visible à l'œil nu, la seconde renfermait des particules, nettement plus petites.

Les deux échantillons étaient majoritairement constitués de blé (fragments de parois de grain de blé, compatibles avec des particules de son de blé, fragments végétaux de feuille de blé).

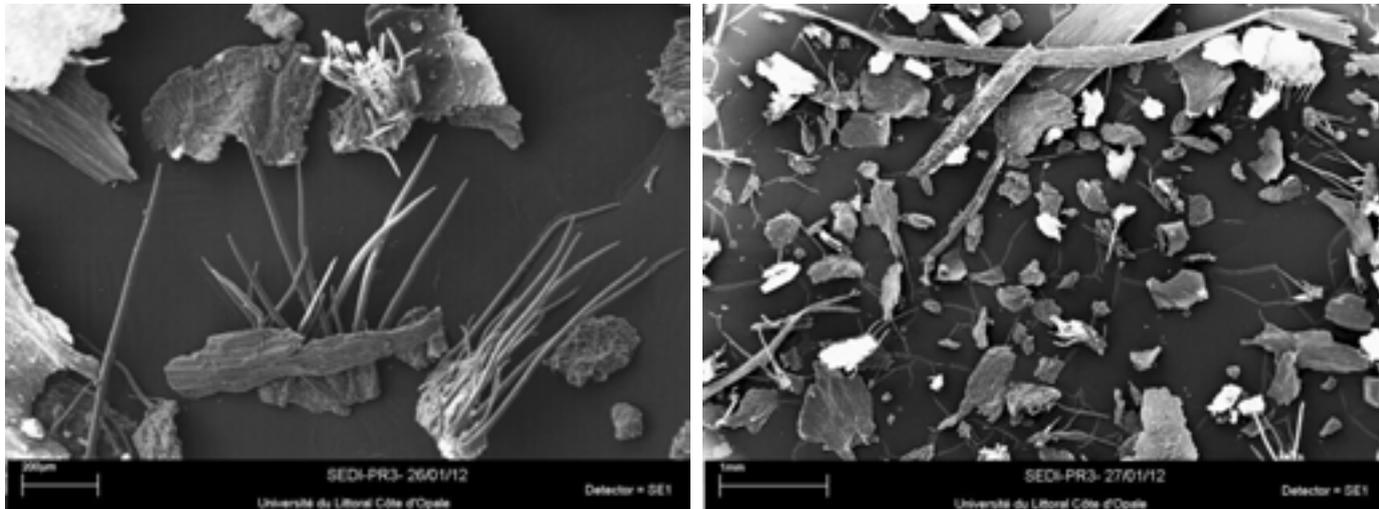


Figure 20 : clichés MEB représentant des particules de blé des dépôts collectés les 26 (à gauche) et 27 janvier (à droite) sur le site du quai oblique

Les arrangements filiformes visibles sur le cliché de gauche sont appelés la « brosse » du grain de blé et correspondent à des vestiges du stigmate de la fleur (cf. schéma ci-dessous).

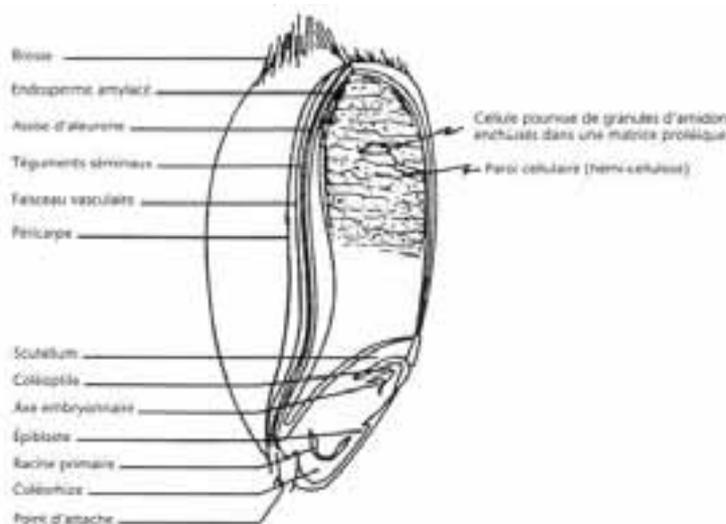


Figure 21 : Tiré de Boudreau, A., & Ménard, G. (1992) *Le Blé, Éléments Fondamentaux et Transformation*. Sainte-Foy: Les Presses de l'Université Laval.

Après examen des émetteurs potentiels situés dans l'environnement de la zone d'investigation, il s'avère que ces dépôts de blé sont à rapprocher directement des activités de chargement et déchargement de céréales au niveau du bassin de Penhoët. Cette hypothèse est confirmée par l'enregistrement d'un chargement de blé initié le 26 janvier, probablement interrompu du fait de précipitations, et achevé le 27 janvier.

Remarque : Dans un souci de protection des dépôts secs collectés, les eaux de pluie ruisselantes sont automatiquement détectées par les préleveurs de particules sédimentables. Le flux de particules n'est alors plus mesuré, expliquant les profils peu accidentés du 26 janvier.

La photo ci-dessous, prise le 27 janvier lors de ce chargement de blé, est éloquent et montre bien qu'en l'absence de capotage, des particules de céréales s'échappent lors du chargement du navire. Selon la nature de la marchandise, les plus grosses d'entre elles vont se déposer dans l'environnement proche.



Figure 22 : chargement de blé le 27/01/12 à Saint-Nazaire. A droite, dépôt de particules de blé à la surface du bassin ce même jour.

D'autres particules ont été identifiées : le 26 janvier, des particules minérales naturelles (aluminosilicates naturels constitués de Si, Al, K, Fe) ; le 27 janvier, du sable de carrière et des particules riches en éléments métalliques (Fe, Ni, Cr) d'origine anthropique probablement générées par l'activité des chantiers navals voire du terminal sablier pour le sable.

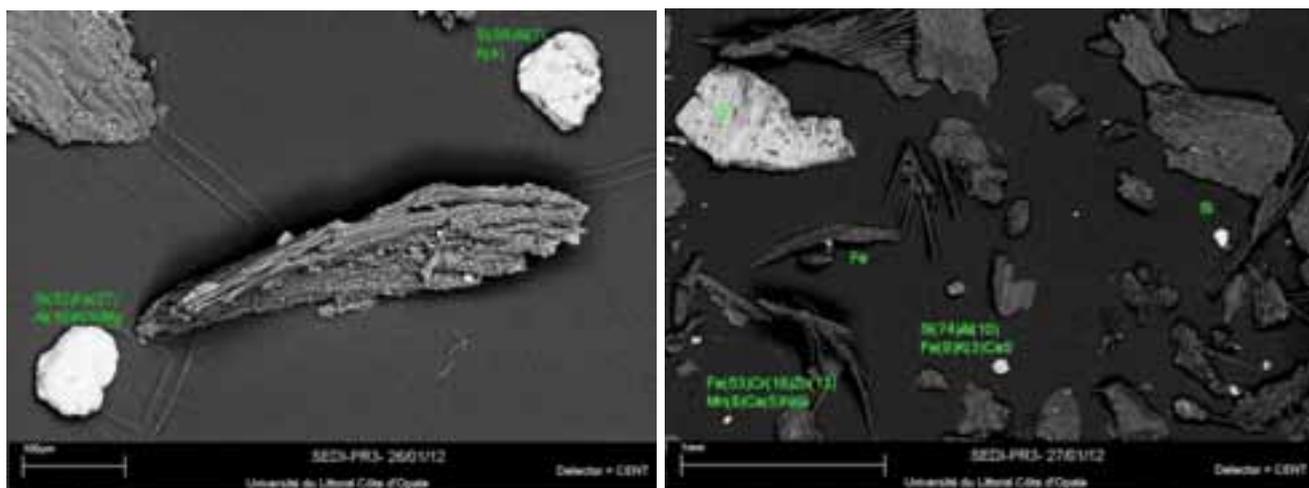


Figure 23 : clichés MEB d'aluminosilicates naturels contenus dans le dépôt du 26 janvier (à gauche) et de particules métalliques anthropiques collectées le 27 janvier (à droite) sur le site du quai oblique

dépôts des 15 et 16 février 2012

Le dépôt du 15 février collecté au niveau du quai oblique est majoritairement constitué de fragments de parois de grain de blé, compatibles avec des particules de son de blé et de fragments de feuilles de végétaux.

Des particules minérales ont aussi été identifiées dans cet échantillon, notamment du sable de carrière, des particules anthropiques riches en fer et des aluminosilicates naturels (Si, Al, Fe, Mg).

Le dépôt du 16 février de composition similaire à celui de la veille mais en quantité moindre pourrait correspondre à la finalisation du chargement du 15 février ou encore à une remise en suspension des particules sédimentées lors du chargement réalisé le 15 février. Sous l'effet du vent, de la circulation sur la zone de manutention ou encore des voies de circulation, les particules sédimentées seraient remises en suspension dans l'air générant de nouveaux dépôts de sédimentables au niveau des collecteurs. Les niveaux des particules fines ne devraient alors a priori pas être affectés par ce phénomène puisque la fraction inhalable imputable au dépôt concerné par la remise en suspension serait déjà dans l'atmosphère. Ce qui se vérifie sur les profils de particules PM₁₀.

dépôt du 6 mars 2012

De même que les précédents dépôts, celui échantillonné le 6 mars sur le quai oblique renferme majoritairement des fragments de grains et feuilles de blé, compatibles avec des particules de son de blé ainsi que des fragments de tourteaux de tournesol mais en plus faible proportion. En revanche, les particules minérales sont absentes.

Ici encore, un phénomène de remise en suspension des particules déposées la veille ou la fin d'un chargement pourrait être à l'origine du dépôt du 7 mars, la composition majoritaire étant semblable à celle du dépôt du 6 mars. Parallèlement, les niveaux de particules PM₁₀ ont semble-t-il été influencés par le déchargement du 6 mars mais ne paraissent pas l'avoir été le 7 mars, confortant ainsi l'hypothèse de la remise en suspension des particules sédimentées dans l'environnement du bassin de Penhoët.

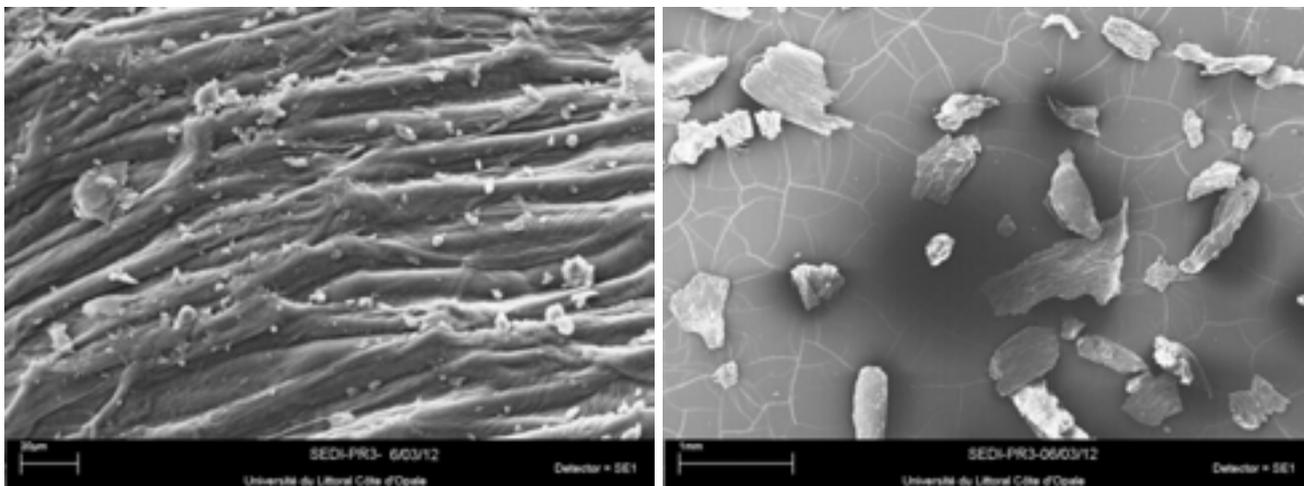


Figure 24 : clichés MEB réalisés sur le dépôt du 6 mars du quai oblique représentant une enveloppe de grain de blé (à gauche) et des particules de tourteaux de tournesol (à droite)

Ce même jour, un faible dépôt de particules a été recueilli au niveau du préleveur du Théâtre. L'analyse par microscopie électronique à balayage a montré également la présence de particules de tourteaux de tournesol et de particules de son de blé ainsi que des particules minérales mais en faible quantité (cf. photos suivantes).

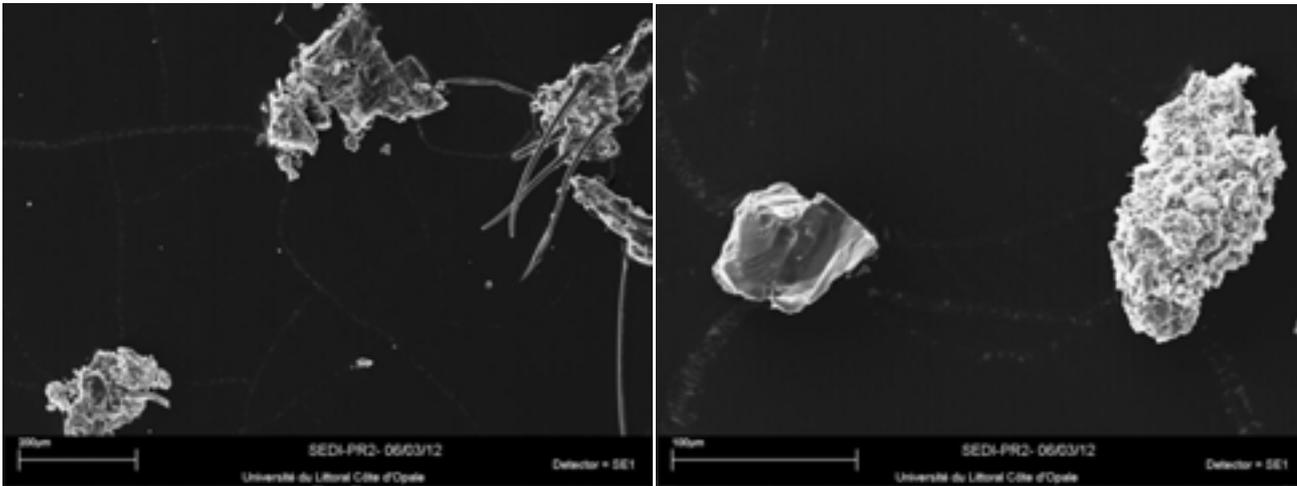


Figure 25 : clichés MEB réalisés sur le dépôt du 6 mars collecté au parking du Théâtre représentant des particules de tourteaux de tournesol et de blé (à gauche) et des particules minérales (sable de carrière et aluminosilicate) (à droite)

dépôt du 3 avril 2012

L'échantillon du 3 avril recueilli sur le site du quai oblique est très différent des précédents et présente un aspect homogène, dans sa globalité, sans grande différence de taille de particules. Les retombées sont exclusivement attribuées à des retombées de tourteaux de tournesol. Les particules minérales sont absentes du dépôt.

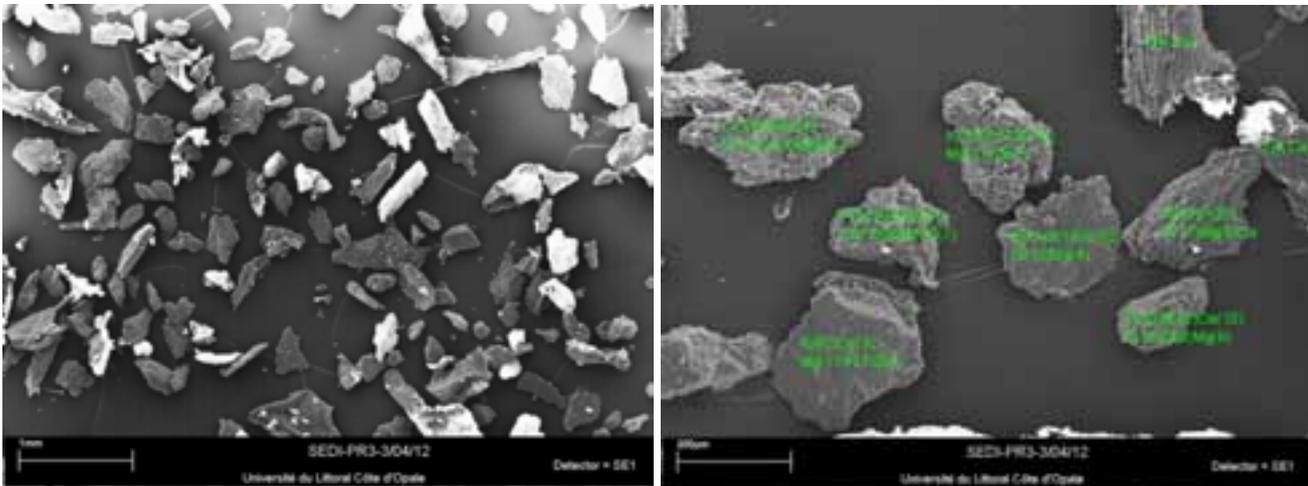


Figure 26 : particules de tourteaux de tournesol visualisées au MEB à partir du dépôt collecté le 3 avril 2012 sur le quai oblique

Ce jour-là, 1700 tonnes de tourteaux de tournesol ont été chargées au niveau du quai Grandspuits6. Le dépôt du 4 avril est lui aussi majoritairement constitué de particules de tourteaux de tournesol. En faible quantité, du sable de carrière et des aluminosilicates y ont été identifiés. L'hypothèse d'une remise en suspension du dépôt de sédimentables généré par le déchargement du 3 avril peut à nouveau être émise, hypothèse confortée par les profils de particules PM10 non influencés au cours de la journée du 4 avril.

autres dépôts

Les résultats de l'analyse par microscopie électronique à balayage des autres dépôts sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

dates	Contribution majoritaire	Contribution minoritaire	Activité des navires ou autre
11/01/12	fragments végétaux de feuille/tige de blé	- fragments de parois de grain de blé, compatibles avec des particules de son de blé. - sable.	
12/01/12	particules minérales majoritairement des aluminosilicates naturels : - (riches en Si) et de forme anguleuse (sable de carrière) - (Ti, Fe, Si) et (Ca, Al, Na) dont l'origine est probablement naturelle - (Zn, Fe, Al, Si), dont l'origine est anthropique	- fragments végétaux de feuilles de céréales. - fragments de parois de grain de blé , compatibles avec des particules de son de blé.	
13/01/12	fragments de parois de grain de blé , compatibles avec des particules de son de blé.	-autres fragments de végétaux attribués à des tourteaux de tournesol -sable d'environnement côtier en très faible quantité	6300 t de blé
14/01/15	fragments de végétaux, dont l'identification serait à approfondir	-fragments de parois de grain de blé, compatibles avec des particules de son de blé ; - fragments de tourteaux de tournesol ; - sable d'environnement côtier	
15/01/12	fragments de parois de grain de blé , compatibles avec des particules de son de blé y compris farine et amidon de blé	-particules minérales naturelles (Fe, Si, AL, K) dont sable côtier, et autres particules anthropiques riches en éléments métalliques (Fe, Cr, Ni, Cu, Zn)	
17/02/12	particules de tourteaux de tournesol	-particules anthropiques-(Zn, Al, Fe, Cr, Ni)	1150 t de tourteaux de tournesol (le 16/02/12)
13/02/12	particules très probablement issues d'une combustion incomplète de solides carbonés	- particules minérales - particules riches en fer d'origine anthropique	Dépôt collecté à Penhoët Mouvements de contestation de salariés de la zone industrialo-portuaire à l'origine de brûlages au niveau du site de Penhoët

illustration par les roses de masse :

Au cours de la période de mesure, au niveau du préleveur du quai oblique, deux principaux types de particules sédimentables ont donc été collectés : du son de blé et des particules de tourteaux de tournesol.

La rose de masse (mg) du quai oblique confirme bien que ces particules trouveraient leur source dans les activités de chargement et déchargement de céréales en face au niveau du bassin de Penhoët.

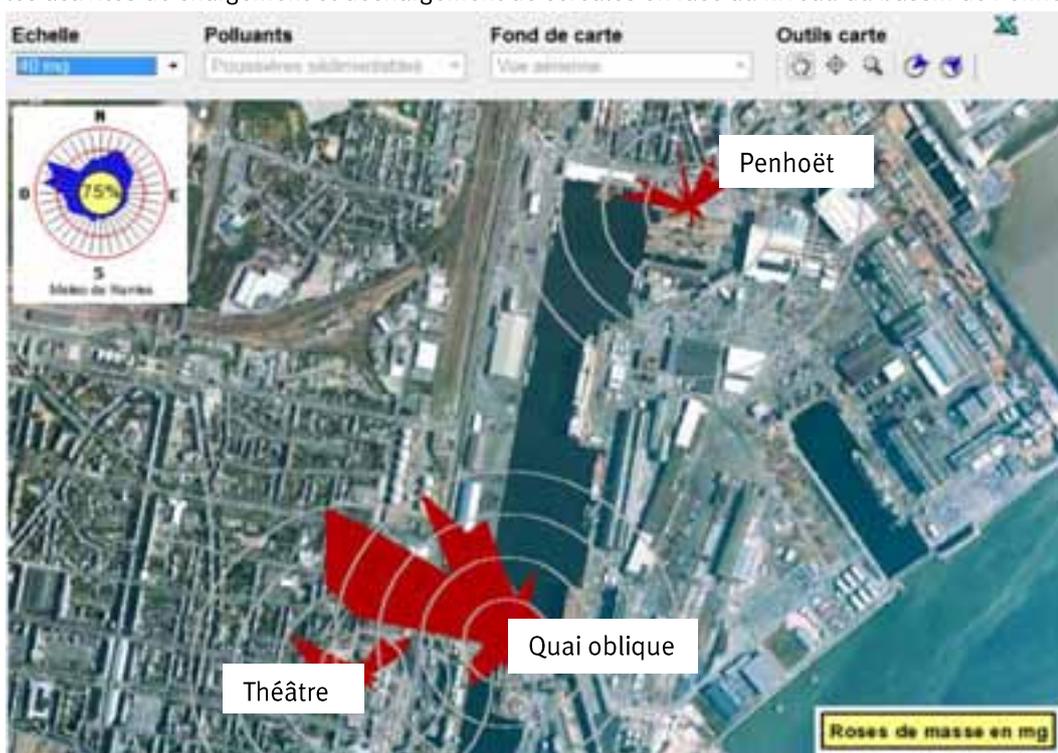


Figure 27 : roses de masse (mg) au niveau des 3 sites de mesure pour l'ensemble de la campagne de mesure

extrapolation à l'année du nombre de dépôts de particules sédimentables

La durée de la campagne a été limitée à quatre mois et demi. L'étude n'est donc pas représentative d'une année d'activité, d'autant plus que l'activité céréalière est corrélée aux conditions climatiques ainsi qu'aux cours des céréales. Par extrapolation des données de trafic de marchandises communiquées par le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, le nombre de dépôts annuel n'excéderait pas une soixantaine (64 chargements de blé ou tourteaux de tournesol ont été comptabilisés en 2009 au niveau du quai GrandsPuits, 61 en 2011 et seulement 42 en 2012) si l'on considère que chaque escale génère (cf. graphiques suivants) un dépôt de particules sédimentables. Cette estimation est à prendre avec précaution sachant qu'elle peut évoluer favorablement en fonction des conditions climatiques (et de la nature des marchandises : granulométrie...) ou défavorablement selon les conditions de remise en suspension des particules déposées.

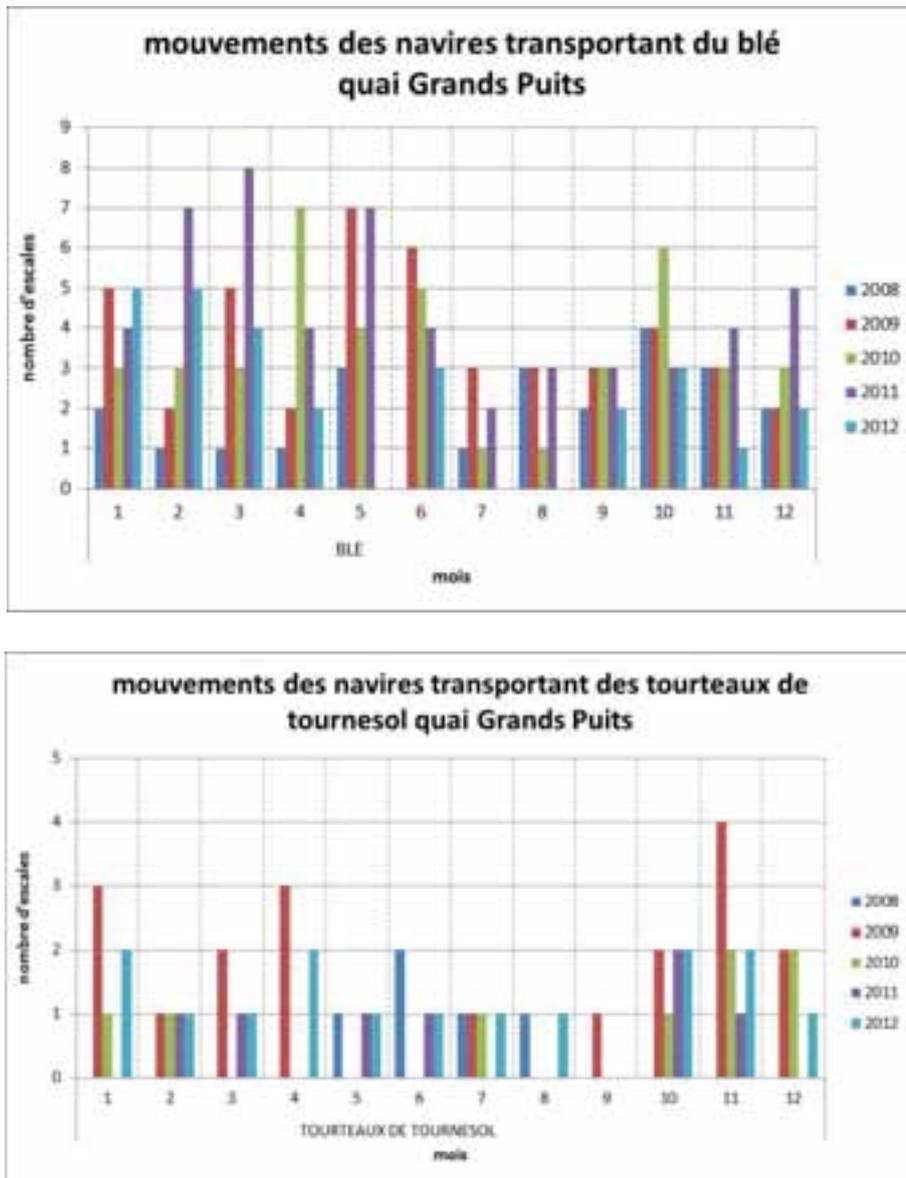


Figure 28 : évolution des escales destinées au transport de blé (en haut) et à celui de tourteaux de tournesol (en bas) au niveau du quai GrandsPuits6 à Saint-Nazaire de 2008 à 2012

Ci-dessous, le tonnage annuel de blé et tourteaux de tournesol transitant au niveau du quai GRANDSPUISS6 calculé à partir des données communiquées par le grand port de Nantes-Saint-Nazaire. Ce graphique montre une baisse notable du tonnage de blé chargé à Saint-Nazaire en 2012. Ces variations sont à rapprocher des conditions climatiques qui influencent directement la récolte et le cours du blé.

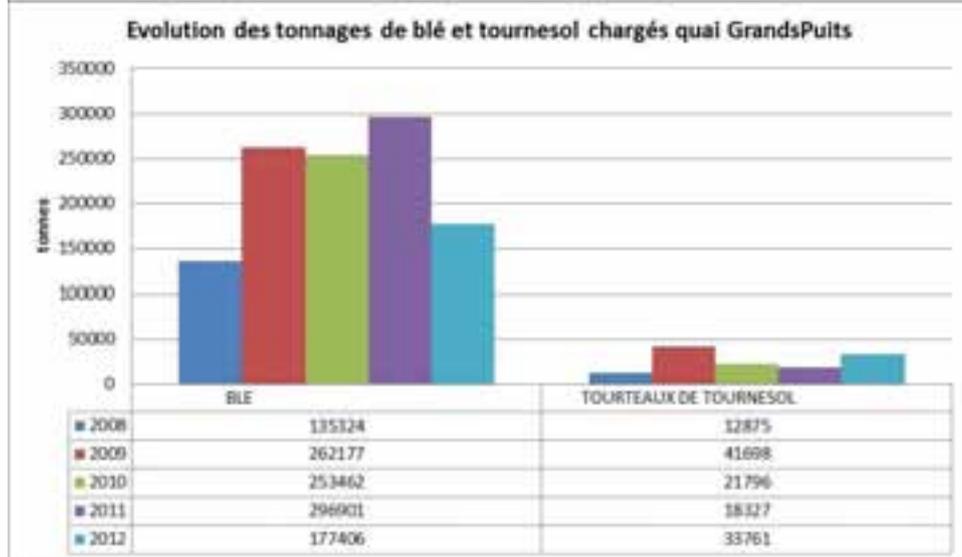


Figure 29 : Evolution des tonnages de marchandises chargées quai Grandspuits de 2008 à 2012

Enfin, il est intéressant de noter que de très grandes quantités (20 000 tonnes de blé en septembre 2012, puis jusqu'à 21000 tonnes en octobre 2012), ont été chargées à bord d'un navire depuis le silo d'Idea Logistique (source : www.nantes.port.fr). Or, si de telles performances logistiques permettent potentiellement de réduire la fréquence d'épisodes de pollution particulaire lié à cette activité au niveau de la zone industrialo-portuaire, elles peuvent être à l'origine d'épisodes plus prolongés et probablement plus intenses.



Source : www.nantes.port.fr

situation par rapport aux valeurs de référence

Les particules sédimentables ne sont pas réglementées. Toutefois, afin d'apprécier les niveaux mesurés, ceux-ci peuvent être comparés aux valeurs de référence décrites ci-dessous :

Selon la norme NFX 43-007, un seuil est dit faible s'il correspond à une quantité inférieure à 30 g/m²/mois, soit 1000 mg/m²/jour, et fort s'il dépasse cette valeur.

En l'absence de seuil réglementaire pour les particules sédimentables, Air Languedoc Roussillon a établi une échelle empirique telle qu'un niveau faible corresponde à une valeur inférieure à 150 mg/m²/jour, un niveau moyen entre 150 et 250 mg/m²/jour, et un niveau fort au-delà de 250 mg/m²/jour.

La norme allemande TA-LUFT considère un niveau de seuil fort au-delà de 350 mg/m²/jour.

Enfin, un arrêté préfectoral à Dunkerque fixe une valeur limite à 1000 mg/m²/jour.

Le tableau ci-dessous synthétise ces valeurs de référence exprimées en (mg/m²/j) :

mg/m ² /j	faible	moyen	fort
NFX 43 - 007	<1000	1000	>1000
TA LUFT (Allemagne)	<350	350	>350
Air Languedoc Roussillon	<150	150 < 250	>250
arrêté préfectoral Dunkerque			>1000

Quelle que soit la valeur de référence, les niveaux mesurés durant la campagne de mesure demeurent faibles puisque le maximum atteint n'excède pas 120 mg/m²/j au niveau du quai oblique.

Il faut souligner ici que ces valeurs de référence sont générales et ne tiennent pas compte de la densité des particules. Ainsi, la gêne ressentie par les habitants peut paraître plus importante pour un dépôt de particules de céréales que pour un dépôt de particules plus denses et de masse identique.

les PM₁₀ et PM_{2,5}

L'influence des activités de chargement et déchargement de céréales, de blé et tourteaux de tournesol notamment, au niveau du bassin de Penhoët étant avérée, l'un des objectifs de cette section du rapport est d'apprécier les effets de ces activités sur les niveaux de particules fines dans l'environnement proche de la zone industrialo-portuaire habitée ou fréquentée par la population.

examen de la représentativité des niveaux mesurés au niveau de la station permanente Blum

profil annuel

Les concentrations moyennes de particules, comme pour la plupart des polluants, présentent un cycle de variation annuel (cf. figure ci-dessous) en lien notamment avec la variabilité des conditions de dispersion et des émissions.

La période de mesure, du 19/12/2011 au 05/04/2012 soit un peu plus de 15 semaines, n'est donc pas représentative de l'année et les niveaux moyens enregistrés ne peuvent être strictement comparés aux valeurs réglementaires, souvent établies à l'échelle annuelle.

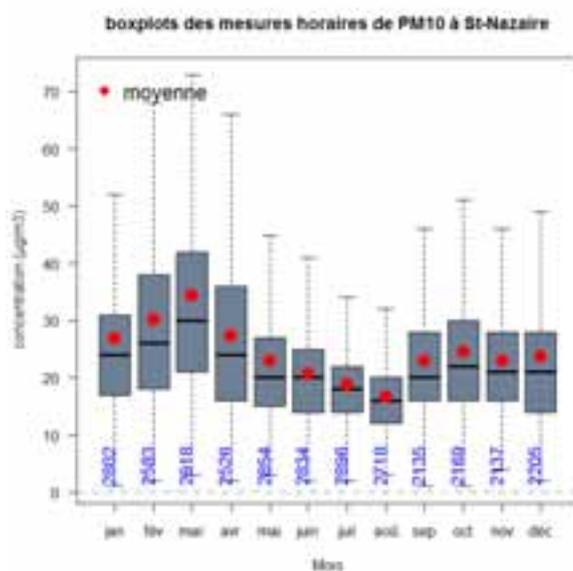


Figure 30 : profil annuel des moyennes horaires de PM₁₀ à Saint-Nazaire

représentativité de la période de mesure

La représentativité des niveaux de pollution durant la période de mesure, c'est-à-dire du 19/12/200(N-1) au 05/04/200(N), a par ailleurs été examinée pour les particules PM₁₀ et PM_{2,5} par rapport aux années précédentes afin d'apprécier un éventuel écart à la normale.

Le site Léon Blum, caractérisant la pollution urbaine de fond de Saint-Nazaire, sert de référence.

Les graphiques suivants, appelés boxplots⁵ (ou boîtes à moustache), représentent la distribution des concentrations mesurées durant la période de la campagne de mesure, soit du 19/12/200(N-1) au 05/04/200(N), à partir de 2008, en comparaison avec les niveaux moyens du 19/12/2011 au 05/04/2012.

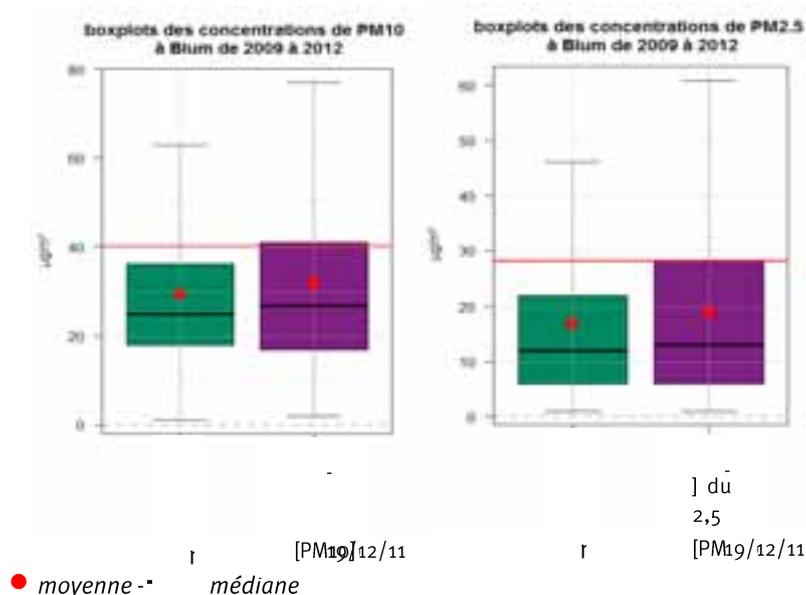


Figure 31 : boxplots des concentrations des périodes 19/12/200(N-1) au 05/04/200(N) sur le site Léon Blum à Saint-Nazaire pour les PM₁₀ (à gauche) et les PM_{2,5} (à droite)

Ils montrent que globalement pour les deux fractions de particules, PM₁₀ et PM_{2,5}, les niveaux moyens mesurés sur le site permanent Blum sont sensiblement supérieurs aux niveaux habituellement mesurés durant cette même période de mesure. Parallèlement, la dispersion des concentrations mesurées au cours de la campagne de mesure est plus large que sur la même période moyenne.

⁵ les premier et troisième quartiles (q₁ et q₃), égales aux percentiles 25 et 75 respectivement : bordures inférieure et supérieure de la boîte rectangulaire

- la médiane : trait horizontal long au sein de la boîte rectangulaire

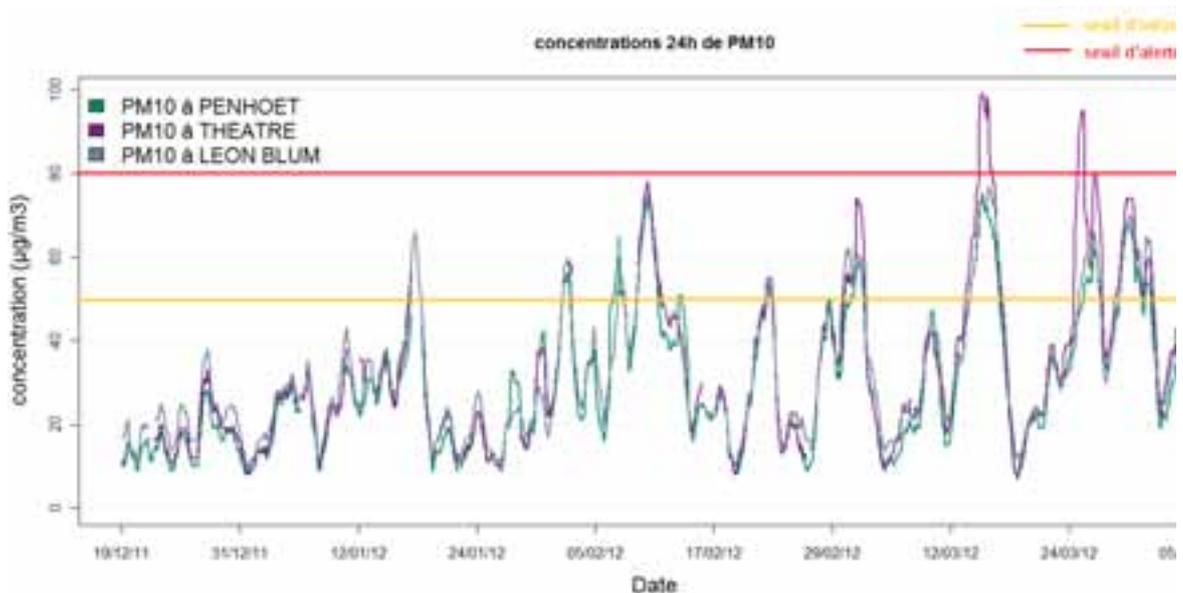
- la moyenne : point rouge au sein de la boîte.

- les extrémités inférieure et supérieure des moustaches : marques en forme de tiret (-) situées sur le trait vertical, et correspondant respectivement à la plus petite donnée supérieure à q₁-1.5*(q₃-q₁), et à la plus grande donnée inférieure à q₃+1.5*(q₃-q₁).

situation par rapport aux valeurs réglementaires

situation par rapport aux seuils d'information et d'alerte

A ce jour il n'existe pas de seuil d'information ni d'alerte pour les particules PM_{2,5}, mais une évolution de la réglementation est à prévoir. La comparaison portera donc sur les particules PM₁₀ dont le seuil d'information est fixé à 50 µg/m³ et le seuil d'alerte à 80 µg/m³ en moyenne 24-horaire.



Le graphique ci-dessus met en évidence le dépassement fréquent (près d'1 jour sur 4) du seuil d'information et plus ponctuellement du seuil d'alerte (6 jours). Les dates de ces pics de pollution particulaire sont répertoriées en annexe 3 pour chacun des sites de mesure.

Durant la campagne de mesure, le seuil d'information a été franchi au cours de 30 journées tous sites de mesure de Saint-Nazaire confondus avec 24 dépassements pour chacun des sites : le site permanent de Léon Blum, le site de mesure du quartier de Penhoët et celui du parking du Théâtre.

Les sites temporaires comme ceux du Théâtre et du quartier Penhoët ne sont pas intégrés aux procédures d'information et d'alerte, seuls les sites permanents le sont. De ce fait les journées de dépassements du seuil d'information (6, 13, 23 et 28 février et les 24 et 28 mars) et les 6 journées de dépassement du seuil d'alerte (du 14 au 16 mars et du 24 au 26 mars) enregistrées dans la zone industrialo-portuaire n'ont pas fait l'objet de procédure d'information et d'alerte.

Au cours de l'étude, les moyennes horaires maximales de particules PM₁₀ enregistrées respectivement dans le quartier Penhoët, au parking du Théâtre et sur le site urbain de Saint-Nazaire ont été de 295, 350 et 148 µg/m³. Par comparaison sur cette même période, les moyennes horaires maximales de PM₁₀ mesurées sur le site de Parscau du Plessis en Basse Loire et de la Chauvinière à Nantes ont atteint respectivement 97 et 122 µg/m³.

Des niveaux de pointe tels que ceux enregistrés au niveau du bassin de Penhoët au premier trimestre 2012 n'ont finalement jamais été égalés sur le réseau régional de surveillance au cours de l'année 2012. Le seuil d'alerte a été atteint à Angers et La Roche-sur-Yon le 10 février 2012. Les moyennes 24-horaires de PM₁₀ ont alors atteint 80 µg/m³ dans chacune de ces agglomérations.

situation des niveaux moyens

Il s'agit d'apprécier la situation des niveaux moyens de particules mesurés durant la campagne de mesure par rapport aux niveaux moyens mesurés sur le réseau permanent ainsi qu'aux moyennes annuelles réglementaires.

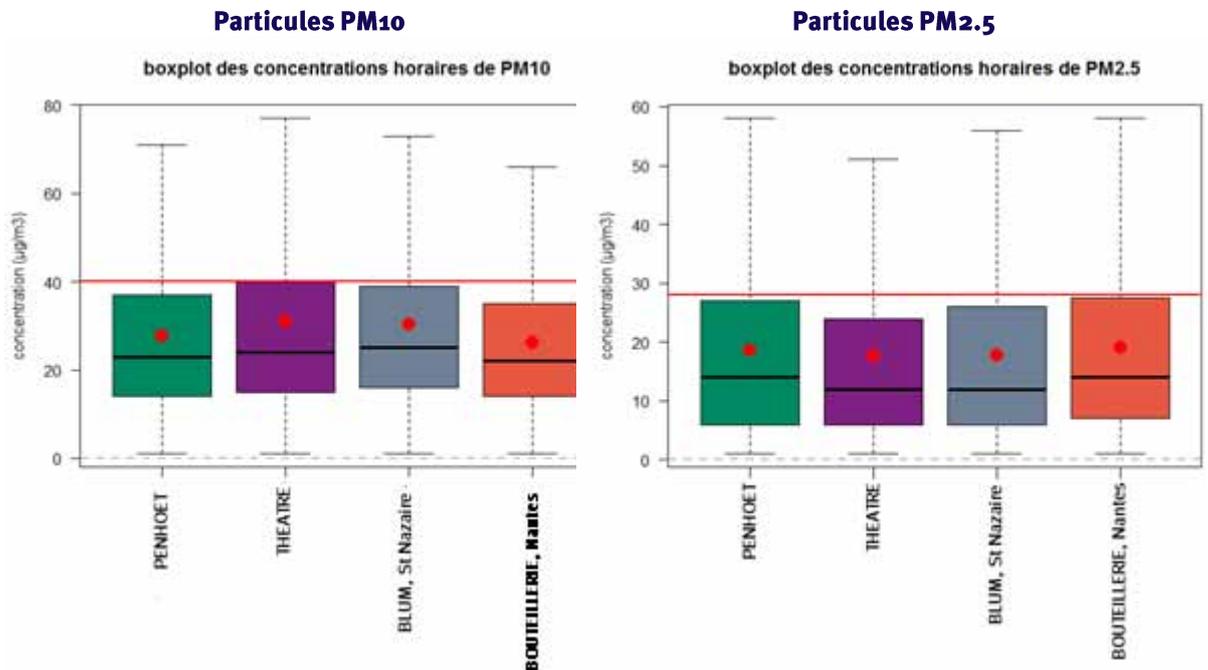


Figure 32 : boxplots des concentrations horaires de particules PM10 et PM2.5 enregistrées au cours de la campagne de mesure

Les élévations ponctuelles présentées précédemment laissent a priori supposer un impact sur les niveaux moyens. Mais malgré leur fréquence, la persistance de ces pics n'a pas été suffisante pour augmenter significativement les concentrations moyennes mesurées au niveau de la zone industrialo-portuaire par rapport aux niveaux moyens urbains de fond. En revanche, ces pics se répercutent sur la distribution des concentrations horaires qui apparaissent plus dispersées pour les PM10 au niveau de la zone industrialo-portuaire.

S'agissant des moyennes annuelles réglementaires fixées respectivement à 40 et 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules PM10 et PM2,5, une comparaison stricte ne peut être réalisée à partir de 4 mois de mesure. Toutefois, par extrapolation et à partir des statistiques du réseau permanent, un dépassement de valeur limite est peu probable. A titre indicatif, les moyennes annuelles 2012 de PM10 et PM2,5 mesurées sur le site urbain Blum ont été respectivement de 24 et 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

description des profils de concentrations de particules fines

La plupart des dépassements de seuils réglementaires constatés au cours de la campagne de mesure, sont à rapprocher d'épisodes de pollution particulaire étendus.

Toutefois, les élévations des niveaux de particules sédimentables constatés pourraient a priori être associées à une élévation parallèle des niveaux de particules fines. Il va donc s'agir dans un premier temps de décrire plus précisément les épisodes ponctuels de pollution particulaire et d'examiner en parallèle les profils de particules fines et de particules sédimentables aux dates de collecte des dépôts avérés, ceci afin d'apprécier une éventuelle corrélation.

Les autres élévations des concentrations de particules fines seront examinées dans un second temps.

• examen des profils lors de la collecte des 4 dépôts majeurs

date	Particules PM ₁₀ et PM _{2,5} (concentrations quart-horaires en µg/m ³)	Particules sédimentables (mg/m ² /j)
26-28/01/12		
15/02/12		
06-07/03/12		
03-04/0412		

- **dépôts des 26 et 27 janvier 2012**

Le 27 janvier des particules sédimentables de blé issues d'un chargement de blé ont été collectées au niveau du quai oblique et du quartier du Penhoët (données non disponible au Théâtre). Parallèlement, les concentrations de particules fines PM10 et PM2,5 se sont élevées au-delà des niveaux enregistrés sur le site urbain de fond Blum, laissant supposer que cette hausse pourrait être attribuée au chargement du navire ayant eu lieu ce jour. L'épisode est toutefois resté ponctuel, puisqu'il n'a duré que 2 heures.

- **dépôt du 15 février 2012**

Le 15 février, un autre dépôt majeur de particules sédimentables majoritairement constituées de blé en lien avec le chargement d'un navire, a été collecté au quai oblique. Ce même jour, alors que le profil de concentration de PM10 du site urbain de fond Blum restait linéaire, un pic se formait simultanément au niveau des 2 sites de mesure de la zone industrialo-portuaire, celui du Théâtre étant toutefois plus marqué que celui du quartier du Penhoët.

Deux hypothèses peuvent ici être émises pour interpréter ces hausses simultanées. La première, comme dans le cas précédent, serait d'attribuer ces concentrations au chargement du navire du 15 février. La seconde hypothèse serait d'attribuer ces pics ponctuels aux travaux de la rue Henri Gautier. En effet, les vents de secteur Nord-Est qui place le site de mesure sous les vents de la rue Henri Gautier et les niveaux de NO2 enregistrés sur le parking du Théâtre (supérieurs à ceux mesurés sur le site Léon Blum) confortent cette seconde hypothèse pour le site du Théâtre (cf. graphiques ci-dessous).

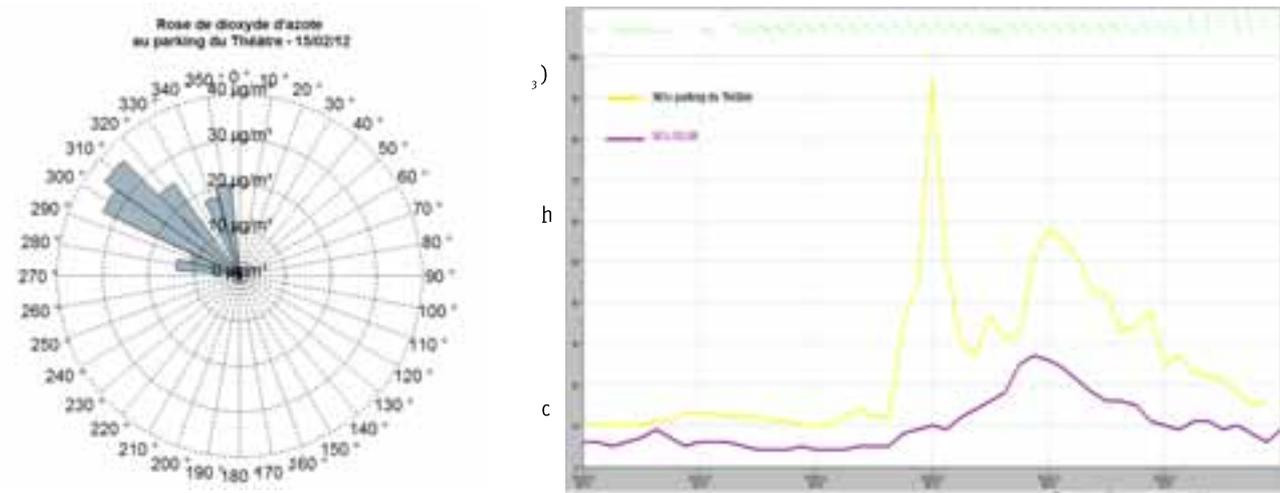


Figure 33 : rose de dioxyde d'azote mesurée le 15/02/12 au parking du Théâtre (à gauche) et concentration quart-horaires des niveaux de dioxyde d'azote ce même jour au parking du Théâtre et sur le site urbain Blum (à droite)

- **dépôt du 6 mars 2012**

Ces mêmes hypothèses peuvent être avancées dans le cas du dépôt de blé du 6 mars. Le profil de particules PM10 mesuré au parking du théâtre est accidenté et plusieurs pics sont répertoriés ce jour-là. En revanche, les niveaux de NO2 mesurés au Théâtre sont très similaires à ceux mesurés en situation de fond à Saint Nazaire, laissant supposer qu'aucun engin de chantier n'ait influencé la mesure.

- **dépôt du 3 avril 2012**

En revanche, alors qu'un chargement de tourteaux de tournesol a été enregistré le 3 avril 2012 et un dépôt de particules sédimentables de tourteaux de tournesol mesuré et collecté, les concentrations de particules fines ne montrent pas de variation particulière susceptible de traduire un impact du chargement sur leurs niveaux et ceci bien que des vents de secteur aient soufflé, plaçant le site du théâtre sous l'influence de la zone industrialo-portuaire. Cette atypie, par rapport aux trois autres évènements décrits précédemment, pourrait être liée à la nature même du chargement qui au lieu d'être du blé comme dans les autres dépôts était alors du tourteau de tournesol.

Cette dernière observation laisse supposer que la distribution granulométrique des particules émises lors d'un chargement de blé est plus étendue, et contient donc davantage de fines particules, que les particules émises lors d'un chargement de tourteaux de tournesol constitué de particules de dimensions plus homogènes.

- **examen des profils sur l'ensemble de la campagne**

Afin d'examiner l'évolution des profils quotidiens des teneurs en particules fines nous avons considéré la notion de surconcentration liée aux activités portuaires.

Ainsi, si la moyenne des concentrations mesurées sur les stations permanentes de Parscau du Plessis, Frossay et Saint-Etienne-de-Montluc (hors période d'influence) est considérée comme une moyenne de fond rurale et les niveaux de la station Blum comme une moyenne de fond urbaine, les différences significatives issues de la soustraction de ces contributions, rurale et urbaine, aux concentrations particulières mesurées à Penhoët d'une part et au niveau du parking du Théâtre d'autre part, peuvent être attribuées à une source spécifique et qualifiées de « surconcentrations ».

Ces surconcentrations en PM₁₀ sont représentées graphiquement ci-dessous, les zones grisées correspondant aux escales de navires destinées au chargement/déchargement de céréales au niveau du quai Grandspuits6 communiquées par le Grand Port de Nantes Saint-Nazaire.

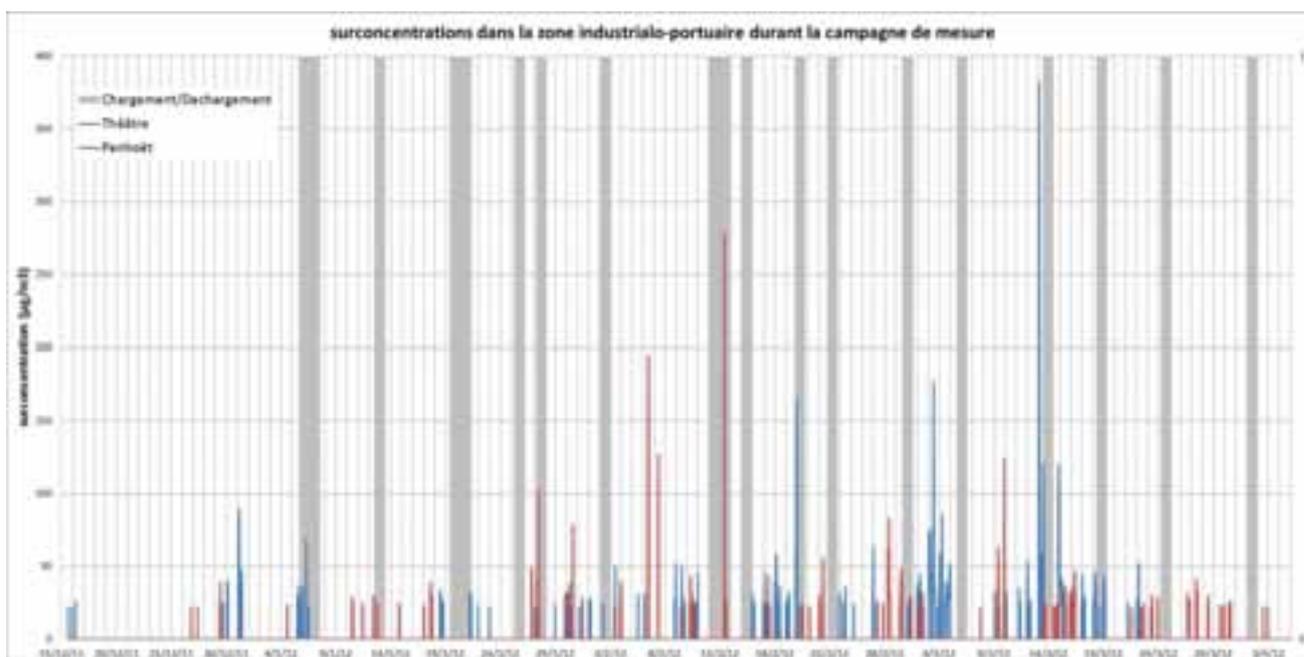


Figure 34 : épisodes de surconcentrations à Penhoët et au Théâtre. Les zones grisées correspondent aux escales de navires destinées au chargement/déchargement de céréales au niveau du quai Grandspuits6 (source : Grand Port de Nantes Saint-Nazaire).

Ce graphique fait apparaître de manière assez évidente que si les activités de chargement/déchargement de céréales à l'origine des dépôts majeurs examinés précédemment peuvent s'accompagner d'une mise en suspension de particules fines (PM₁₀), d'autres chargements semblent générer ce même phénomène. C'est le cas notamment, lors des escales des 6, 7, et 21 janvier, 2 février, 2 et 20 mars.

Cette observation est peu visible sur les PM_{2.5}.

La rose de pollution moyenne correspondant à ces épisodes de surconcentrations (ci-dessous) conforte l'hypothèse de l'influence des activités de transfert de céréales sur les niveaux de particules fines au niveau du parking du Théâtre. Il est à noter que la rose du site de Penhoët se trouve biaisée par les brûlages volontaires du mois de février déclenchés lors d'un mouvement de contestation de salariés de la zone industrialo-portuaire.

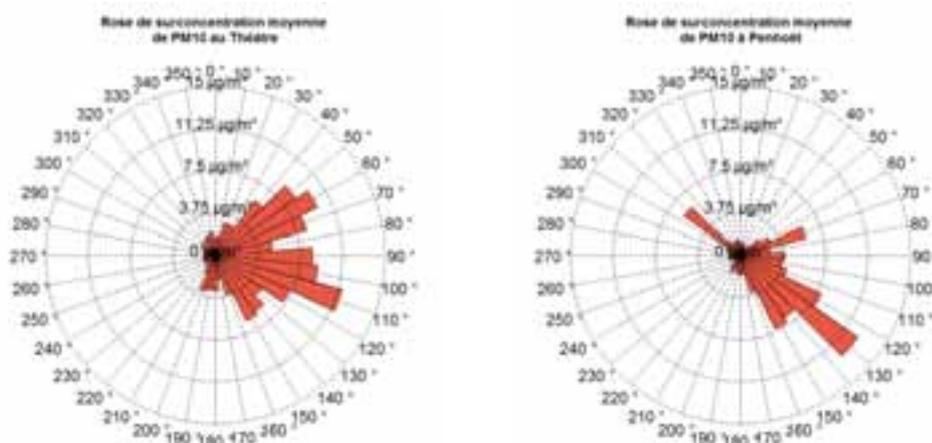


Figure 35 : roses de surconcentration au Théâtre (à gauche) et à Penhoët (à droite)

Les élévations des niveaux de particules similaires à celles constatées sur les stations de référence ne laissant pas apparaître de surconcentrations, sont attribuables à une pollution étendue au-delà du périmètre d'étude. Il peut s'agir dans certains cas d'une pollution à l'échelle régionale voire transfrontalière pour certains épisodes.

Plusieurs dépassements du seuil d'information pour les PM₁₀ localisés au niveau de la zone industrialo-portuaire et liés à son activité (cf. annexe 3) ont été constatés sur le site de Penhoët (6, 13, 28 février) et au niveau du Théâtre (23 février, 28 mars). Un dépassement isolé du seuil d'alerte a même été enregistré le 24 mars sur le site du Théâtre. Ces dépassements seraient à mettre en relation avec les activités de chargement et déchargement.

Par ailleurs, deux autres épisodes de pollution ont donné lieu au dépassement du seuil d'alerte sur deux périodes consécutives de trois jours sur le site du Théâtre.

Le premier, du 14 au 16 mars, aurait été provoqué par un épisode de pollution particulaire étendu et amplifié par une pollution locale. Le chargement du navire enregistré le 15 mars pourrait en être la cause.

Le second épisode s'étend du 24 au 26 mars et a été initié par une forte hausse des concentrations localement, les autres capteurs n'ayant pas été influencés. Des travaux, un transfert de céréales par voie terrestre ou une autre source sont à privilégier à un chargement de céréales puisqu'aucun navire n'aurait fait escale au cours de cette période.

caractérisation des dépôts de particules fines

La caractérisation des particules fines permettrait de conclure quant à l'influence des activités de chargement/déchargement sur leurs niveaux.

La recherche d'une fraction inhalable de particules de blé et de tournesol par apprentissage à partir du son de blé et des particules de tourteaux de tournesol sédimentés a ainsi été essayée mais une approche par biologie moléculaire ou la mise en œuvre d'un dispositif de mesure plus complexe devrait permettre cette caractérisation.

Toutefois, l'élévation parallèle des niveaux de particules sédimentables et des particules en suspension légitime l'hypothèse de l'existence d'une fraction inhalable de particules de céréales qui s'ajouteraient au niveau de fond urbain.

conclusions et perspectives

Un des objectifs premiers de cette étude était d'apprécier l'influence de la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire sur les niveaux de particules dans son environnement. Pour ce faire, les particules sédimentables, non réglementées, ont été collectées ; parallèlement les particules fines PM₁₀ et PM_{2,5} soumises à réglementation ont également été mesurées.

S'agissant des particules sédimentables, l'étude met en évidence l'influence des activités de chargement/déchargement de céréales, de blé et tourteaux de tournesol plus spécifiquement, lors des escales de navires au niveau du quai Grandspuits⁶ du bassin de Penhoët. En effet la caractérisation des dépôts collectés par MEB montre la présence prédominante de blé et de tourteaux de tournesol. Des particules de métaux et de sables ont également été identifiées assez fréquemment mais en faible quantité.

La fréquence des chargements et déchargements (19 escales en 3 mois 1/2 de mesure) laisse apprécier la gêne pouvant être perçue par une partie de la population. Toutefois, la sédimentation et donc l'impact de ces activités s'atténue fortement avec la distance à la source et varie en fonction des conditions climatiques, de la direction des vents notamment. Ainsi, situé à 1 km du quai Grandspuits⁶ et sous un régime de vents dominants de secteurs nord-est et nord-ouest durant la campagne de mesure, le quartier Penhoët a davantage été affecté par les mouvements de grève des salariés de la zone industrialo-portuaire que par les activités de chargement de céréales. Le parking du Théâtre, de par sa proximité notamment (à 400 m du quai), a été plus influencé par ces transferts de céréales mais relativement peu par rapport au quai oblique situé en face et à seulement 200 m.

Certains profils des niveaux de particules fines, PM₁₀ le plus souvent mais aussi PM_{2,5}, ont pu être corrélés avec les profils de sédimentables, laissant supposer que les activités de chargement/déchargement de céréales pourraient générer une fraction fine de particules à l'origine de hausses locales et ponctuelles de leurs concentrations.

Une étude complémentaire permettrait de le confirmer. Le cas échéant, ou par simple application du principe de précaution, une suspension des activités de chargement/déchargement de matière pulvérulente pourrait être envisagée en cas d'épisode de pollution particulaire généralisé, à adapter éventuellement en fonction des prévisions de vent de sorte que la population ne soit potentiellement pas sur-exposée.

Par ailleurs, les travaux de voirie de la rue Henri Gautier et d'aménagements paysagers du parking du Théâtre ont probablement généré des émissions de particules fines ayant pu influencer les mesures réalisées au niveau du Théâtre.

perspectives

Les dépassements des seuils d'information et d'alerte au niveau de la zone industrialo-portuaire conduisent Air Pays de la Loire à recommander un suivi des niveaux de particules (PM₁₀, PM_{2,5}) dans la zone Ville Port. Ce suivi pourrait s'intégrer dans le cadre d'une réflexion à initier sur la réactualisation du dispositif de surveillance de la zone portuaire.

Des préconisations peuvent par ailleurs être proposées afin de limiter les émissions de particules ou leur remise en suspension (comme le capotage des bandes transporteuses, l'écrêtage des tas de matière pulvérulente en aérien (pour le terminal sablier par exemple ou encore l'arrosage/nettoyage des surfaces couvertes de particules sédimentées).

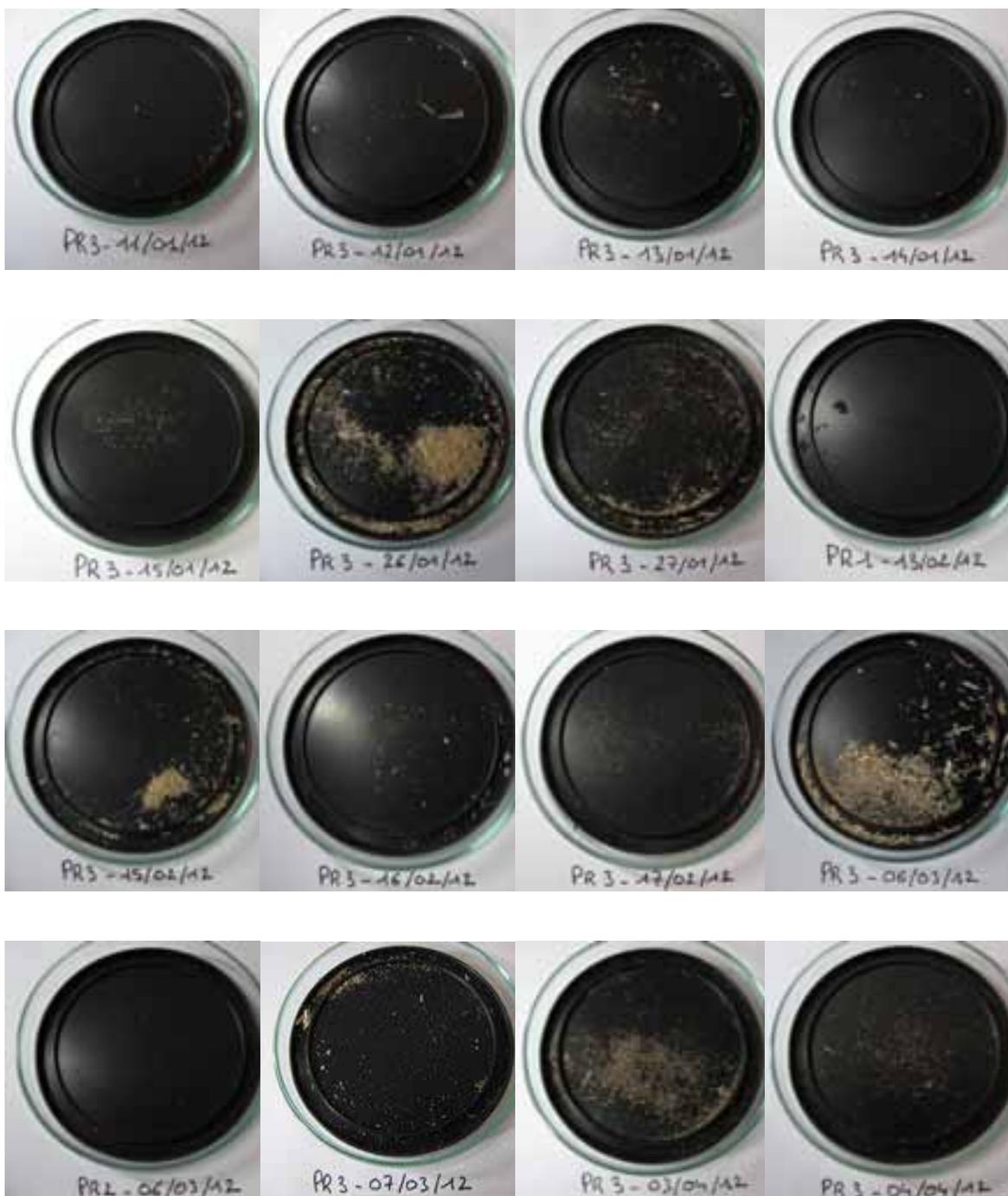
La mise à disposition d'un numéro vert pour recueillir les plaintes des habitants (exemple de Gravelines, dans le cadre du SPPPI Côte d'Opale (11)) permettrait d'identifier de façon complémentaire la gêne occasionnée par les activités de la zone industrialo-portuaire et d'affiner les résultats de cette étude, voire de caractériser les dépôts de particules par la mise en place d'un système de prélèvements manuels lors d'un dépôt de plainte.

Enfin, il serait important d'adapter les activités du port en fonction des prévisions d'épisodes de pollution particulaire.

annexes

- annexe 1 : photographies des dépôts de particules sédimentables collectés au cours de la campagne de mesure
- annexe 2 : polluants
- annexe 3 : dates de dépassement des seuils d'information et d'alerte pour les particules PM₁₀ à Saint-Nazaire au cours de la période de mesure
- annexe 4 : Air Pays de la Loire
- annexe 5 : techniques d'évaluation
- annexe 6 : types des sites de mesure
- annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2012, 2011

annexe 1: photographies des dépôts de particules sédimentables collectés au cours de la campagne de mesure



annexe 2 : polluants

les oxydes d'azote (NOx)

Les NOx comprennent essentiellement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ils résultent de la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air à haute température. Environ 95 % de ces oxydes sont la conséquence de l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel). Le trafic routier (59 %) en est la source principale. Ils participent à la formation des retombées acides. Sous l'action de la lumière, ils contribuent à la formation d'ozone au niveau du sol (ozone troposphérique).

Le monoxyde d'azote présent dans l'air inspiré passe à travers les alvéoles pulmonaires, se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine. Les organes sont alors moins bien oxygénés.

Le dioxyde d'azote pénètre dans les voies respiratoires profondes. Il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants. Aux concentrations rencontrées habituellement, le dioxyde d'azote provoque une hyperréactivité bronchique chez les asthmatiques.

les particules fines

Les particules ou poussières constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverses et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux lourds ou des hydrocarbures. De diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀), elles restent plutôt en suspension dans l'air. Supérieures à 10 µm, elles se déposent, plus ou moins vite, au voisinage de leurs sources d'émission. Les particules plus fines, appelées PM_{2,5} (diamètre inférieur à 2,5 µm) pénètrent plus profondément dans les poumons. Celles-ci peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines et parcourir de longues distances.

La profondeur de pénétration des particules dans l'arbre pulmonaire est directement liée à leurs dimensions, les plus grosses étant arrêtées puis éliminées au niveau du nez et des voies respiratoires supérieures. Le rôle des particules en suspension a été montré dans certaines atteintes fonctionnelles respiratoires, le déclenchement de crises d'asthme et la hausse du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire ou respiratoire, notamment chez les sujets sensibles (enfants, bronchitiques chroniques, asthmatiques...).

Certains hydrocarbures aromatiques polycycliques portés par les particules rejetées par les véhicules sont classés comme probablement cancérogènes chez l'homme.

annexe 3 : dates de dépassement des seuils d'information et d'alerte pour les particules PM₁₀ à Saint-Nazaire au cours de la période de mesure

Le tableau suivant répertorie l'ensemble des dépassements du seuil d'information et d'alerte (respectivement 50 µg/m³ et 80 µg/m³ en moyenne 24-horaires) en distinguant les dépassements généralisés à l'ensemble de l'agglomération nazairienne et ceux localisés au niveau de la zone industrialo-portuaire et liés à son activité.

dépassement du seuil 50µg/m ³			
dépassement localisé du seuil 50µg/m ³			
dépassement du seuil 80µg/m ³			
	LEON BLUM	PENHOET	THEATRE
1	17/01/2012		17/01/2012
2	18/01/2012		
3	01/02/2012	01/02/2012	
4	02/02/2012	02/02/2012	02/02/2012
5		06/02/2012	
6	07/02/2012	07/02/2012	
7	09/02/2012	09/02/2012	09/02/2012
8	10/02/2012	10/02/2012	10/02/2012
9	11/02/2012	11/02/2012	11/02/2012
10		13/02/2012	
11	22/02/2012	22/02/2012	22/02/2012
12			23/02/2012
13		28/02/2012	
14	01/03/2012	01/03/2012	01/03/2012
15	02/03/2012	02/03/2012	02/03/2012
16	03/03/2012	03/03/2012	03/03/2012
17	13/03/2012	13/03/2012	13/03/2012
18	14/03/2012	14/03/2012	14/03/2012
19	15/03/2012	15/03/2012	15/03/2012
20	16/03/2012	16/03/2012	16/03/2012
21	17/03/2012		17/03/2012
22			24/03/2012
23	25/03/2012	25/03/2012	25/03/2012
24	26/03/2012	26/03/2012	26/03/2012
25	27/03/2012	27/03/2012	27/03/2012
26			28/03/2012
27	29/03/2012	29/03/2012	29/03/2012
28	30/03/2012	30/03/2012	30/03/2012
29	31/03/2012	31/03/2012	31/03/2012
30	01/04/2012	01/04/2012	01/04/2012

annexe 4 : Air Pays de la Loire

Dotée d'une solide expertise riche de trente ans d'expérience, Air Pays de la Loire est agréée par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie pour surveiller la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire. Air Pays de la Loire regroupe de manière équilibrée l'ensemble des acteurs de la qualité de l'air : services de l'État et établissements publics, collectivités territoriales, industriels et associations et personnalités qualifiées.

Air Pays de la Loire mène deux missions d'intérêt général : surveiller et informer.

surveiller pour savoir et comprendre



l'air de la région sous haute surveillance

Fonctionnant 24 heures sur 24, le dispositif permanent de surveillance est constitué d'une quarantaine de sites de mesure, déployés sur l'ensemble de la région : principales agglomérations, zones industrielles et zones rurales.

mesurer où et quand c'est nécessaire

Air Pays de la Loire s'est doté de systèmes mobiles de mesure (laboratoires mobiles, préleveurs...). Ces appareils permettent d'établir un diagnostic complet de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Des campagnes de mesure temporaires et ciblées sont ainsi menées régulièrement sur l'ensemble de la région.

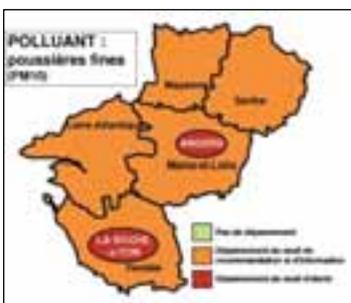
la fiabilité des mesures garantie

Les mesures de qualité de l'air consistent le plus souvent à détecter de très faibles traces de polluants. Elles nécessitent donc le respect de protocoles très précis. Pour assurer la qualité de ces mesures, Air Pays de la Loire dispose d'un laboratoire d'étalonnage, airplab accrédité par le Cofrac et raccordé au Laboratoire National d'Essais.



simuler et cartographier la pollution

Pour évaluer la pollution dans les secteurs non mesurés, Air Pays de la Loire utilise des logiciels de modélisation. Ces logiciels simulent la répartition de la pollution dans le temps et l'espace et permettent d'obtenir une cartographie de la qualité de l'air. La modélisation permet par ailleurs d'estimer l'impact de la réduction, permanente ou ponctuelle, des rejets polluants. Elle constitue un outil d'aide à la décision pour les autorités publiques compétentes et les acteurs privés.



prévoir la qualité de l'air

Si le public souhaite connaître la pollution prévue pour le lendemain afin de pouvoir adapter ses activités, les autorités politiques ont, elles, besoin d'anticiper les pics de pollution pour pouvoir prendre les mesures adaptées. En réponse à cette attente, Air Pays de la Loire réalise des prévisions de la pollution atmosphérique grâce à sa plateforme IRIS.

informer pour prévenir



pics de pollution : une vigilance permanente

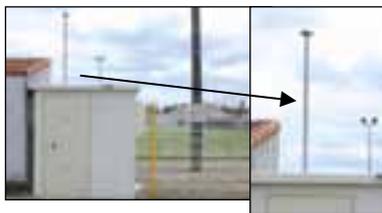
En cas d'épisodes de pollution, une information spécifique est adressée aux autorités publiques et aux médias. Suivant les concentrations de pollution atteintes, le préfet de département prend, si nécessaire, des mesures visant à réduire les émissions de polluants (limitations de vitesse, diminution d'activités industrielles...)

sur Internet : tous les résultats, tous les dossiers

Le site Internet www.airpl.org donne accès à de très nombreuses informations sur la qualité de l'air des Pays de la Loire. Elles sont actualisées toutes les heures. On y trouve les cartes de pollution et de vigilance, les communiqués d'alerte, les indices de la qualité de l'air, les mesures de pollution heure par heure, les actualités, toutes les publications d'Air Pays de la Loire...

annexe 5 : techniques d'évaluation

mesures



les sites fixes

C'est le principal moyen de surveillance : il existe une trentaine de sites fixes dans les Pays de la Loire. Ils surveillent en continu la qualité de l'air des principales agglomérations de la région, des zones industrielles de Basse-Loire, et également dans un secteur rural dans l'est de la Vendée. Fonctionnant 24 heures sur 24, ils sont équipés d'analyseurs spécifiques des principaux indicateurs de pollution atmosphérique : dioxyde de soufre, oxydes d'azote, ozone, particules PM₁₀ ou PM_{2,5}, monoxyde de carbone, BTX. Ces stations sont reliées au poste central d'Air Pays de la Loire où les données sont traitées et servent le cas échéant à activer les procédures d'information et d'alerte.



les laboratoires mobiles

La région des Pays de la Loire est dotée de deux laboratoires mobiles de surveillance de la qualité de l'air. Ces systèmes, équipés d'analyseurs spécifiques (NO_x, SO₂, O₃, PM₁₀, CO) comme les sites fixes, permettent d'établir un diagnostic de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Les applications sont diverses : impact industriel ou urbain, validation de futurs sites fixes, communication...

Mesure des Dépôts de Particules



ADA_Mass implanté sur le site à surveiller

- Contrôle réglementaire des sites industriels
- Démarche ISO 14000
- Réseaux de surveillance de la pollution de l'air
- Etude sur l'origine des plaintes liées aux poussières
- Etude d'impact et étude pour hiérarchiser les sources d'un site industriel

ADA_Mass

Mesure Automatique des dépôts de poussières sédimentables

Développé avec le réseau public de surveillance de la pollution de l'air OPALAIR et le service environnement de SOLLAC Atlantique (groupe ARCELOR), ADA_Mass est le premier appareil entièrement automatique de mesure des dépôts de poussières sédimentables.

La mesure horaire de la masse déposée et la collecte sur 24 heures des poussières permettent de visualiser les périodes de forte déposition et de réaliser des analyses chimiques des dépôts lors des pointes de pollution ou pour certaines directions de vent.

Parfaitement adapté à la surveillance des sites industriels, ADA_Mass permet de hiérarchiser les sources de poussières et de mieux comprendre les plaintes de voisinage.

Son autonomie de 1 mois et son module de communication par réseau téléphonique facilitent l'intégration dans un dispositif de surveillance automatisé.

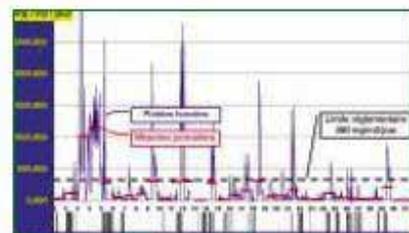


Diagramme horaire et journalier des retombées

www.aloatec.com

825 rue Marcel DORET
62100 CALAIS FRANCE
tél 03 21 34 96 45
fax 03 21 97 56 20



Capteur ADA_Mass

PRELEVEMENTS

Sédimentation naturelle sans aspiration
 Diamètre de collecte 450 mm
 Détection automatique de la pluie ruisselante
 Séparation automatique des dépôts secs et humides
 Collecte des dépôts secs sur 24 heures
 Collecte des dépôts humides en bouteille

NORMES

NFX43006, ISO 42 222, Directive Européenne 1999/30/EC du 22 avril 1999 pour la mesure des métaux lourds

MESURES

mesures horaires et journalières de la déposition sèche exprimée en mg/m²/jour

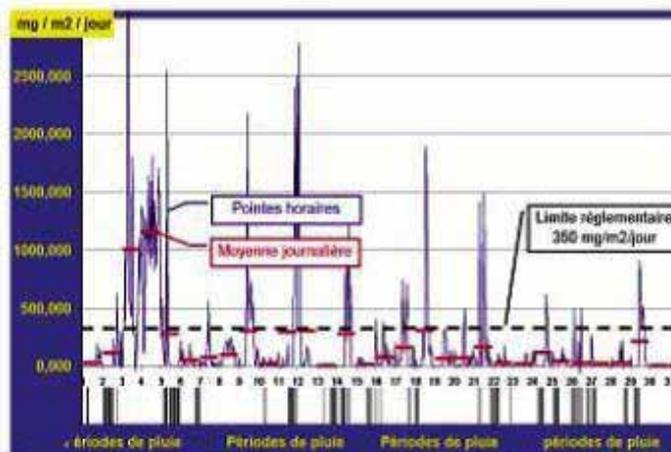
PERFORMANCES

Sensibilité 10 mg/m²/jour
 Répétabilité 20% (graphe 4)
 Corrélation meilleure que 20% avec des plaquettes de dépôts exposées 7 jours (norme NFX 43007 « plaquettes DIEM ») (graphes 2 et 3)

DIVERS

Autonomie 32 jours
 Récupération des données sur ZIP ou Communication par Modem sur réseau téléphonique
 H 1,80 m / L 0,65 m / 0,45 m / Poids 95 kg
 Installation sur dalle de béton 1 m x 1 m
 Alimentation 220V / 2 kW
 Système régulé en température par climatisation

Quelques Références :
 KRUPP (groupe HKM), TOTAL FINA ELF,
 SOLLAC - UGINE (groupe ARCELOR)



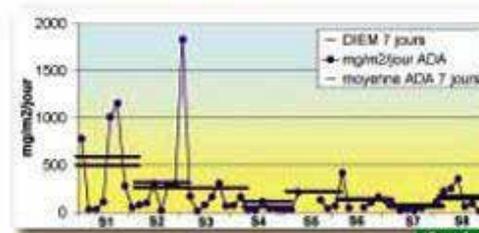
Graph 1

Le graph 1 présente les mesures horaires et journalières des dépôts sur un mois dans un environnement urbain situé à 1,7 km d'un site industriel.

La limite réglementaire fait référence à la norme TA Luft Allemande qui impose une moyenne mensuelle de 350 mg/m²/jour. En moyenne sur un mois, la norme semble bien respectée; toutefois du 3 au 6 du

mois, un épisode de forte déposition a été constaté.

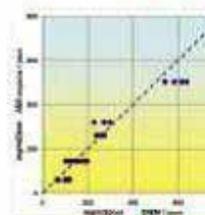
Le réseau de surveillance a enregistré de nombreuses plaintes pour les poussières dans cette période. L'examen visuel des dépôts collectés par ADA et l'analyse des valeurs horaires en fonction de la direction du vent ont permis à l'industriel d'identifier très rapidement l'origine de cet épisode.



Graph 2



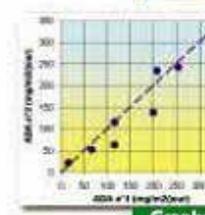
Lamelle de collecte des dépôts secs journaliers



Graph 3



Visite mensuelle, échange des lamelles



Graph 4

annexe 6 : types des sites de mesure

Les sites de mesure sont localisés selon des objectifs précis de surveillance de la qualité de l'air, définis au plan national.



sites urbains

Les sites urbains sont localisés dans une zone densément peuplée en milieu urbain et de façon à ne pas être soumis à une source déterminée de pollution ; ils caractérisent la pollution moyenne de cette zone.



sites industriels

Les sites industriels sont localisés de façon à être soumis aux rejets atmosphériques des établissements industriels ; ils caractérisent la pollution maximale due à ces sources fixes.



sites ruraux

Les sites ruraux participent à la surveillance de l'exposition des écosystèmes et de la population à la pollution atmosphérique de fond (notamment photochimique).

annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2011

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DONNÉE DE BASE	POLLUANT												
		Ozone	Dioxyde d'azote	Oxydes d'azote	Poussières (PM10)	Poussières (PM2,5)	Plomb	Benzène	Monoxyde de carbone	Dioxyde de soufre	Arsenic	Cadmium	Nickel	Benzo(a) pyrène
décret 2010-1250 du 21/10/2010														
valeurs limites	moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	28 ⁽²⁾	0,5	5	-	20 ⁽³⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	-	350 ⁽⁶⁾	-	-	-	-
seuils d'alerte	moyenne horaire	240 ⁽⁷⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽⁸⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽⁸⁾ 3 ^{ème} seuil : 360	400 ⁽⁸⁾ 200 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	500 ⁽⁸⁾	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	125 80 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80 50 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
objectifs de qualité	moyenne annuelle	-	40	-	30	10	0,25	2	-	50	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6000 ⁽¹²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valeurs cibles	AOT 40	18 000 ⁽¹³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	-	0,005 ⁽¹⁴⁾	0,005 ⁽¹⁴⁾	0,02 ⁽¹⁵⁾	0,001 ⁽¹⁵⁾
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) pour la protection de la végétation

(2) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2011 : 3 (valeur applicable à compter du 01/01/2015 : 25)

(3) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)

(4) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)

(5) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel)

(6) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,7 annuel)

(7) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire

(8) dépassé pendant 3h consécutives

(9) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain

(10) opérationnel à partir de la mise en application de l'arrêté prévu en octobre 2011

(11) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile

(12) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(13) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(14) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 j par an en moyenne sur 3 ans

(15) à compter du 31 décembre 2012

valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

annexe 7 : seuils de qualité de l'air 2012

TYPE DE SEUIL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DONNÉE DE BASE	POLLUANT												
		Ozone	Dioxyde d'azote	Oxydes d'azote	Poussières (PM ₁₀)	Poussières (PM _{2.5})	Plomb	Benzène	Monoxyde de carbone	Dioxyde de soufre	Arsenic	Cadmium	Nickel	Benzo(a)pyrène
décret 2010-1250 du 21/10/2010														
valeurs limites	moyenne annuelle	-	40	30 ⁽⁶⁾	40	27 ⁽²⁾	0,5	5	-	20 ⁽³⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽³⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽³⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	350 ⁽⁶⁾	-	-	-	-
seuils d'alerte	moyenne horaire	240 ⁽⁷⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽⁸⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽⁸⁾ 3 ^{ème} seuil : 360	400 ⁽⁸⁾ 200 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	500 ⁽⁸⁾	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	50 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
objectifs de qualité	moyenne annuelle	-	40	-	30	10	0,25	2	-	50	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6000 ⁽¹²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valeurs cibles	AOT 40	18 000 ⁽¹³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	-	0,006 ⁽¹⁴⁾	0,005 ⁽¹⁴⁾	0,02 ⁽¹⁵⁾	0,001 ⁽¹⁵⁾
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) pour la protection de la végétation

(2) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2012 : 2 (valeur applicable à compter du 01/01/2015 : 25)

(3) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)

(4) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)

(5) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel)

(6) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,7 annuel)

(7) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire

(8) dépassé pendant 3h consécutives

(9) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain

(10) à compter du 1^{er} janvier 2012

(11) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile

(12) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(13) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet

(14) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 j par an en moyenne sur 3 ans

(15) à compter du 31 décembre 2012

valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

bibliographie

1. *ec.europa.eu*. [En ligne] <http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/general/keydocs.htm>.
2. **Air Pays de la Loire**. *Campagnes 2002-2003 de surveillance de la pollution dans l'environnement industrialo-portuaire de Saint-Nazaire*. 2003.
3. **europa**. Directive européenne 2008/50/CE. *relative à la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe*. 21 mai 2008.
4. **DREAL**. *Plan de Protection de l'Atmosphère Nantes - Saint Nazaire*. 2005.
5. **Port Atlantique Nantes Saint-Nazaire**. <http://www.nantes.port.fr>. [En ligne]
6. **Port Atlantique Nantes - Saint Nazaire**. <http://www.nantes.port.fr/travailler-avec-le-port/annuaire-des-entreprises-sur-le-port/>. *www.nantes.port.fr*. [En ligne] 2012.
7. **AJI-Europe**. *Etude énergétique et environnementale du passage portuaire - rapport final*. 2010.
8. *Community outbreaks of asthma associated with inhalation of soybean dust*. **al, Anto et.** 1989, *New England Journal of Medicine*, pp. 1097-1102.
9. *Epidemic soybean asthma and public health : new control systems and initial evaluation in Barcelona, 1996-98*. **al, Villalbi et.** 2004, *J Epidemiol Community Health*, pp. 461-5.
10. **Aloatec**. <http://www.aloatec.com/IMG/pdf/ada-2.pdf>. [En ligne]
11. **SPPPI, Cote d' Opale-Flandre**. <http://portouestdk.poussieres.info/>. [En ligne]

glossaire

abréviations

Aasqa	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
AOT40	accumulated exposure over threshold 40
As	arsenic
BTX	benzène, toluène, xylènes
Cd	cadmium
C ₆ H ₆	benzène
CO	monoxyde de carbone
COV	composés organiques volatils
CSHPF	Conseil supérieur d'hygiène publique de France
Cu	cuivre
Dreal	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
Fe	fer
HAM	hydrocarbures aromatiques monocycliques
HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
I-TEQ	équivalent toxiques dioxines et furannes
Medde	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
Mera	Mesure des REtombées Atmosphériques
ng	nanogramme (= 1 milliardième de gramme)
Ni	nickel
NO	monoxyde d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
NOx	oxydes d'azote (= dioxyde d'azote + monoxyde d'azote)
O ₃	ozone
OMS	Organisation mondiale de la santé
pg	picogramme
PM ₁₀	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm
PM _{2,5}	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm
Ni	nickel
SO ₂	dioxyde de soufre
IRIS	plateforme régionale de prévision de la qualité de l'air d'Air Pays de la Loire
TU	temps universel
CTVD	Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets
US EPA	Agence américaine de protection de l'environnement
µg	microgramme (= 1 millionième de gramme)
Zn	zinc

définitions

année civile	période allant du 1er janvier au 31 décembre
AOT ₄₀	somme des différences entre les moyennes horaires supérieures à 80 µg/m ³ et 80 µg/m ³ , calculée sur l'ensemble des moyennes horaires mesurées entre 8 h et 20 h de mai à juillet
heure TU	heure exprimée en Temps Universel (= heure solaire)
hiver	période allant du 1er octobre au 31 mars
moyenne 8-horaire	moyenne sur 8 heures
percentile x	niveau de pollution respecté par x % des données de la série statistique considérée
taux de représentativité	pourcentage de données valides sur une période considérée
valeur cible	niveau de pollution fixé dans le but d'éviter à long terme des effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre là où c'est possible sur une période donnée

précisions sur les calculs statistiques

Sauf indication contraire, les données de base utilisées dans les calculs statistiques sont bimensuelles pour les BTX et horaires pour les autres paramètres mesurés. Les calculs statistiques annuels sont validés seulement si au moins 75% des données sont valides sur l'année et s'il n'existe aucune période sans donnée de plus de 720 heures consécutives dans l'année. Pour le calcul de l'AOT₄₀, 90% de données valides sont exigées. Les mesures indicatives sont considérées comme représentatives si l'air est prélevé pendant au moins 14 % de l'année (sauf pour l'ozone : plus de 10 % sur l'été et les dépôts totaux en HAP : 33 % de l'année).

airpays de la loire

7, allée Pierre de Fermat – CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3

Tél + 33 (0)2 28 22 02 02

Fax + 33 (0)2 40 68 95 29

contact@airpl.org

