

Mesures des poussières autour de trois silos céréaliers du Port de Rouen

20 septembre 2017 – 09 janvier 2018

Référence : Rapport 1140-003

Diffusion : Septembre 2018

Atmo Normandie

3 Place de la Pomme d'Or, 76000 ROUEN

Tél. : +33 2.35.07.94.30

Fax : +33 2.35.07.94.40

contact@atmonormandie.fr

Avertissement

Atmo Normandie est l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air en Normandie. Elle diffuse des informations sur les problématiques liées à la qualité de l'air dans le respect du cadre légal et réglementaire en vigueur et selon les règles suivantes :

La diffusion des informations vers le grand public est gratuite. Atmo Normandie est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet (www.atmonormandie.fr), ... Les documents ne sont pas systématiquement rediffusés en cas de modification ultérieure.

Lorsque des informations sous quelque forme que ce soit (éléments rédactionnels, graphiques, cartes, illustrations, photographies...) sont susceptibles de relever du droit d'auteur elles demeurent la propriété intellectuelle exclusive de l'association. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle de ces informations faite sans l'autorisation écrite d'Atmo Normandie est illicite et constituerait un acte de contrefaçon sanctionné par les articles L.335-2 et suivants du Code de la Propriété Intellectuelle.

Pour le cas où le présent document aurait été établi pour partie sur la base de données et d'informations fournies à Atmo Normandie par des tiers, l'utilisation de ces données et informations ne saurait valoir validation par Atmo Normandie de leur exactitude. La responsabilité d'Atmo Normandie ne pourra donc être engagée si les données et informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées, quelles qu'en soient les répercussions.

Atmo Normandie ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations, travaux intellectuels et publications diverses de toutes natures, quels qu'en soient les supports, résultant directement ou indirectement de ses travaux et publications.

Les recommandations éventuellement produites par Atmo Normandie conservent en toute circonstance un caractère indicatif et non exhaustif. De ce fait, pour le cas où ces recommandations seraient utilisées pour prendre une décision, la responsabilité d'Atmo Normandie ne pourrait en aucun cas se substituer à celle du décideur.

Toute utilisation totale ou partielle de ce document, avec l'autorisation contractualisée d'Atmo Normandie, doit indiquer les références du document et l'endroit où ce document peut être consulté.

Rapport n° 1140-003

Le 30 septembre 2018,

Le rédacteur,

Anne FRANCOIS-DUBOC

Le responsable du pôle « campagnes de
mesure et exploitation des données »

Sébastien LE MEUR

Atmo Normandie – 3, Place de la Pomme d'Or - 76000 ROUEN

Tél. : 02 35 07 94 30 - mail : contact@atmonormandie.fr

www.atmonormandie.fr

Résumé

Les riverains des silos céréaliers du Port de Rouen témoignent de façon récurrente de nuisances, sous forme de dépôts de poussières, au moment des chargements des navires céréaliers et d'une inquiétude sur les effets sur la santé en résultant.

Faisant suite à plusieurs études réalisées depuis 2004, la campagne de mesure menée du 20/09/2017 au 09/01/2018 sur le secteur des trois silos céréaliers Lecureur-Senalia, Beuzelin-Groupe BZ et Simarex (sur les communes de Canteleu et Petit Couronne) cherche à répondre aux interrogations des riverains et des partenaires concernés (Silos, Grand Port Maritime de Rouen, DREAL Normandie, ARS Normandie, Métropole Rouen Normandie) au travers :

- de la mesure des particules en suspension PM_{10} réglementées dans l'air ambiant,
- de la mesure en temps réel des dépôts de poussières sédimentables (non réglementée),
- de l'analyse par microscopie de ces derniers.

La campagne de mesure a permis de montrer que les valeurs réglementaires (directive européenne, réglementation française) des teneurs dans l'air ambiant en PM_{10} sont respectées sur la durée de la campagne à Quenneport en rive droite de la Seine. En effet, le surcroît de poussières PM_{10} généré localement par rapport au reste de l'agglomération et corrélé à l'activité des silos céréaliers reste dans une limite acceptable, sur la durée de la campagne, au regard de la valeur limite et de l'objectif de qualité sur les PM_{10} . Par contre, la recommandation de l'OMS sur les PM_{10} risque d'être dépassée sur l'année, car déjà presque atteinte durant les 3 mois de campagne.

Outre les PM_{10} , des périodes de forts dépôts de poussières sont constatées sur la zone. La présence d'une corrélation entre les dépôts de poussières et l'activité silo-portuaire de chargement de céréales apparaît à première vue moins évidente que pour les particules PM_{10} , du fait d'un décalage dans le temps de plusieurs heures. Toutefois, l'analyse qualitative menée sur les dépôts de poussières montre la contribution avérée de l'activité de silos à ces dépôts. En effet, l'analyse par microscopie a mis en évidence deux catégories de poussières : des particules importantes en taille et en volume, mais légères, d'origine végétale probablement céréalière. Ce sont celles qui créent la gêne visuelle perçue par les riverains. L'autre type de particules est de plus petite taille et plus lourd (poussières de sol, minéraux ou autres).

La campagne de mesure a permis aussi de mettre en évidence des conditions météorologiques locales spécifiques et récurrentes lors des épisodes de poussières sur ce secteur de la Vallée de la Seine. Alors que les vents dominants sont de sud-ouest (vents synoptiques au niveau des plateaux de Rouen), il s'agit de périodes de vents localement faibles, de direction non définie (durant l'augmentation des PM_{10} notamment) forçant en milieu de journée et donnant lieu à la remise en suspension des grosses particules d'origine végétale. Le nuage de poussières créé par le réenvol des poussières sédimentables est sans doute large, puisque les deux cotés de la Seine sont dans certains cas concernés par le dépôt mesuré en temps réel.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Éléments nécessaires à la compréhension du document	7
2.1.1. Contexte	7
2.1.2. Actions mises en place par les silos pour réduire les émissions poussières (source : Lecureur-Sénalia, Beuzelin-Groupe BZ, Simarex)	10
2.1.3. Approche choisie	11
• <i>Mesure des poussières en suspension</i>	11
• <i>Mesure des dépôts de poussières</i>	11
• <i>Analyses par microscopie</i>	11
2.1.4. Matériel	12
• <i>Analyseur de poussières en suspension PM₁₀</i>	12
• <i>Analyseurs de dépôt de poussières automatiques</i>	13
• <i>Mesures météorologiques</i>	14
2.1.5. Méthodes	15
2.1.6. Origine des données	17
2.1.7. Limites	18
3. Déroulement	18
3.1.1. Période de mesure	18
3.1.2. Sites de mesure	18
3.1.3. Roses des vents durant la campagne	20
4. Résultats	22
4.1. Résultats bruts	22
4.2. Résultats transformés	22
4.2.1. Bilan des poussières PM ₁₀ durant la campagne de mesure	22
4.2.2. Evaluation visuelle des dépôts journaliers de poussières sédimentables	24
4.2.3. Bilan des mesures de dépôts de poussières sédimentables	25
4.2.4. Présentation détaillée des épisodes de poussières les plus marquants	27
5. Interprétation des résultats et discussion	27
5.1. Episodes de pollution de poussières en suspension PM₁₀	27
5.2. Episodes de dépôts de poussières sédimentables	29
5.2.1. Corrélation avec les PM ₁₀	29
5.3. Lien avec les conditions météorologiques	30
5.3.1. Cas des poussières PM ₁₀ à Quenneport	31
5.3.2. Cas des dépôts de poussières sédimentables uniquement à Quenneport	32
5.3.3. Cas des dépôts de poussières sédimentables uniquement sur le terrain portuaire	34

5.3.4. Cas des dépôts de poussières sédimentables sur les deux sites (Quenneport et terrain portuaire) en même temps	35
5.4. Lien entre dépôts et activité	36
5.4.1. Aperçu de toute la période (en données journalières).....	36
5.4.2. Episode de dépôts de poussières sédimentables des 22 et 23/11/2017	37
5.5. Analyses des dépôts (forts ou très forts selon notre référentiel) par microscopie	38
6. Conclusion	47
7. Annexes.....	48
7.1. Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières.....	48
• Episode de dépôts de poussières sédimentables du 24/09/2017	49
• Episode de dépôts de poussières sédimentables des 15 et 19/10/2017.....	50
• Episode de dépôts de poussières sédimentables du 21/10/2017.....	56
• Journée polluée en PM ₁₀ à Quenneport du 14/11/2017.....	59
• Episode de dépôts de poussières sédimentables des 22 et 23/11/2017.....	60
• Journées polluées en PM ₁₀ à Quenneport des 04/12/17 et 05/12/17.....	78
• Episode de dépôts de poussières sédimentables du 13/12/2017.....	81
• Journée polluée en PM ₁₀ à Quenneport du 19/12/17.....	87
7.2. Annexe 2 : Evolution horaire des dépôts de poussières sédimentables et de poussières en suspension PM₁₀ durant la campagne à Quenneport (du 30/09/2017 au 09/01/2018)	88
7.3. Annexe 3 : Photographies des dépôts journaliers analysés par microscopie	89
7.4. Annexe 4 : Direction du vent lors des plus forts dépôts	93
8. Bibliographie.....	94



Sigles, symboles et abréviations

Unités de mesure :

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramme par mètre cube

$\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$: milligramme par mètre carré et par jour

Symboles chimiques :

PM_{10} : particules inférieures à $10\mu\text{m}$ mesurées en masse

Abréviations :

ARS : Agence Régionale de Santé

CSS : Commission de Suivi de Site

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

GPMR : Grand Port Maritime de Rouen

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

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

SPPPI : Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles

PK : Point Kilométrique (de la Seine)

Définitions

Dans la suite du rapport deux types de poussières seront étudiées : les poussières en suspension PM_{10} et les poussières sédimentables (dépôt de poussières). La principale différence entre ces deux types de poussières est leur taille. Les poussières PM_{10} sont de petite taille ($< 10 \mu\text{m}$). De ce fait, elle reste plus longtemps en suspension dans l'atmosphère et peuvent voyager sur plusieurs dizaines de km et être inhalées par la population. A l'inverse les poussières sédimentables sont de grosse taille et se déposent rapidement au sol autour de leur lieu d'émission.

1. Introduction

Les riverains des silos céréaliers du Port de Rouen témoignent de façon récurrente de nuisances, sous forme de dépôts de poussières, au moment des chargements des navires céréaliers et d'une inquiétude sur les effets sur la santé en résultant.

Faisant suite à plusieurs études réalisées depuis 2004, la campagne de mesure menée de l'automne 2017 jusqu'au début d'année 2018 cherche à répondre aux interrogations des riverains et des partenaires concernés (Silos, Grand Port Maritime de Rouen, DREAL Normandie, ARS Normandie, Métropole Rouen Normandie) au travers :

- de la mesure des particules en suspension PM₁₀ réglementées dans l'air ambiant,
- de la mesure en temps réel des dépôts de poussières sédimentables (non réglementée),
- de l'analyse par microscopie de ces derniers.

Le présent rapport expose la méthodologie, le déroulement de l'étude puis les résultats de la campagne réalisée du 20 septembre 2017 au 09 janvier 2018.

Ce rapport est présenté aux partenaires concernés et aux riverains des silos étudiés et est ensuite disponible sur le site www.atmonormandie.fr pour tout public intéressé.

2. Éléments nécessaires à la compréhension du document

2.1.1. Contexte

Suite aux signalements des habitants de dépôts de poussières à proximité des silos céréaliers de l'agglomération rouennaise, Atmo Normandie a participé depuis 2004 à plusieurs études sur les poussières de céréales, dans le cadre du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), en collaboration avec la DREAL, l'ARS et les silos céréaliers, qui sont de leur côté tenus par arrêtés préfectoraux de mettre en place des actions de réduction des émissions des poussières.



Figure 1 : Photo envoyée par un riverain pour illustrer la nuisance générée par les dépôts de poussières

L'historique des mesures est le suivant :

Dans un premier temps, et afin de vérifier le respect de la valeur limite européenne pour les poussières en suspension PM_{10} (polluant réglementé), des campagnes de mesure ont été menées :

- à Quenneport et Dieppedalle en 2004 et 2005 [1]
- à Canteleu durant toute l'année 2007 [2]

Puis, dans le cadre du programme "Particules Urbaines et Céréalières, Microorganismes Mycotoxines et Pesticides - PUC2MP" [3], durant les années 2008 à 2009, coordonné par l'INSERM U644 en collaboration avec plusieurs organismes de recherche (CERTAM, LMDF Université de Rouen), les mesures suivantes ont été réalisées:

- de granulométrie (taille des poussières),
- de poussières PM_{10} et $PM_{2.5}$,
- et des analyses de plusieurs composés chimiques susceptibles d'être présents dans ces poussières : en particulier des insecticides utilisés lors du stockage des céréales et des mycotoxines.

Suite aux résultats de l'étude PUC2MP est apparue la nécessité de renforcer la surveillance des PM_{10} en limite de propriété des silos et chez les riverains pour s'assurer régulièrement de la conformité des mesures aux directives européennes de façon à protéger les populations sensibles telles que les asthmatiques et les insuffisants respiratoires ou cardiaques.

Par ailleurs, l'action INT-03 du PPA (approuvé en 2014) prévoit un suivi de la mise en œuvre des techniques d'abattement des poussières au niveau des silos céréaliers de Rouen ainsi qu'une évaluation des effets des actions de réduction.

Enfin une revue bibliographique des effets sanitaires liés aux émissions de poussières cérésières a été remise par la cellule de l'Institut de Veille Sanitaire (CIRE) à l'ARS de Normandie en mars 2015. Cette revue, transmise en août 2015 aux exploitants des silos portuaires rouennais, indique que l'exposition aux poussières émises lors du chargement et du déchargement de navires de céréales peut entraîner des effets néfastes sur la santé des riverains. Il n'est cependant pas possible en l'état actuel des connaissances de spécifier des niveaux d'exposition au-delà desquels des effets néfastes sur la santé sont susceptibles d'apparaître.

De ce fait, la DREAL recommande dans son courrier du 17 août 2015 de suivre les recommandations du SPPPI ainsi que de l'étude PUC2MP, à savoir de réaliser la mesure des poussières PM_{10} sous les vents des silos afin de vérifier le respect des valeurs limites européennes dans l'air ambiant.

Des signalements de dépôts de poussières des riverains ayant à nouveau été recueillis par Atmo Normandie en avril et mai 2016, il a été mis en avant lors de la réunion du 7 juin 2016 l'importance de répondre aussi à la question des retombées de poussières en plus de celle des poussières en suspension.

La récolte de céréales de l'été 2016 n'ayant pas été optimale, les différents partenaires concernés (Silos, GPMR, DREAL, Métropole, Atmo Normandie, ARS, Association de riverains) ont convenu de programmer une nouvelle campagne de mesure des poussières (en suspension et en dépôts de poussières sédimentables) après la récolte de l'été 2017, de fin septembre 2017 à début 2018, sur le secteur des trois silos Lecureur-Senalia, Beuzelin-Groupe BZ et Simarex, et leur voisinage (sur les communes de Canteleu et Petit Couronne) sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie . Ce secteur est en effet celui sur lequel les signalements de riverains sont les plus nombreux.



Figure 2 : Situation des silos céréaliers du Port de Rouen

2.1.2. Actions mises en place par les silos pour réduire les émissions poussières

(source : Lecureur-Sénalia, Beuzelin-Groupe BZ, Simarex)

- Le Silo Lecureur explique que, sur tout chargement de navire, un système de rabattage de poussières est systématiquement appliqué. Ce dernier s'appelle "Système RAM" : il consiste à nébuliser de l'eau et un tensio actif sur le grain en chargement.
- Pour le silo Beuzelin, la tête anti-poussière n'est pas amovible : elle est donc présente en permanence sur le portique de chargement. Il peut arriver, à la demande de la manutention, que les fins de chargement réclament l'emploi du projeteur, pour répartir la marchandise chargée ce qui peut conduire ponctuellement à la mise en suspension de poussières céréalières (durant la campagne de mesure, l'utilisation du projeteur concernerait les périodes suivantes : le 15/11/2017 avant 11h25 et le 22/11/2017 avant 20h40).
- Le silo Simarex réalise une nébulisation avec de l'huile de colza, aux moments des chargements.

2.1.3. Approche choisie

Les différentes approches abordées dans ce rapport pour caractériser les poussières sont les suivantes :

- **Mesure des poussières en suspension :**

Il s'agit d'une mesure heure par heure des particules PM₁₀ dans l'air ambiant c'est-à-dire dont la taille est inférieure à 10 microns de diamètre (poussières dites inhalables). Cette mesure est exprimée en µg/m³.

Cette mesure dans l'air ambiant fait l'objet d'une réglementation européenne (directive 2008/50/CE) transcrite par décret (n° 2010-1250 - 21 octobre 2010) pour laquelle existent :

- Des valeurs limites : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an ou 40 µg/m³ en moyenne annuelle,
- Un objectif de qualité : 30 µg/m³ en moyenne annuelle.

L'objectif est donc de vérifier le respect des valeurs limites et objectif de qualité dans l'air ambiant, sur la durée de la campagne.

- **Mesure des dépôts de poussières**

Il s'agit, dans le cadre de cette étude, d'une mesure heure par heure des dépôts secs par pesée (même s'il s'agit de dépôts horaires, l'unité standard utilisée est le mg/m²/jour).

En plus des mesures horaires, une analyse de la composition du dépôt (recueilli sur la journée dans une coupelle) peut être réalisée.

L'objectif est de caractériser la nuisance (visuelle notamment), ce qui répond plus à la demande des riverains même s'il n'existe pas de valeurs de référence pour la protection de la santé sur ce type de paramètre.

Seule l'exploitation du dépôt sec est faite. (En effet, dans notre cas, le dépôt humide collecté à part dans une bouteille ne présente pas d'intérêt puisque les envols de poussières de céréales sont nettement moindre en cas de précipitations).

- **Analyses par microscopie**

Afin d'aider à évaluer la part des poussières de céréales dans les dépôts de poussières, une analyse des dépôts journaliers a été réalisée sur une dizaine d'échantillons par le laboratoire Analyses & Surface (2 Voie de l'innovation 27100 Val de Reuil) avec les méthodes suivantes :

- Réalisation de clichés numériques par microscopie optique,
- Observation et analyse par Microscopie Electronique à Balayage couplée à la Microanalyse X (MEB-EDX),
- Analyse morphologique des particules.

2.1.4. Matériel

- **Analyseur de poussières en suspension PM₁₀**

Les mesures dans l'air ambiant sont réalisées dans une cabine climatisée, équipée d'un analyseur en continu (TEOM-FDMS). L'aspiration de l'air se fait au moyen d'une canne d'aspiration située sur le toit de la cabine.



Figure 3 : Photo d'un analyseur des poussières en suspension PM₁₀ (TEOM-FDMS) à l'intérieur d'une station de mesure



Figure 4 : Cabine de mesure à Quenneport, équipée à l'intérieur de l'analyseur TEOM-FDMS, avec sortie sur le toit d'une tête de prélèvement PM₁₀

- **Analyseurs de dépôt de poussières automatiques**

Un analyseur automatique ADA (développé et commercialisé par la société ALOATEC, 825 Rue Marcel Doret, ZA Marcel Doret 1, 62100 CALAIS) mesure les dépôts de poussières sédimentables en continu sur chaque site de mesure.



Figure 5 : Photos des analyseurs de dépôt de poussières automatique ADA (ALOATEC) à Quenneport (à gauche sur la photo) et sur le terrain portuaire à Petit Couronne (à droite) ainsi que d'une lamelle de collecte des dépôts secs journaliers

- **Mesures météorologiques**

Une mesure heure par heure de la direction et de la vitesse du vent, ainsi que de la température, de l'humidité relative et de la pluviométrie est effectuée sur le terrain portuaire (Petit Couronne). Le capteur météorologique est installé sur le mât du camion laboratoire d'Atmo Normandie, à une hauteur de 9 mètres. Il est alimenté par panneau solaire.



Figure 6 : Camion laboratoire sur le terrain portuaire (Petit Couronne), équipé d'un mât météorologique, d'un panneau solaire et d'un capteur météorologique (voir photo ci-dessus)

2.1.5. Méthodes

Poussières PM10 :

La mesure de particules en suspension PM10 est équivalente à la méthode de référence décrite dans la norme EN 12341 de juin 2014. L'analyseur automatique TEOM-FDMS donne un résultat en concentration massique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Une coupure granulométrique des particules à 10 microns est effectuée par la tête de prélèvement. Les mesures de particules PM10 de la campagne pourront notamment être comparées aux stations fixes de Petit Quevilly, Sotteville lès Rouen et Grand Couronne.

Dépôts de poussières sédimentables :

La méthode de mesure des dépôts de poussières à l'aide d'un analyseur ADA consiste en la sédimentation naturelle dans une tête chauffée (répondant aux normes NF X43-006, ISO 42-222) d'un diamètre de 450 mm. Les analyseurs ADA permettent de disposer :

- d'une mesure heure par heure en continu des dépôts secs par pesée (l'unité est ramenée à l'unité standard des dépôts, c'est-à-dire en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$, même lorsqu'il s'agit de données horaires).
- En plus des mesures horaires, une analyse de la composition du dépôt peut être réalisée. L'échantillonnage est, dans ce cas, journalier car les disques de collectes (de diamètre 75mm) sont changés de façon automatique tous les jours et sont conservés dans l'appareil, de façon à pouvoir réaliser a posteriori une analyse en laboratoire par microscopie.

- Une détection automatique de la pluie est effectuée. Une séparation automatique des dépôts secs et humides est ainsi faite. Les dépôts humides (précipitations) sont collectés en bouteille (mesure mensuelle - unité : en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jour}$). Cependant, leur analyse n'a pas été réalisée dans le cadre de notre étude car elle ne présente pas d'intérêt dans le cas présent.

Analyses par microscopie :

Le laboratoire Analyses & Surface (2 Voie de l'innovation, 27100 Val de Reuil) que nous avons sollicité dans le cadre de cette étude est spécialisé dans l'analyse, les essais et l'expertise des matériaux. Il nous a indiqué qu'il ne possédait pas de références spécifiques sur les poussières de céréales qui pourraient lui permettre de reconnaître ou non leur présence dans les analyses des échantillons de la campagne étudiés par microscopie. Pour cette raison, il a proposé de réaliser un test de faisabilité sur un échantillon prélevé directement à l'intérieur d'un silo, avec l'accord et l'aide de celui-ci. L'étude réalisée est donc exploratoire. Ce test a permis de reconnaître des composés organiques d'origine végétale, de grande taille et forme plutôt allongée, qui peuvent provenir des céréales, parmi d'autres particules plus petites de forme plus sphérique (minérales ou métalliques, etc.)



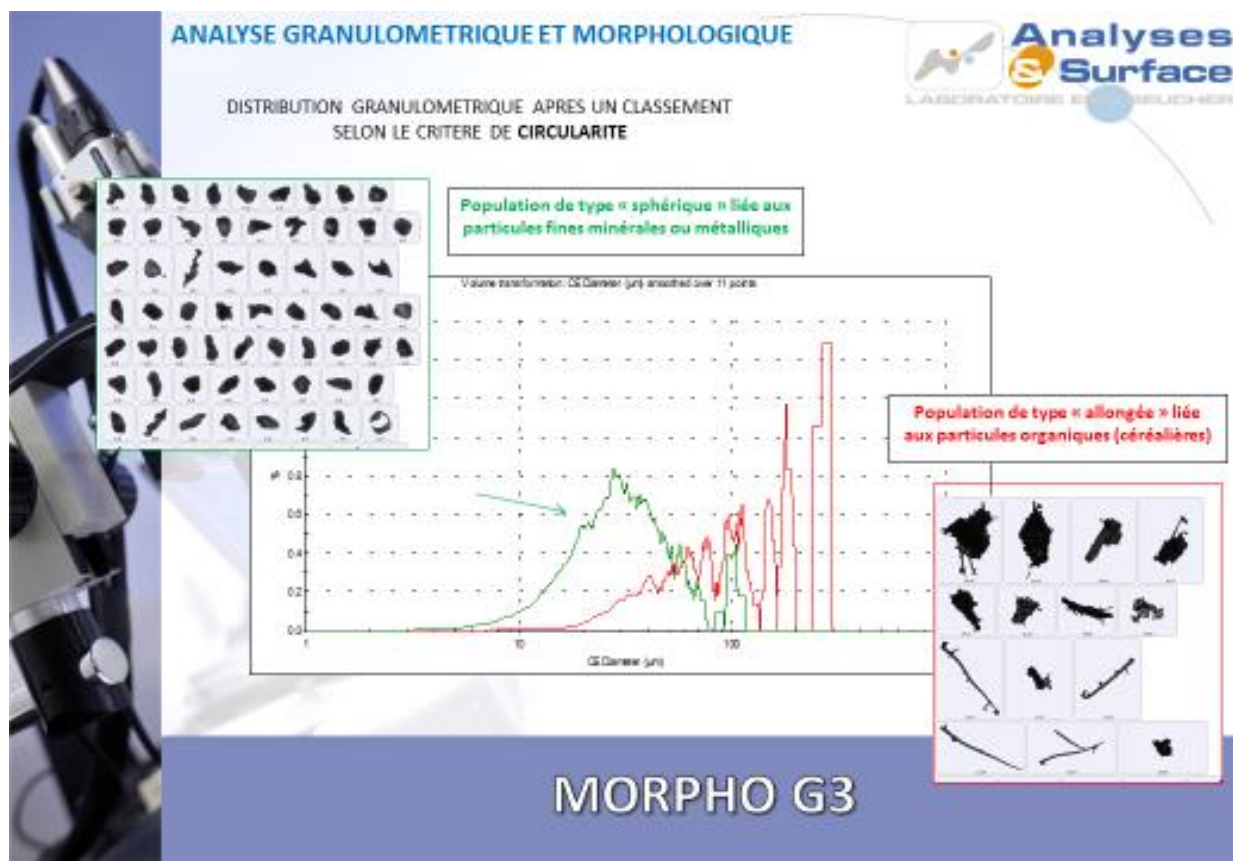


Figure 7 : Résultats du test de faisabilité à partir de poussières prélevées à l'intérieur d'un silo.

Ainsi, les analyses réalisées sont de trois sortes :

MICROSCOPIE OPTIQUE

- Approche indispensable pour visualiser les poussières, définir les différents composés
- Visualisation détaillée des plus grosses particules

MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A BALAYAGE (MEB-EDX)

- Idée plus précise des différentes natures des composés (organique, minéraux, métalliques)
- Possibilité de visualiser les composés de très faible dimension (quelques microns)
- Caractérisation morphologique fine des objets
- Détection d'éléments chimiques « atypiques » si présents (ex : cadmium, plomb, etc...)

MORPHO G3

- Accessibilité à la taille moyenne des poussières
- Classement sur des critères morphologiques
- Couplage des distributions granulométriques avec les approches par les deux types de microscopie

2.1.6. Origine des données

Les résultats de mesure des poussières PM₁₀ dans l'air ambiant ainsi que des mesures météorologiques proviennent des analyseurs d'Atmo Normandie.

Concernant les données météorologiques, les mesures locales réalisées par Atmo Normandie ont été complétées pour l'interprétation des résultats par celles de la station Météo France de Boos et de la station gérée par le GPMR à Petit Couronne.

Les résultats de mesure des dépôts de poussières proviennent des appareils de mesures de la société ALOATEC et ont été fournis à Atmo Normandie par ALOATEC après validation des données.

Les données d'activités des silos céréaliers ont été transmises par les Silos LECUREUR, SIMAREX et BEUZELIN.

2.1.7. Limites

La mesure des dépôts de poussières sédimentables au moyen de l'appareil ADA développé par la société ALOATEC pour répondre initialement à une demande locale des riverains gênés par des dépôts de poussières d'origine industrielle (Gravelines) présente quelques biais dont il a fallu tenir compte :

- A plusieurs reprises, des prélèvements des dépôts journaliers dans les coupelles présentent des anomalies par rapport à la valeur de dépôt mesuré : la valeur de dépôt est à zéro alors que la coupelle présente un léger empoussièrement. Il semble que l'électricité statique puisse capter des particules sur les parois de la cuve. Ces particules retombent ensuite sur les coupelles à une date ultérieure à l'épisode de poussières.
- La valeur de dépôt est élevée alors que la coupelle est presque vide : une goutte de pluie peut fausser la mesure. De même le dépôt d'un insecte peut engendrer une forte augmentation. L'analyse des données de pluviométrie heure par heure ainsi que de l'aspect de chaque coupelle (trace d'eau ou présence d'insectes) est importante pour éliminer ces valeurs anormales qui ne correspondent pas réellement à des dépôts élevés.

La mesure des paramètres météorologiques locale peut être légèrement influencée par le bâtiment de Beuzelin selon le sens des vents (masque possible par vent de sud).

3. Déroulement

3.1.1. Période de mesure

La période de mesures s'étend du 20/09/2017 au 9/01/2018. Pour les poussières PM₁₀, les mesures ayant commencé légèrement plus tard, les données ne sont disponibles qu'à partir du 30/09/2017.

3.1.2. Sites de mesure

Les mesures sont effectuées sur deux sites autour du groupe de trois silos céréaliers : LECUREUR, SIMAREX, BEUZELIN :

- à Quenneport, en Rive droite de la Seine (PK 251,150), dans un quartier habité : ce site est équipé à la fois d'une mesure de PM₁₀ et de dépôt,

- sur un terrain portuaire en rive gauche de la Seine (PK 251,300) à Petit Couronne, au milieu des 3 silos : ce site est équipé d'une mesure de dépôt et d'une mesure météorologique (direction, vitesse du vent et pluviométrie en particulier). (Sur ce site, il n'a pas été possible d'ajouter la mesure des poussières en suspension PM_{10} à celle des dépôts, car la puissance électrique disponible sur ce terrain portuaire n'est pas suffisante). La mesure météorologique permet de disposer d'une mesure de vent locale, pouvant être croisée aux données horaires de dépôts afin de mieux comprendre par quel type de situations météorologiques surviennent les dépôts et les pointes de poussières.

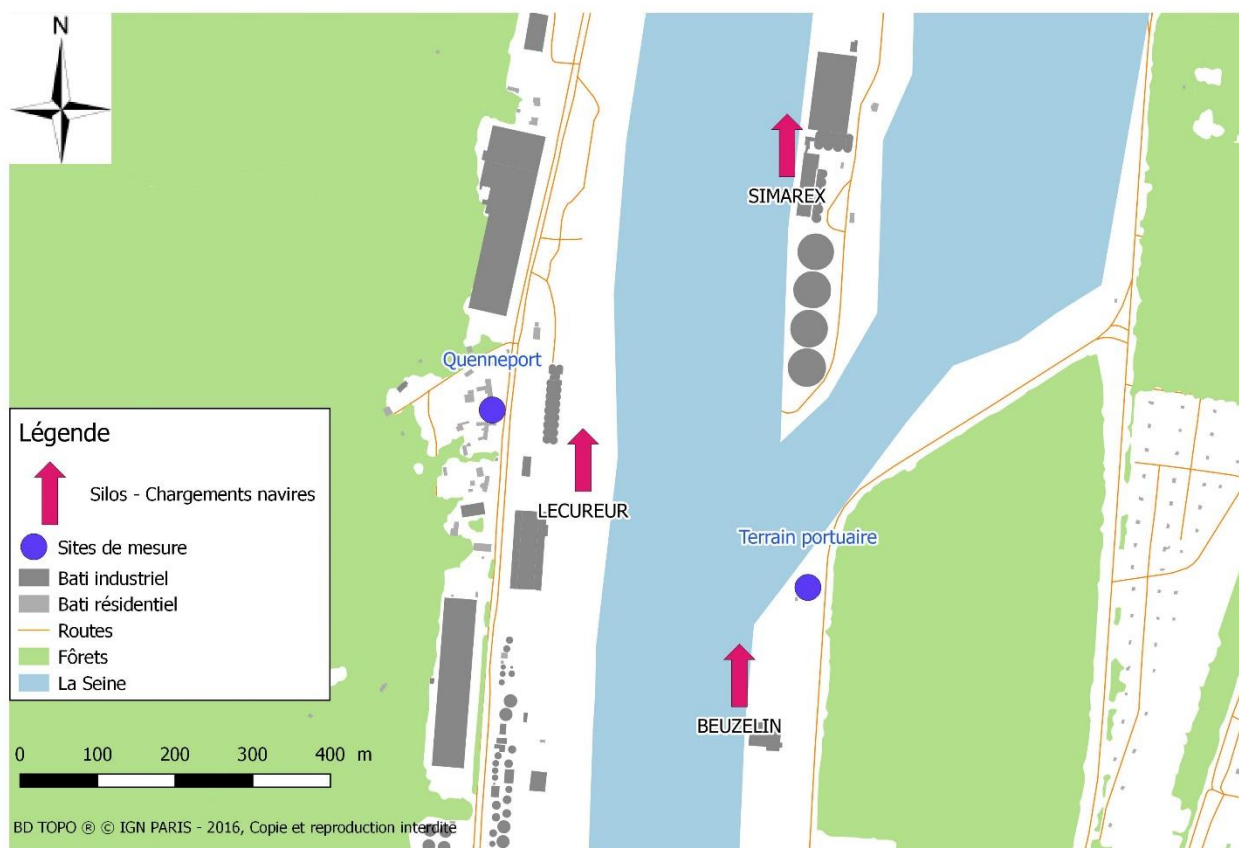


Figure 8 : Plan de situation des mesures

3.1.3. Roses des vents durant la campagne

Les mesures de vent disponibles durant la campagne sont situées (voir **figure 9**) :

- sur le terrain portuaire (mesure locale),
- L'anémomètre-girouette du GPMR à Petit Couronne constitue une autre mesure locale, plus au sud,
- à Météo France Boos (mesure synoptique).

Les roses de vent sur toute la durée de la campagne sont présentées sur la **figure 10**. Elles indiquent la direction d'où vient le vent (en pourcentage du temps), pour les vitesses de vent supérieures à 1 m/s. La fréquence des vents faibles (<1 m/s) est indiquée aussi sur la **figure 10**.

Ainsi, durant la campagne (du 20/09/2017 au 09/01/2018), les vents sont venus majoritairement du sud à sud-ouest. Ces vents sont fréquents durant l'année (voir les roses annuelles). La fréquence des vents faibles (indiquée aussi sur la **figure 10**) est importante localement durant la campagne (environ 25% du temps).



Figure 9 : Situation des mesures météorologiques

Mesure de vent	Rose des vents du 20/09/2017 au 09/01/2018 (vent > 1 m/s)	Pourcentage de vent faible (< 1m/s) durant la campagne	Année 2017
Mesure locale Terrain Portuaire (camion laboratoire Atmo Normandie)		26%	
Mesure locale GPMR à Petit Couronne		24%	<p>Durant l'année 2017 entière à Petit Couronne GPMR</p>
Mesure Météo France Boos (synoptique)		2%	<p>Durant l'année 2017 entière à Boos</p>

Figure 10 : Roses de vent durant la campagne

4. Résultats

4.1. Résultats bruts

Les résultats bruts sont :

- les résultats quart-horaires de l'appareil de mesure des poussières PM₁₀ d'Atmo Normandie,
- les mesures météorologiques d'Atmo Normandie (résultats quart-horaires),
- les résultats horaires de dépôts de poussières de la société ALOATEC.

Les résultats d'Atmo Normandie et d'ALOATEC sont disponibles sur simple demande à faire auprès de contact@atmonormandie.fr.

4.2. Résultats transformés

4.2.1. Bilan des poussières PM₁₀ durant la campagne de mesure

Les particules en suspension PM₁₀ sont réglementées dans l'air ambiant. Le bilan est donc fait par rapport aux valeurs repères réglementaires, sur la durée de la campagne. De plus, les résultats à Quenneport sont comparés à ceux des autres stations de mesure de l'agglomération rouennaise.

En microgrammes/m³

Du 30/09/17 au 09/01/18	Quenneport	Sotteville lès Rouen	Petit Quevilly	Grand Couronne Mairie	Grand Couronne Stade
Moyenne	19,2	16,7	17,6	15,6	15,7
Moyenne horaire maximale	237,7 (le 14/11 à 13hTU)	85,5 (le 04/12 à 21h TU)	100,6 (le 03/12 à 23h TU)	145,1 (le 20/12 à 20h TU)	145,4 (le 10/11 à 19h TU)
Moyenne journalière maximale	65,9	41,6	45,1	50,5	49,6
Dates (et valeurs) des 3 maxima journaliers	05/12/17 (65,9) 14/11/17 (50,6) 19/12/17 (49)	05/12/17 (41,6) 04/12/17 (39,9) 20/12/17 (32,3)	05/12/17 (45,1) 03/12/17 (41,8) 04/12/17 (40,7)	20/12/17 (50,5) 02/11/17 (47,6) 05/12/17 (39,3)	20/12/17 (49,6) 05/12/17 (42) 02/11/17 (40,5)
Nombre de moyennes journalières > à 50 µg/m ³	2	0	0	1	0

Tableau 1 : Bilan des particules en suspension PM₁₀ sur la durée de la campagne à Quenneport et sur d'autres stations de l'agglomération rouennaise

Valeurs repères PM₁₀ :

Réglementation européenne (directive 2008/50/CE) transcrite par décret (n°2010.1250 - 21 octobre 2010)

- **Valeurs limites** : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an ou 40 µg/m³ en moyenne annuelle,
- **Objectif de qualité** : 30 µg/m³ en moyenne annuelle,
- **Recommandation OMS** (mise à jour 2005) : 20 µg/m³ en moyenne annuelle ou 50 µg/m³ en moyenne sur 24 heures à ne pas dépasser plus de 3 jours par an.

Commentaire : Durant la campagne, les résultats des PM₁₀ sont plus élevés à Quenneport que sur les autres stations de l'agglomération rouennaise (en moyenne, en maxima et en nombre de dépassement de 50 µg/m³ en moyenne journalière).

Les valeurs limites, ainsi que l'objectif de qualité, sont largement respectés sur toutes les stations y compris à Quenneport sur la durée de la campagne.

Par contre, la recommandation de l'OMS sur les PM₁₀ risque d'être dépassée sur l'année. En effet, la moyenne à Quenneport (19,2 µg/m³) s'approche, sur la durée de la campagne, de la recommandation de l'OMS (en moyenne annuelle) de 20 µg/m³. Et deux jours dépassent : 50 µg/m³ en moyenne sur 24 heures durant les 3 mois de campagne, sachant que l'OMS recommande de ne pas dépasser ce seuil plus de trois jours par an.

4.2.2. Evaluation visuelle des dépôts journaliers de poussières sédimentables





Evaluation visuelle du dépôt	Exemples de photographies d'échantillons journaliers recueillis		% du temps sur le site de Quenneport	% du temps sur le terrain portuaire	Fourchette du dépôt journalier (mg/m ² /jour)
Faible			42%	45%	0 à 15
Moyen			29%	43%	0 à 50
Fort			20%	8%	0 à 150
Très fort			10%	4%	18 à 430

Tableau 2 : Evaluation visuelle du dépôt journalier de poussières sédimentables durant la campagne

Evaluation visuelle des dépôts

L'objectif étant en priorité de répondre à la nuisance visuelle perçue par les riverains, l'approche retenue pour classer les dépôts journaliers obtenus durant la campagne a été de construire un référentiel basé sur l'examen visuel des échantillons journaliers recueillis. Quatre classes de dépôt sont ainsi définies allant de faible à très

fort. (Voir tableau 2). La fréquence à laquelle chaque classe a été observée est indiquée en pourcentage sur chaque site. Une attention particulière est portée aux dépôts forts et très forts dans la suite du rapport.

Correspondance entre visuel et dépôt en masse

L'examen de tous les échantillons journaliers recueillis durant la campagne montre qu'il n'y a pas de correspondance systématique entre le visuel et le dépôt en masse mesuré. C'est pourquoi les fourchettes typiques de dépôts indiquées dans le tableau 2 en face de chaque classe « d'évaluation visuelle » sont larges. Une piste d'explication est que certaines poussières sédimentables sont de grande taille, donc très visibles mais légères en masse. Dans d'autres cas au contraire, des poussières (de sol par exemple) sont lourdes mais de petite taille et donc moins gênantes visuellement.

4.2.3. Bilan des mesures de dépôts de poussières sédimentables

Unité : mg/m ² /jour	Quenneport	Episodes étudiés en détail (annexe 1)	Terrain portuaire	Episodes étudiés en détail (annexe 1)	Evaluation visuelle indicative
Dépôt max journalier	173		425		
Dépôt max horaire	1836		2855		
Nbre dépôts jours ≤ 15	87		94		Faible
15 < Nbre dépôts jours ≤ 50	13		12		Moyen
50 < Nbre dépôts jours ≤ 150	11	24/09/2017 15/10/2017 19/10/2017 22/11/2017 23/11/2017	4	21/10/2017 22/11/2017 27/11/2017	Fort à très fort
50 < Nbre dépôts jours ≤ 430	1	21/10/2017	2	23/11/2017 13/12/2017	Très fort

Tableau 3 : Bilan des résultats de dépôts de poussières sédimentables durant la campagne

Un aperçu des dépôts journaliers sur les deux sites de mesures sur la durée entière de la campagne est présenté sur la figure 11.

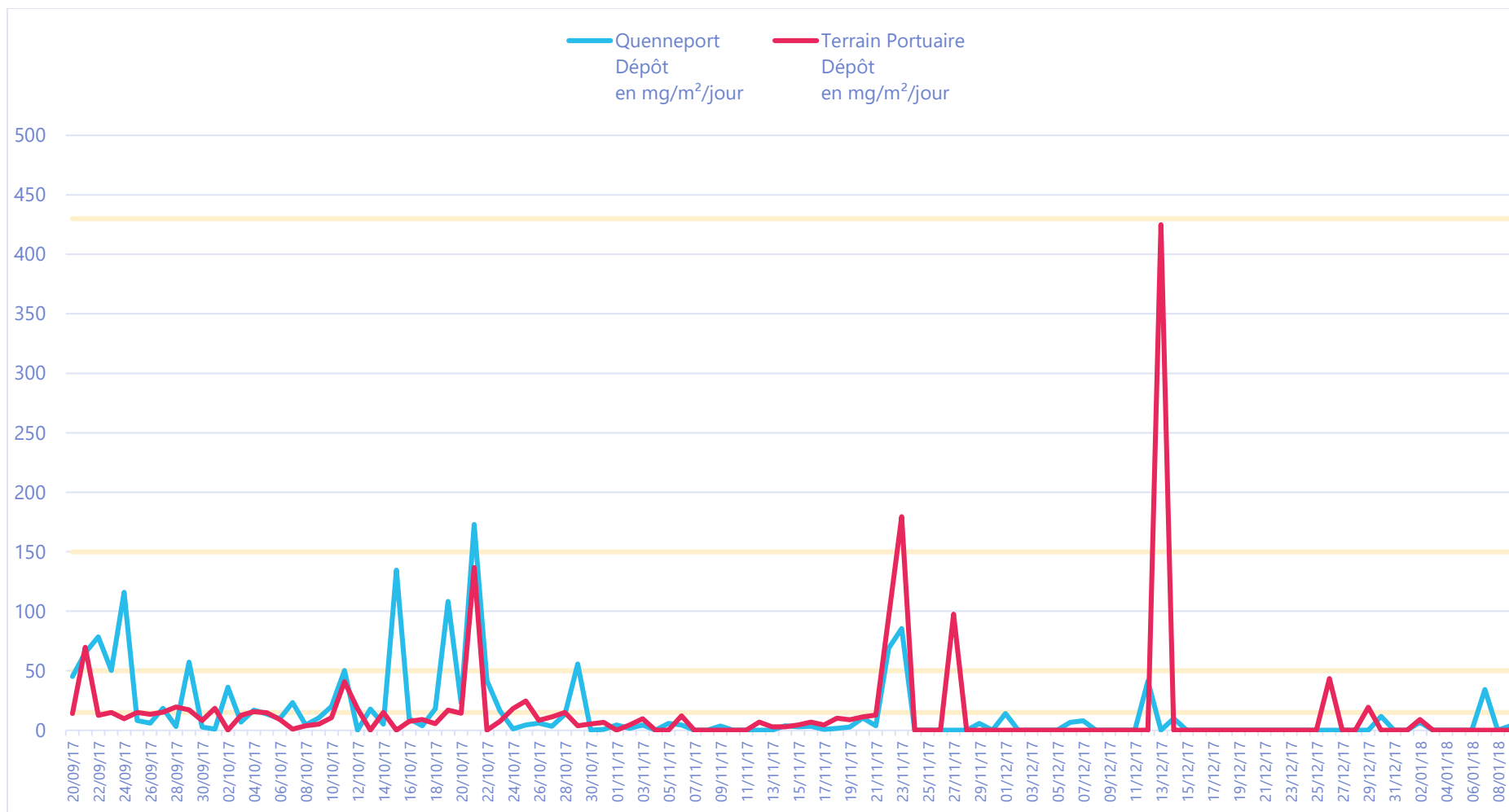


Figure 11 : Evolution journalière des dépôts de poussières sédimentables sur les deux sites de mesures de part et d'autre de la Seine sur toute la durée de la campagne

Choix des échantillons analysés par microscopie

Les échantillons journaliers ayant fait l'objet d'une analyse par microscopie sont choisis dans les catégories de dépôts « fort » à « très fort » du point de vue de la nuisance visuelle. Du point de vue de la mesure en masse, les plus forts dépôts journaliers, compris entre 150 et 430 mg/m²/jour font partie de ce choix d'échantillons analysés.

Leur description et notamment leurs photographies sont présentées dans **l'annexe 3**.

4.2.4. Présentation détaillée des épisodes de poussières les plus marquants :

Les journées les plus polluées en poussières durant la campagne sont détaillées dans **l'annexe 1**. Elles sont classées par ordre chronologique de la façon suivante :

• Episode de dépôts de poussières sédimentables du 24/09/2017.....	46
• Episode de dépôts de poussières sédimentables des 15 et 19/10/2017.....	47
• Episode de dépôts de poussières sédimentables du 21/10/2017.....	53
• Journée polluée en PM ₁₀ à Quenneport du 14/11/2017.....	56
• Episode de dépôts de poussières sédimentables des 22 et 23/11/2017.....	57
• Journées polluées en PM ₁₀ à Quenneport des 04/12/17 et 05/12/17.....	75
• Episode de dépôts de poussières sédimentables du 13/12/2017.....	78
• Journée polluée en PM ₁₀ à Quenneport du 19/12/17.....	84

(Le **surlignage en jaune** indique les échantillons de dépôts analysés par microscopie).

Une présentation graphique est faite, épisode par épisode, de :

- L'évolution horaire des poussières PM₁₀ à Quenneport,
- L'évolution horaire des dépôts de poussières sédimentables sur les deux sites (Quenneport et Terrain Portuaire),
- L'activité des silos céréaliers en données horaires,
- L'évolution horaire de la direction du vent locale et synoptique et de la vitesse du vent locale,
- Les clichés des analyses par microscopie des dépôts.

5. Interprétation des résultats et discussion

5.1. Episodes de pollution de poussières en suspension PM₁₀

Un surcroit de poussières en suspension PM₁₀ est enregistré à Quenneport, par rapport aux autres stations de mesure de l'agglomération rouennaise lors de certaines journées. De ce fait, les concentrations sont plus élevées

à Quenneport durant la campagne, en moyenne, en maxima horaire et journalier, et en nombre de dépassement de la valeur limite journalière ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dans certains cas, comme le 05/12/2017, un niveau de fond de PM_{10} existe déjà de façon généralisée sur plusieurs stations de mesure de l'agglomération. Leur origine est diversifiée (trafic, industrie, agriculture, transport à longue distance). Cependant, des pointes plus fortes sont vues à Quenneport car un surcroît de poussières locales s'ajoute au niveau de pollution général. (voir **figure 12**) Dans d'autres cas (14/11/2017, 22/11/2017), les pointes de PM_{10} surviennent à Quenneport de façon isolée.

Ces pointes de poussières en suspension PM_{10} à Quenneport semblent pouvoir être reliées avec l'activité locale. En effet, elles surviennent en effet au moment des chargements de navires et immédiatement après.

Cependant, ce surcroît de poussières n'engendre que deux jours de dépassements de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la durée entière de la campagne. Il y a donc peu de risque que la valeur limite journalière pour les PM_{10} soit dépassée sur une année ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an).

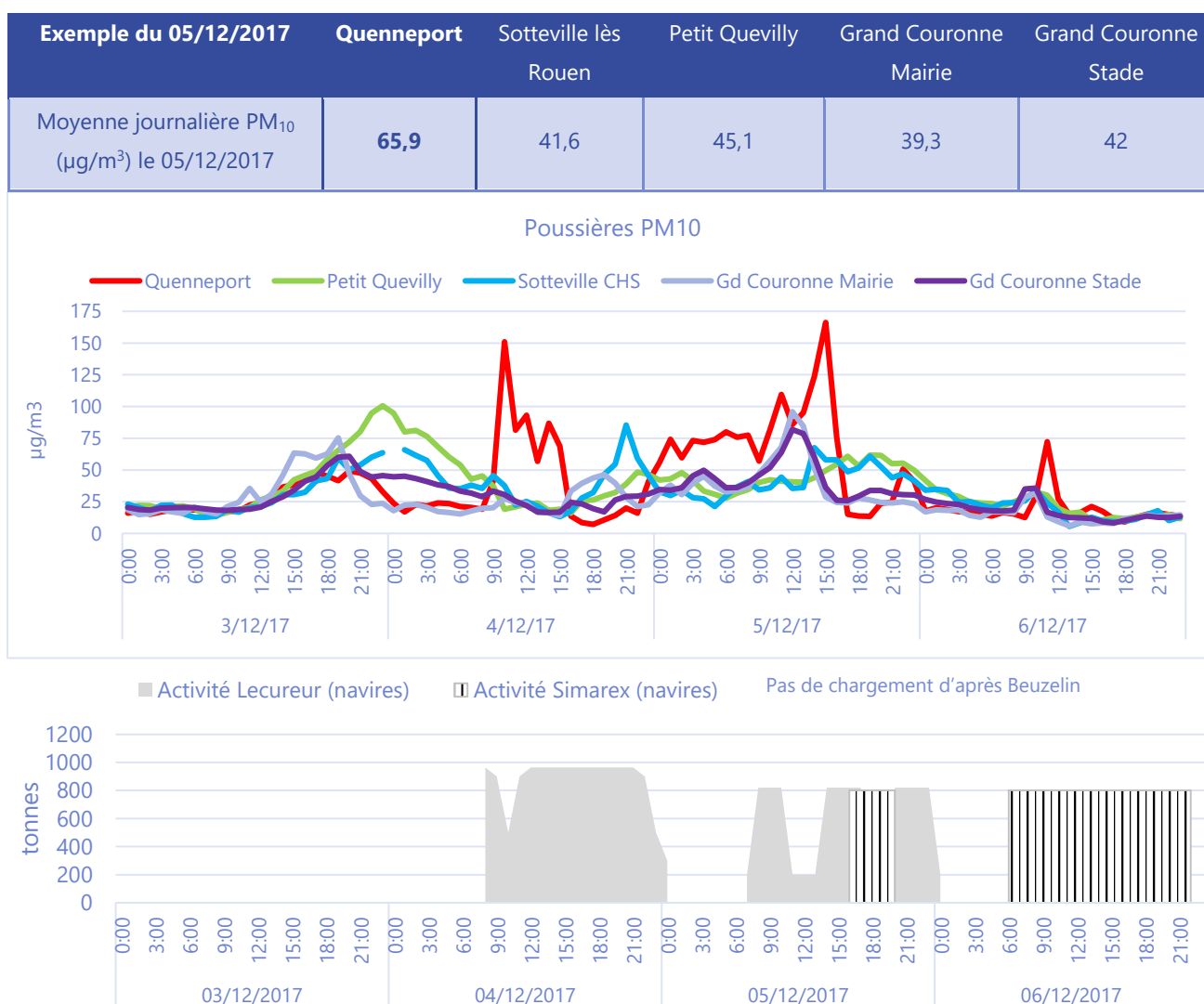


Figure 12 : Exemple des pointes de PM_{10} des 04 et 05/12/2017

5.2. Episodes de dépôts de poussières sédimentables

Plusieurs épisodes de dépôts de poussières sédimentables sont survenus durant la campagne, soit du côté de Quenneport, soit du côté du terrain portuaire, ou encore sur les deux sites en même temps.

5.2.1. Corrélation avec les PM₁₀

La corrélation entre PM₁₀ et dépôts de poussières sédimentables est faible et lorsqu'elle existe, il peut y avoir un décalage dans le temps. En effet, les dépôts surviennent souvent après les pointes de poussières en suspension PM₁₀, voire le lendemain. (Voir l'évolution horaire sur l'ensemble de la campagne **en annexe 2**, et en détail sur chaque épisode **en annexe 1**).

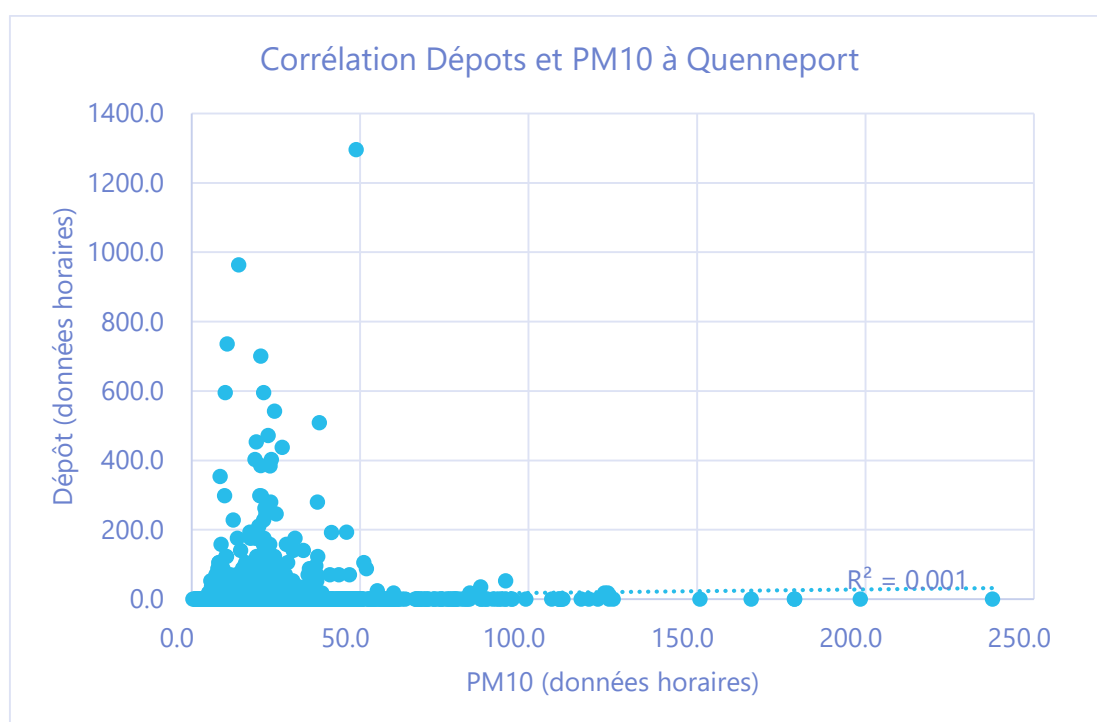


Figure 13 : Corrélation entre dépôts de poussières sédimentables et poussières en suspension PM₁₀ durant la campagne

5.3. Lien avec les conditions météorologiques

(Les roses de vent sont aussi consultables pour chaque épisode de pollution dans **l'annexe 4**)

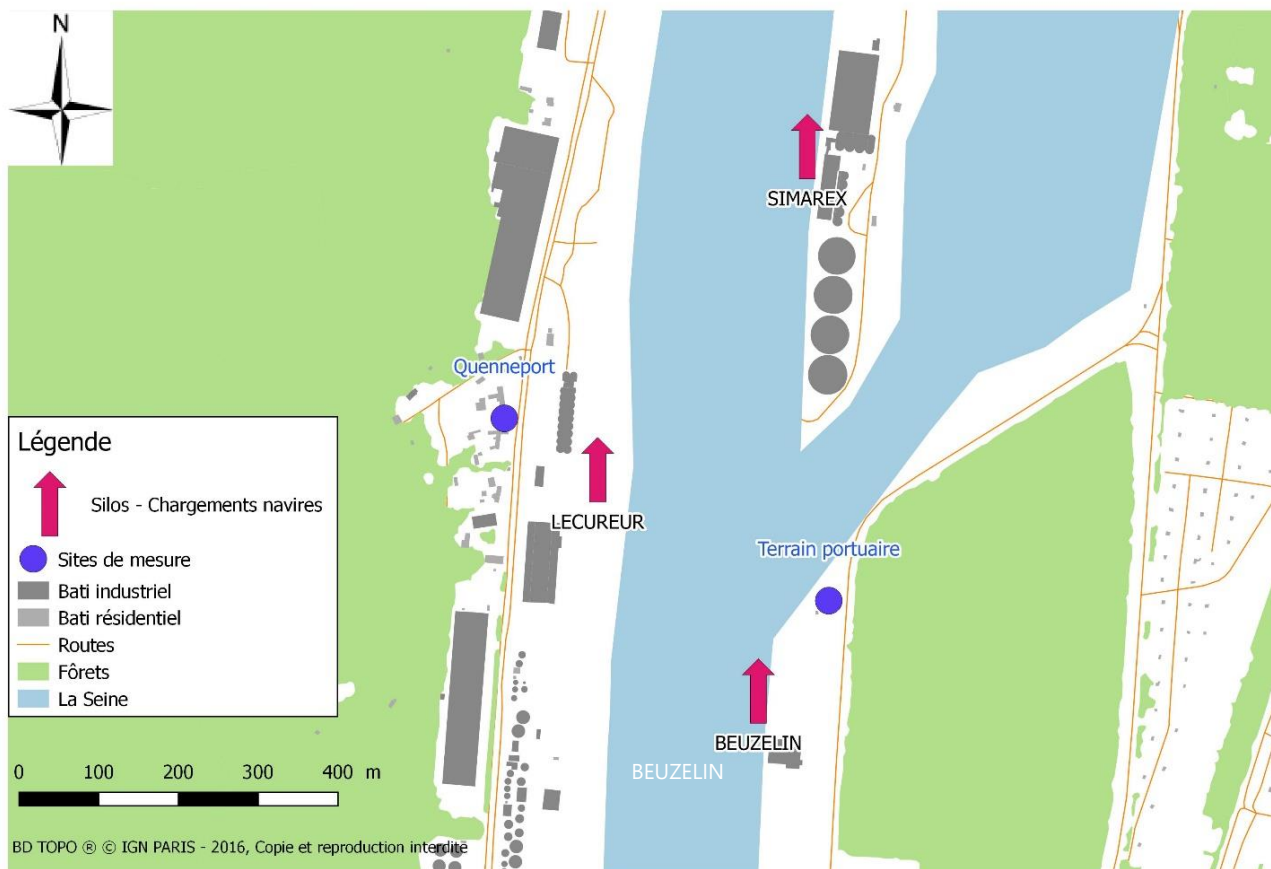


Figure 14 : Rappel de la géographie du secteur étudié

5.3.1. Cas des poussières PM₁₀ à Quenneport

Lorsque les pointes de PM₁₀ surviennent à Quenneport, les conditions météorologiques sont souvent (par exemple les 14/11/2017, 05/12/2017 et 19/12/2017) les suivantes :

Le vent synoptique (à Météo France BOOS) vient du sud, sud-ouest ou ouest bien établi. C'est le vent le plus fréquent. Simultanément, au niveau local (sur le terrain portuaire et à Petit Couronne GPMR) le vent devient faible (< 1m/s) et sa direction n'a plus de signification durant quelques heures. Il peut s'agir d'un phénomène dû à la présence de la Seine et/ou de la falaise coté Quenneport. Une hypothèse est que ce vent local faible concentre les poussières PM₁₀ en accentuant la pointe de pollution à Quenneport puis la dissipe lorsque le vent se lève (15h -16h). La pluviométrie explique aussi la baisse des poussières (entre 16h et 17h).

Heures TU

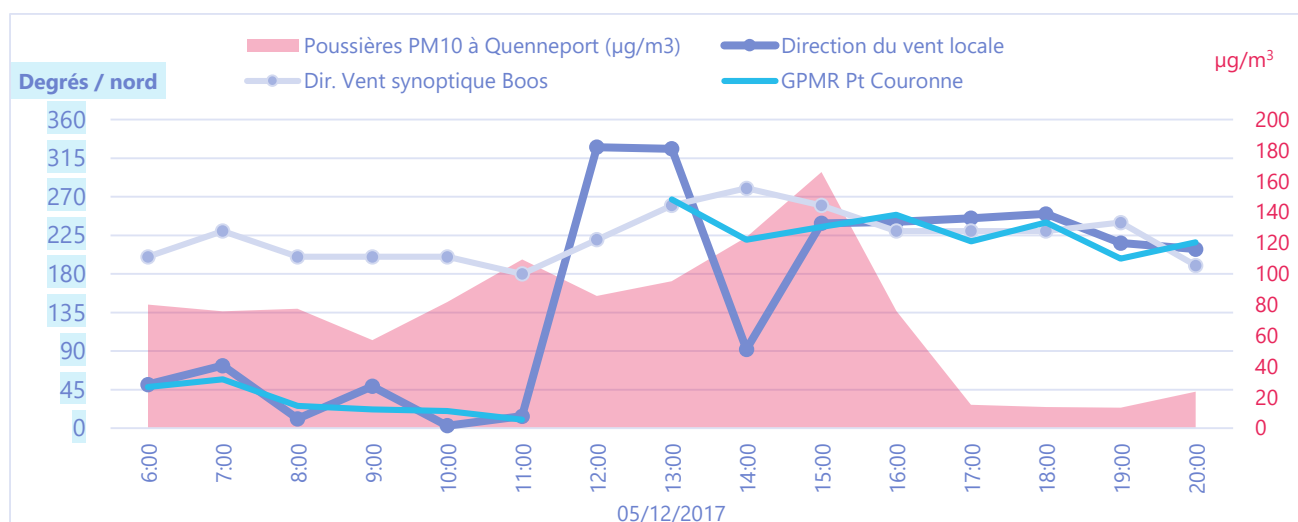


Figure 15 : Illustration de la direction non déterminée du vent local durant l'augmentation des poussières PM₁₀ à Quenneport

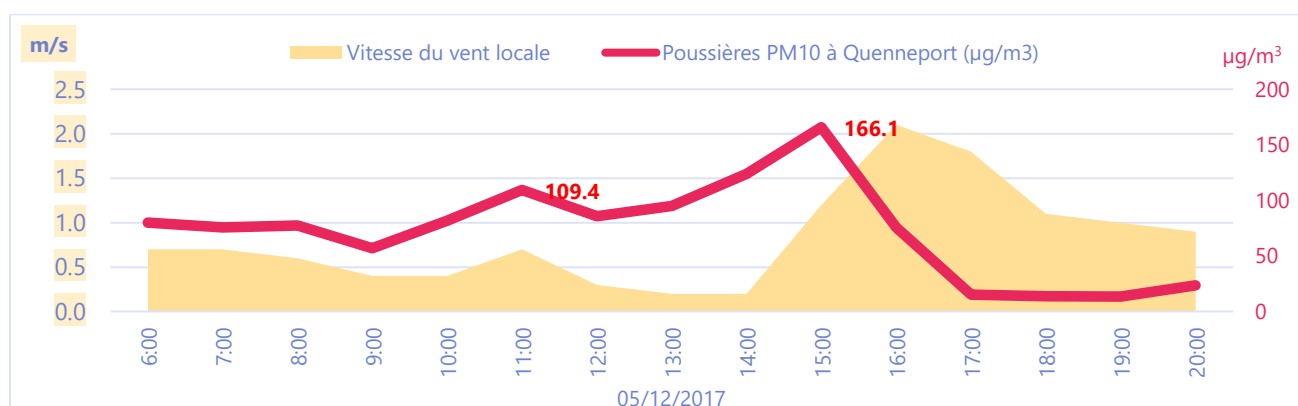


Figure 16 : Illustration de la vitesse du vent local faible durant l'augmentation des poussières PM₁₀ à Quenneport

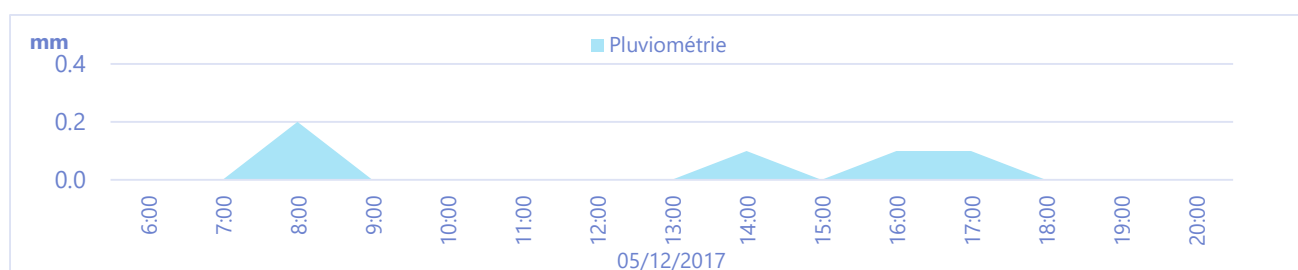


Figure 17 : Pluviométrie

5.3.2. Cas des dépôts de poussières sédimentables uniquement à Quenneport

Lorsque des dépôts sont mesurés uniquement sur le site de Quenneport les vents sont de secteur sud-ouest ou sud. Cependant, dans ces cas, les dépôts surviennent quelques heures après une période de vent faible avec une fluctuation de la direction du vent locale. Il semble, comme pour les PM₁₀, que les vents faibles, sans direction définie, jouent un rôle important dans la formation des pointes de poussières sédimentables à Quenneport. Le renforcement de la vitesse du vent accentue la pointe de pollution, probablement en remettant en suspension les poussières, puis la dissipe. La pluviométrie peut contribuer aussi à abbatre le taux de poussières.

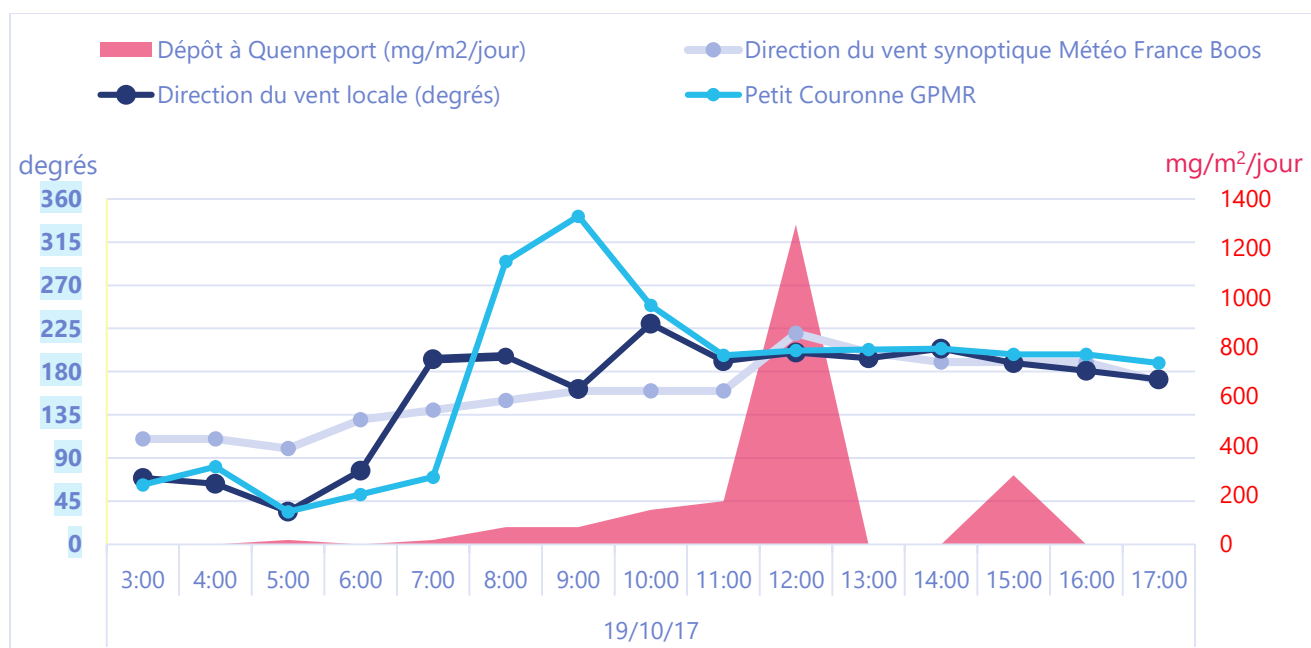


Figure 18 : Direction du vent lors du dépôt de poussières sédimentables à Quenneport du 19/10/2017 (heures TU)

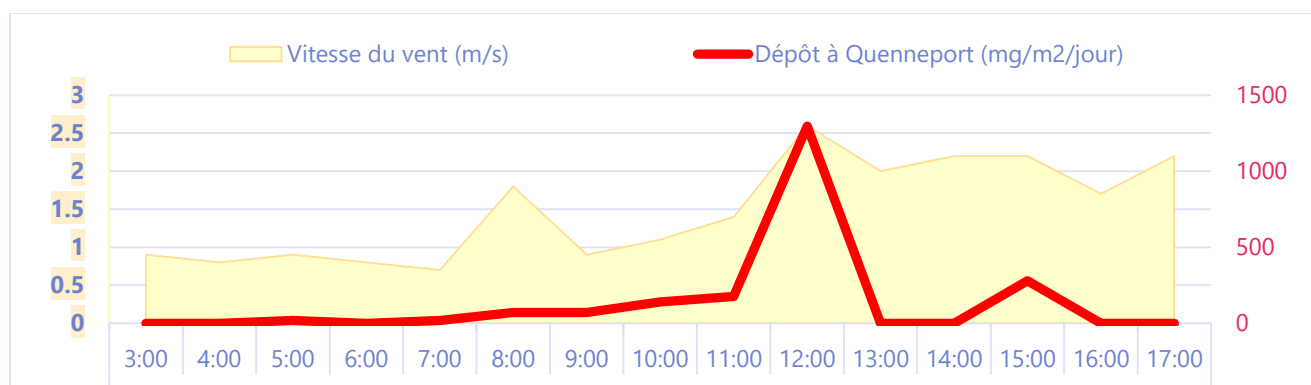


Figure 19 : Vitesse du vent lors du dépôt de poussières sédimentables à Quenneport du 19/10/2017 (heures TU)

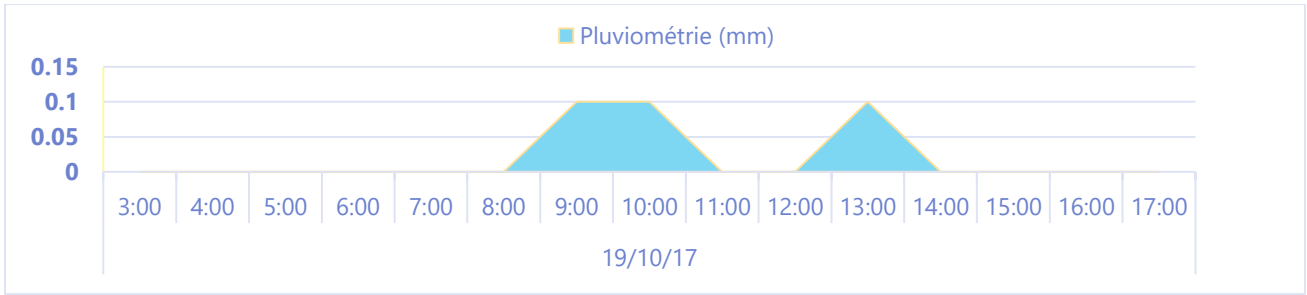


Figure 20 : Pluviométrie

5.3.3. Cas des dépôts de poussières sédimentables uniquement sur le terrain portuaire

Sur le terrain portuaire, les dépôts surviennent par vent de sud à sud-ouest, bien établi, de vitesse supérieure à 1 m/s. Le vent provenant de cette direction peut en effet transporter les poussières générées par le chargement des navires de BEUZELIN sur le site du terrain portuaire. Cependant, les dates des 27/11/2017 et 13/12/2017 ne correspondent pas à des chargements, selon les informations données par le silo BEUZELIN. Une piste d'explication pourrait être l'apport des poussières depuis la rive droite de la Seine, du fait que les deux autres silos sont en activité et en particulier LECUREUR qui se trouve à l'ouest du point de mesure. Dans cette hypothèse, le nuage de poussières sédimentables n'est pas localisé au niveau du quai de chargement de Lecureur, mais s'étale sur le secteur de la vallée de la Seine comprenant les deux batiments de Lecureur. Une partie de ce nuage est transporté par le vent de sud-ouest vers la rive de Petit Couronne où est situé le point de mesure du terrain portuaire.

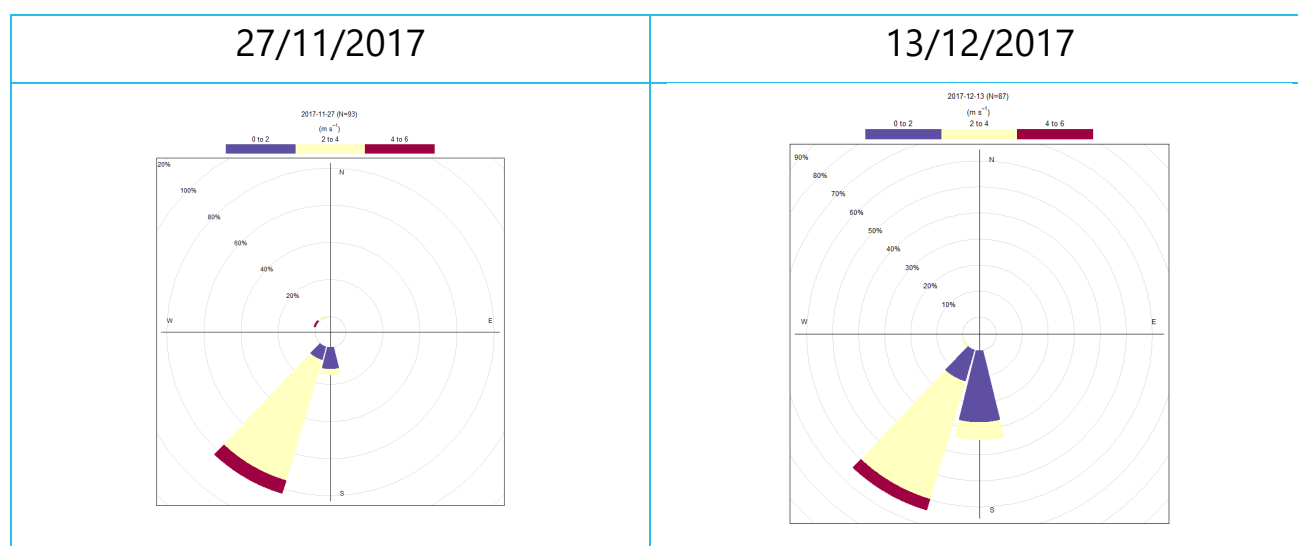


Figure 21 :Exemple des roses des vents des 27/11/2017 et 13/12/2017 (mesures de vent du terrain portuaire)

5.3.4. Cas des dépôts de poussières sédimentables sur les deux sites (Quenneport et terrain portuaire) en même temps

Lors des dépôts sur les deux sites de Quenneport et du terrain portuaire durant les mêmes journées, les vents sont de sud à sud-ouest bien établis. Le cas des 22 et 23/11/2017 est présenté ci-dessous. La vitesse du vent locale, supérieure à 1 m/s, forçait au moment de la pointe la plus forte. Une piste d'explication est que cette « bourrasque » de vent pourrait engendrer un réenvol de poussières.

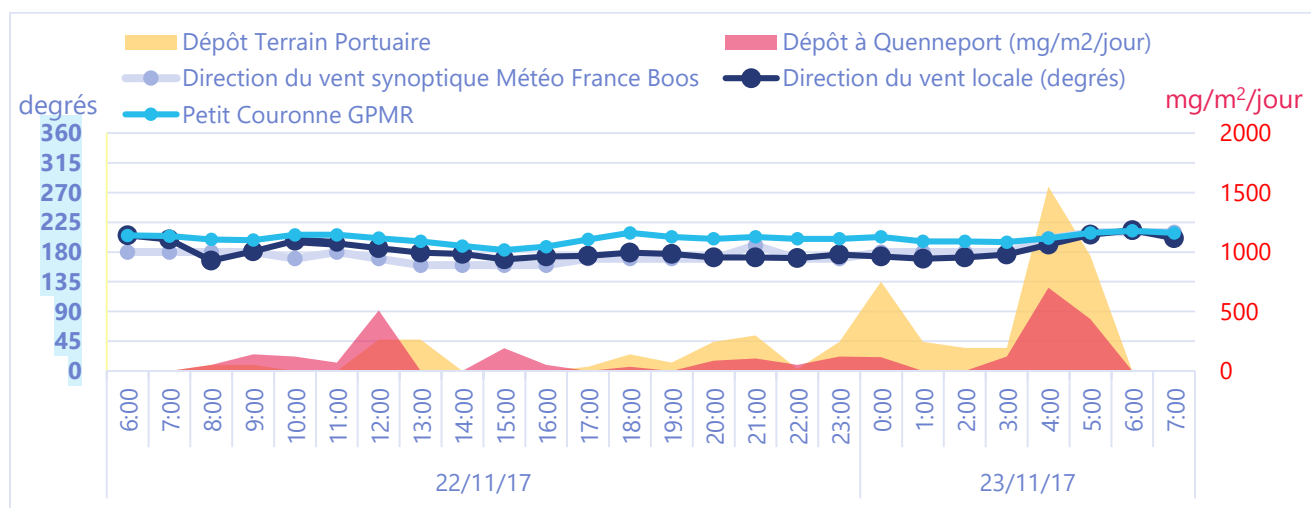


Figure 22 : Direction du vent lors du dépôt de poussières sédimentables sur les 2 sites du 23/11/2017 (heures TU)

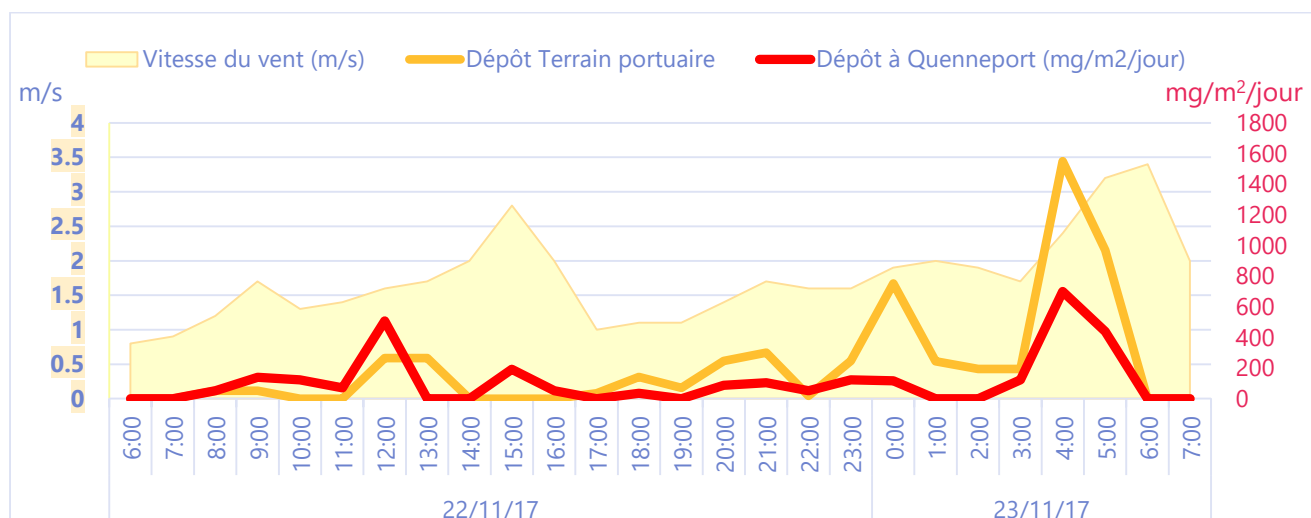


Figure 23 : Vitesse du vent lors du dépôt de poussières sédimentables sur les 2 sites du 23/11/2017 (heures TU)

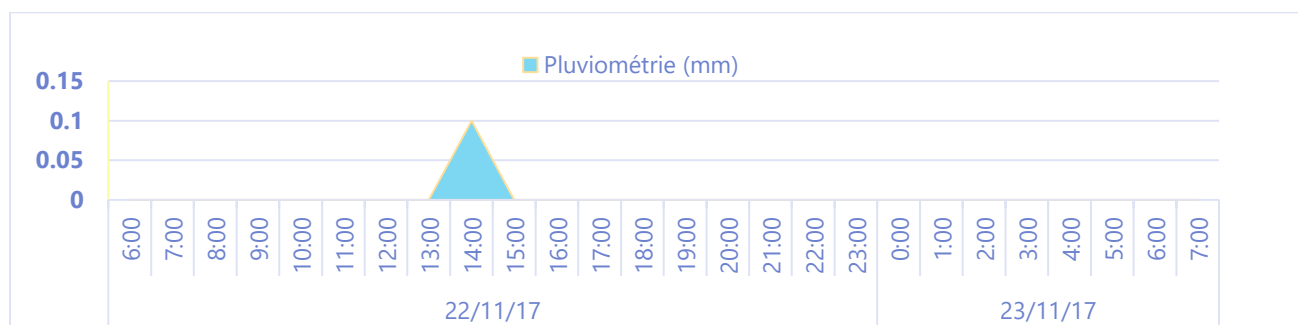


Figure 24 : Pluviométrie

5.4. Lien entre dépôts et activité

5.4.1. Aperçu de toute la période (en données journalières)



Figure 25 : Aperçu sur toute la campagne en données journalières

5.4.2. Episode de dépôts de poussières sédimentables des 22 et 23/11/2017

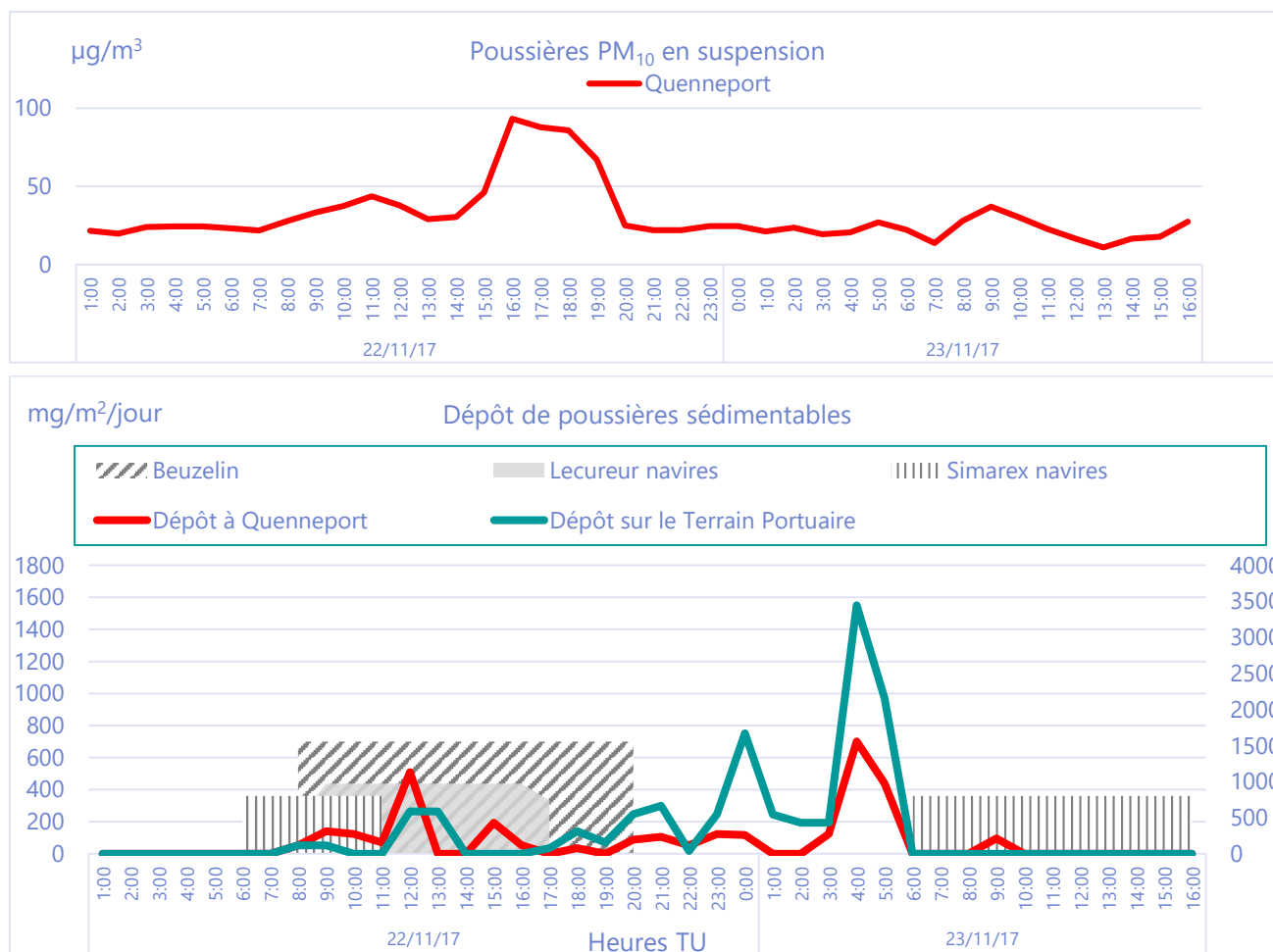


Figure 26 : Cas des 22/11 et 23/11/2017

Une activité de chargement des navires a lieu le 22/11/2017 au niveau des trois silos. (Simarex seulement dans la matinée, ou dans la journée du 23/11 semble contribuer faiblement à l'épisode de poussières.) Il est intéressant de constater que les poussières PM₁₀ augmentent à Quenneport dans l'après-midi au moment des chargements (Lecreur et Beuzelin) alors que les dépôts sont faibles. Une piste d'explication est que les actions mises en place par les silos pour baisser le taux de poussières abattent efficacement les poussières sédimentables mais pas (ou moins) les poussières en suspension PM₁₀. Les forts dépôts surviennent dans la soirée et dans la nuit alors que l'activité de chargement est terminée. Une hypothèse est que lorsque les vents forçissent, ils entraînent une remise en suspension des poussières sédimentables. Celles-ci forment un dépôt élevé à proximité des silos. Le nuage de poussière créé par le réenvol des poussières sédimentables est sans doute assez large, puisque les deux capteurs sont concernés par le dépôt.

5.5. Analyses des dépôts (forts ou très forts selon notre référentiel) par microscopie

Les résultats de tous les échantillons analysés sont détaillés dans l'**annexe 1**. Cependant, afin d'avoir une vision plus synthétique de ces résultats, un classement des échantillons a été effectué par Analyses & Surface selon le diamètre moyen des particules:

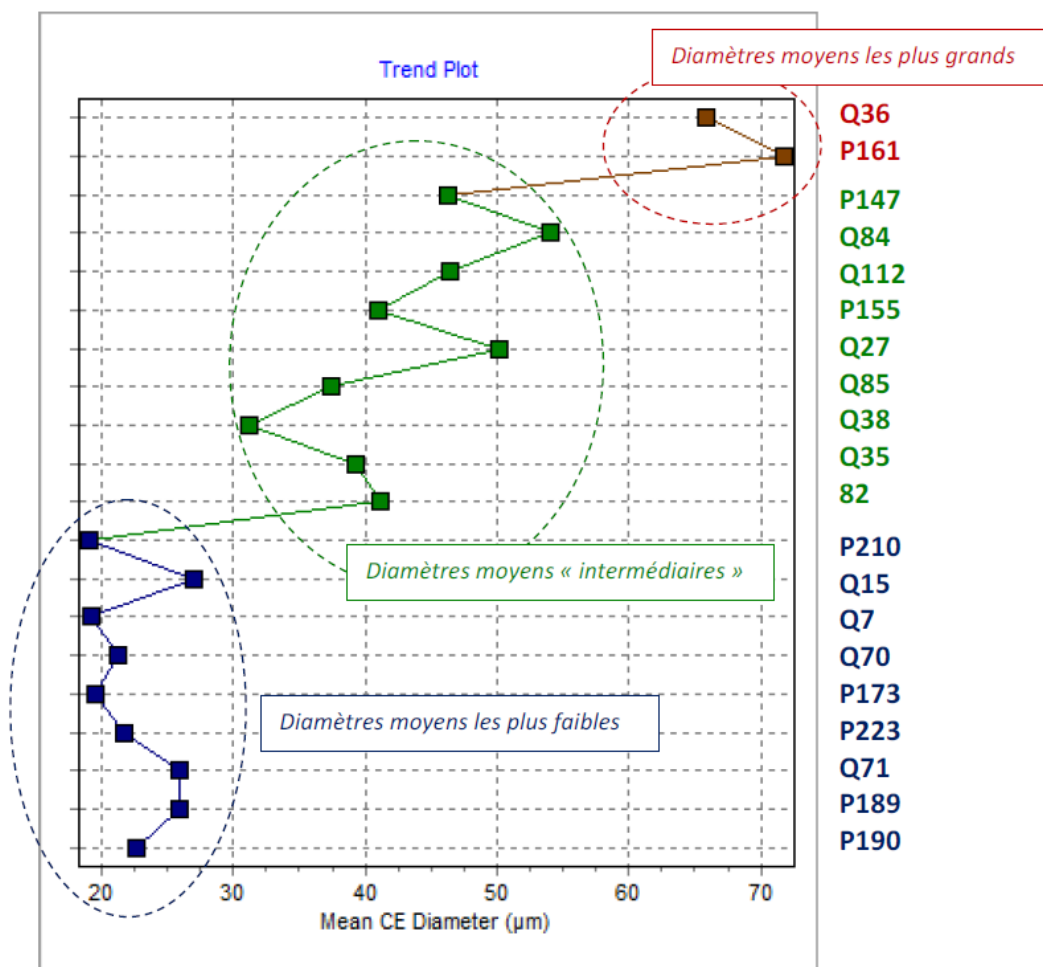


Figure 27 : Classement des échantillons selon le diamètre moyen des particules

Les prélèvements qui présentent des diamètres moyens les plus faibles sont également ceux dont le nombre de particules analysées est le plus important. Ils sont donc les plus représentatifs (d'après Analyses & Surface). En effet, ils comprennent les très forts dépôts des journées des 22 et 23 /11/2017 en rives droite et gauche de la Seine et celui du 13/12/2017 sur le terrain portuaire. Une attention particulière est donc portée à l'interprétation des résultats de ces échantillons. Pour cette catégorie, deux populations ressortent :

- Une population de fines particules centrée autour d'un diamètre moyen inférieur à 10 µm (fibres ou particules sphériques). Ces particules fines (diamètre inférieure à 10 µm) sont les plus nombreuses, mais occupent un faible volume (poussières de sol, minéraux, poussières de nature végétale)

- Une population de plus grosses particules de nature végétale (fragments copeaux) ou animale (insecte). Ces grosses particules (diamètre entre 100 et 700 μm) ne sont pas les plus nombreuses, mais occupent le volume le plus important. **Ce sont celles qui** engendrent une nuisance visuelle.

- Courbes de distribution granulométrique en fréquence -

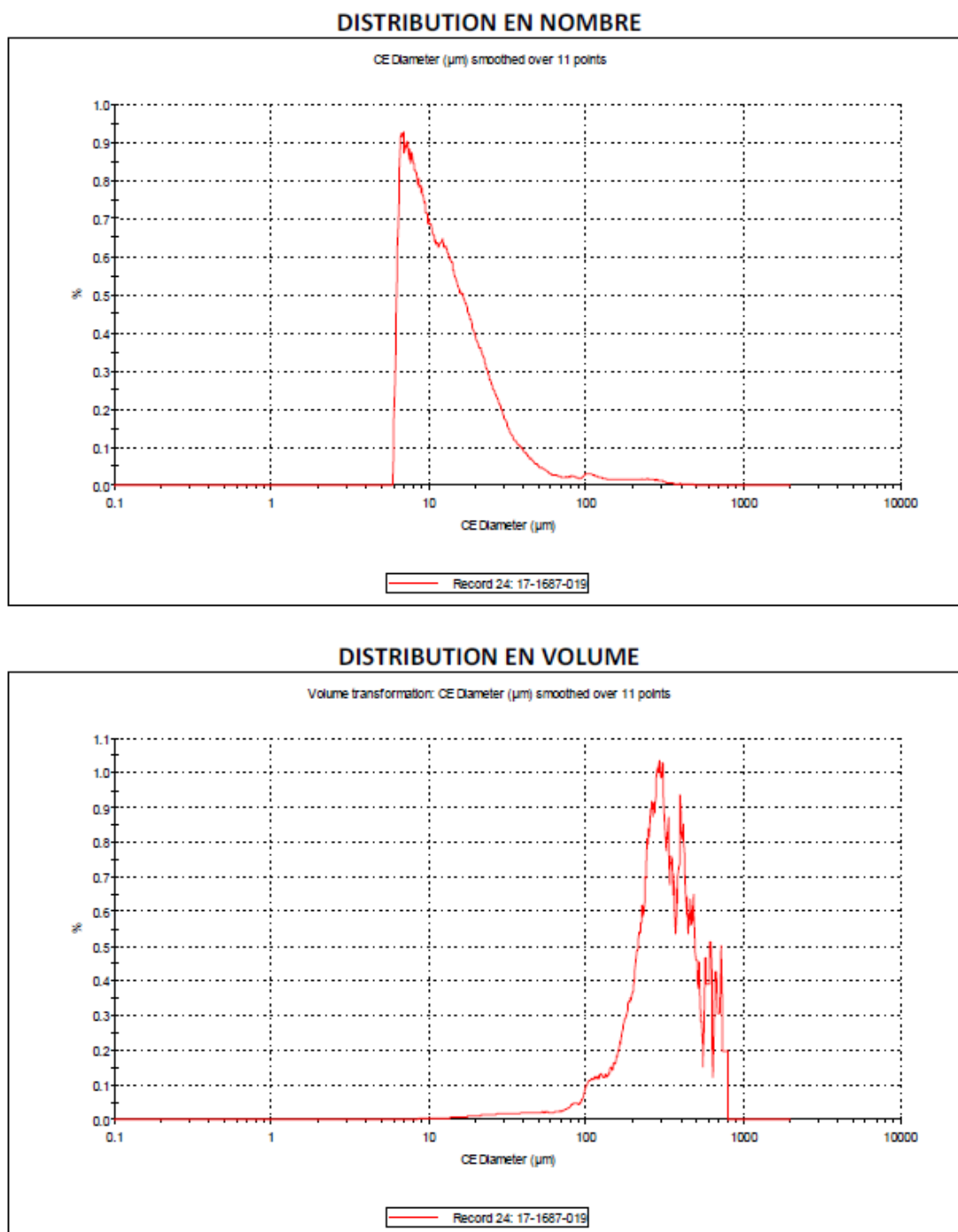
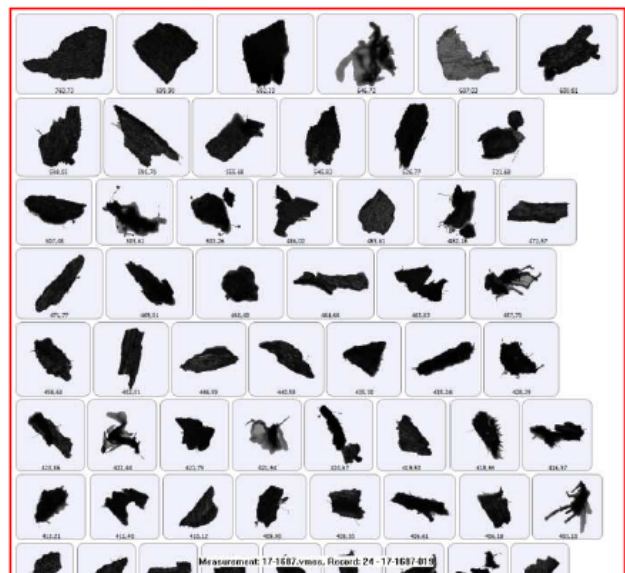
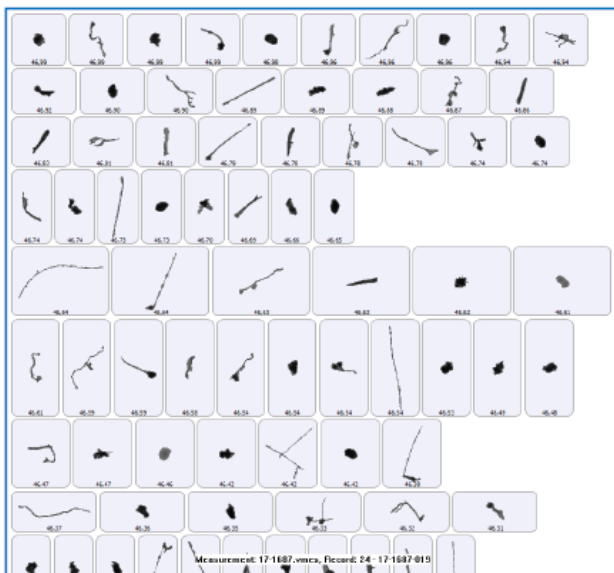
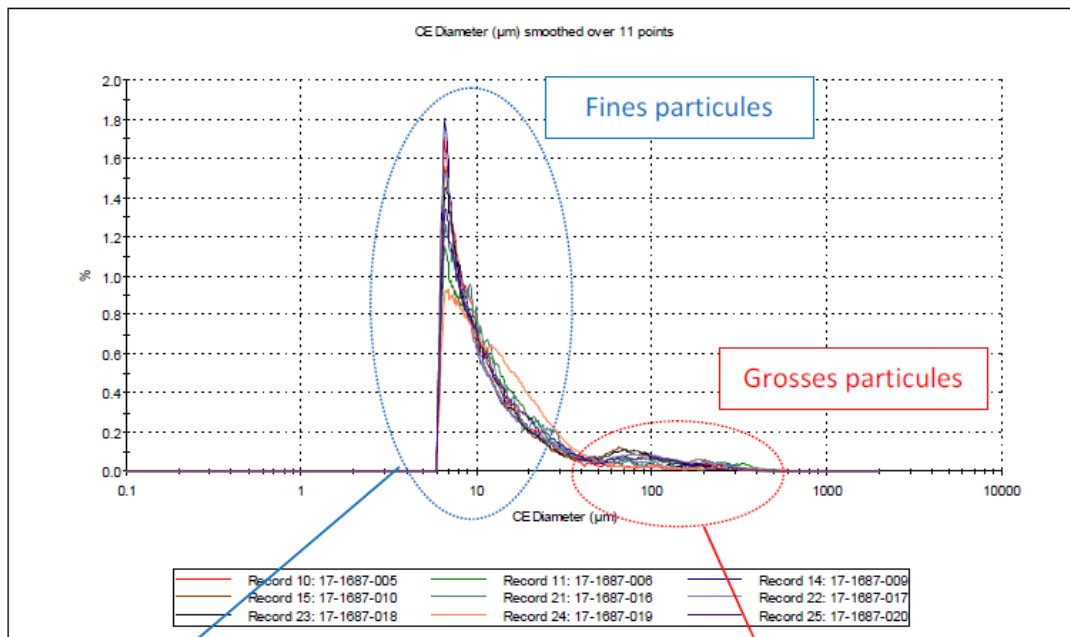


Figure 28 : Exemple de distribution granulométrique en nombre et en volume de l'échantillon (P210) du 13/12/2017 sur le terrain portuaire

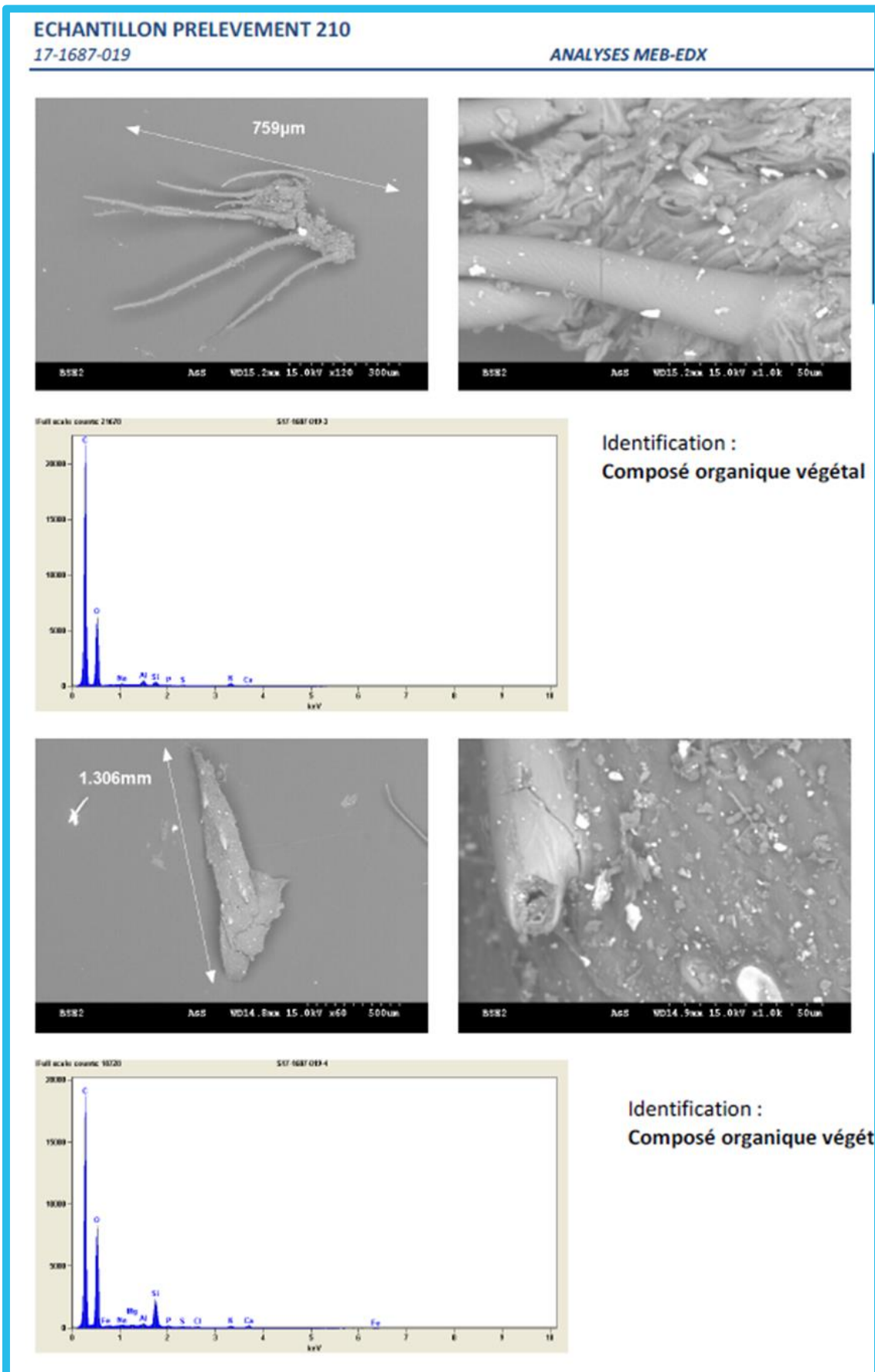


*Exemple de classement sur le critère du diamètre moyen CE : prélèvement **P210***

Figure 29 : Classement des particules sédimentables selon le diamètre du prélèvement du 13/12/2017 sur le terrain portuaire

L'analyse par microscopie électronique à balayage de 6 échantillons (19/10/2017 à Quenneport, 21/11/2017 sur les 2 sites, 23/11/2017 sur les 2 sites, 13/12/2017 sur le terrain portuaire, voir le détail **en annexe 1**) confirme :

- La présence de composés végétaux, majoritaires, et de dimensions pouvant être importantes :



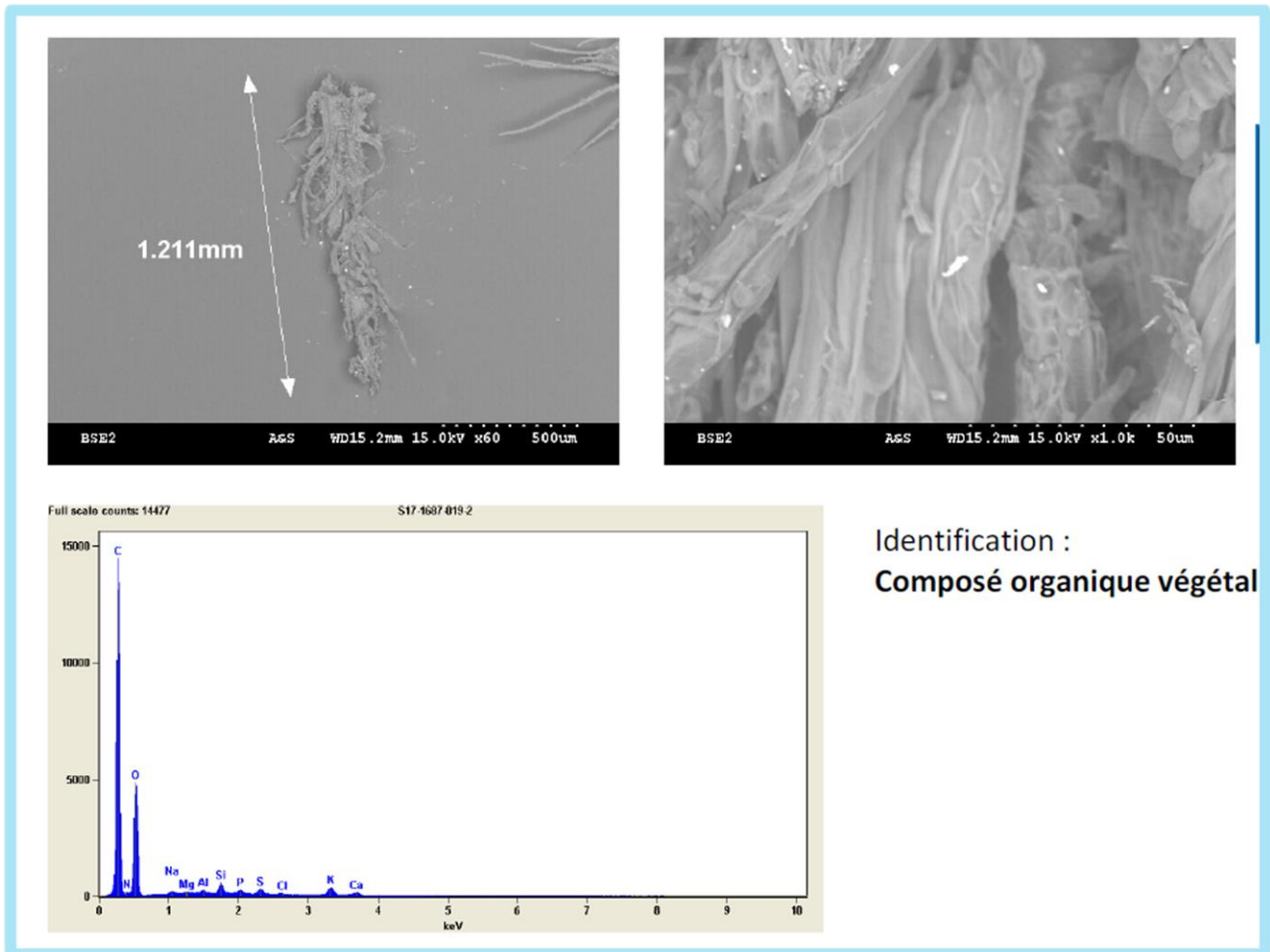


Figure 30 : Exemple d'identification d'un composé végétal (dans le prélèvement P210 du 13/12)

Rappel des résultats du test de faisabilité sur les poussières prélevées dans un silo :

En l'absence d'autres références, la comparaison avec les poussières prélevées directement dans un silo est faite par analogie entre les clichés durant la campagne (ci-dessus) et du test (ci-dessous). Les similitudes entre ces clichés semblent indiquer qu'il y a de fortes chances pour que les composés organiques végétaux détectés dans les échantillons correspondant à des forts ou très forts dépôts visuels soient des poussières céréalières.

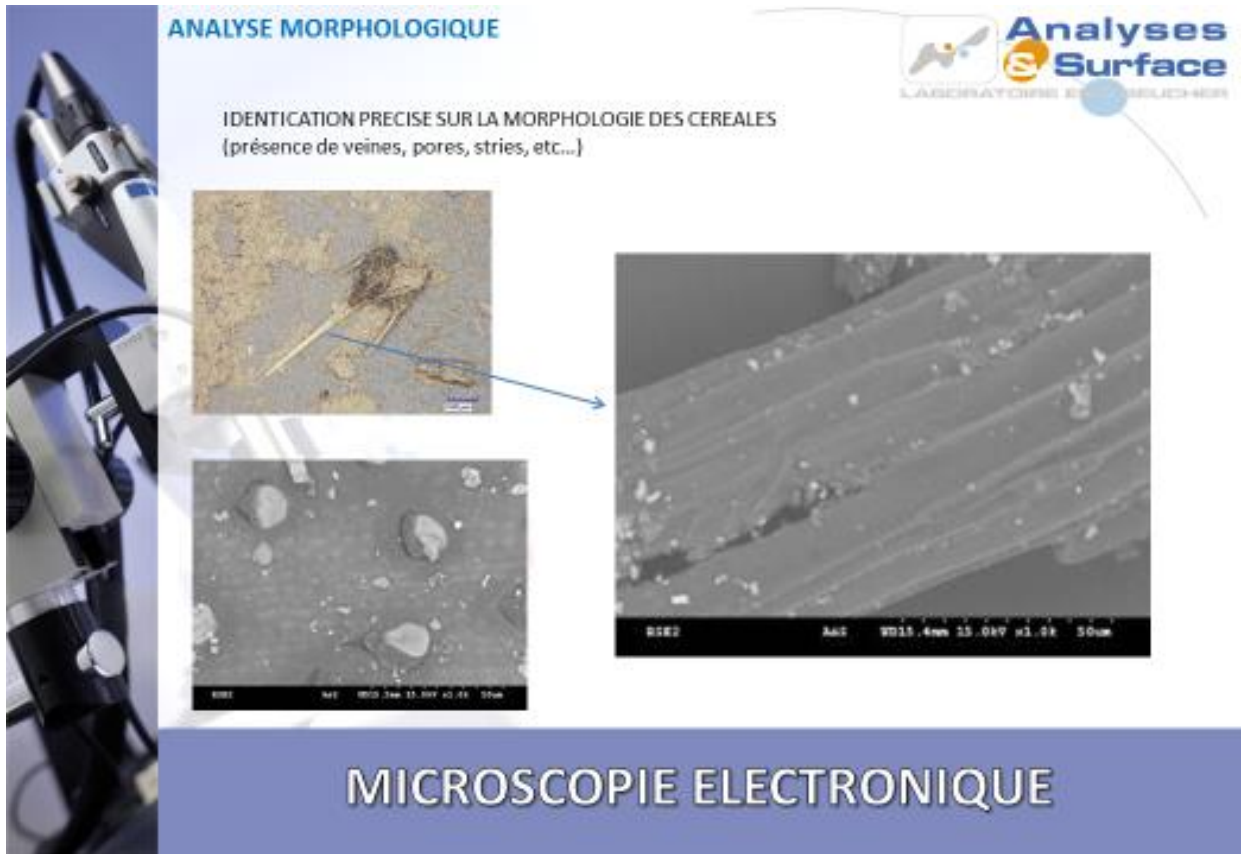


Figure 31 : résultats du test de faisabilité avec des poussières prélevées directement à l'intérieur d'un silo.

- La présence de composés minéraux ou autres sont minoritaires en volume, car de petites tailles :

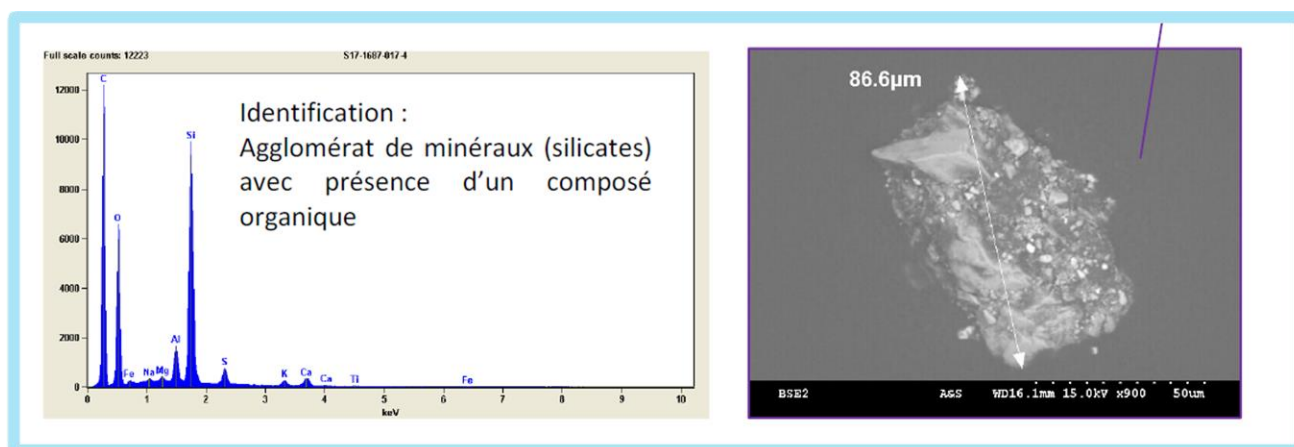


Figure 32 : Exemple d'identification d'un composé minéral (dans le prélèvement P189 du 22/11)

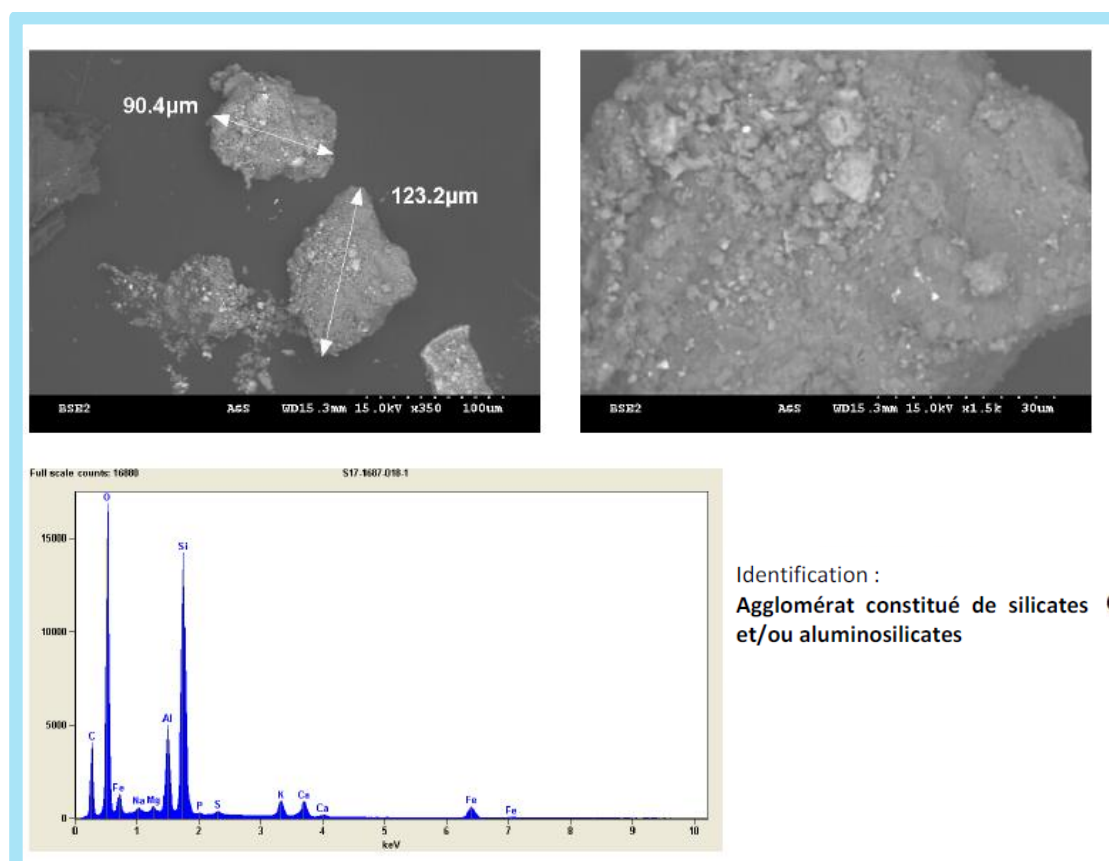


Figure 33 : Exemple d'identification d'un composé minéral (dans le prélèvement P190 du 23/11)

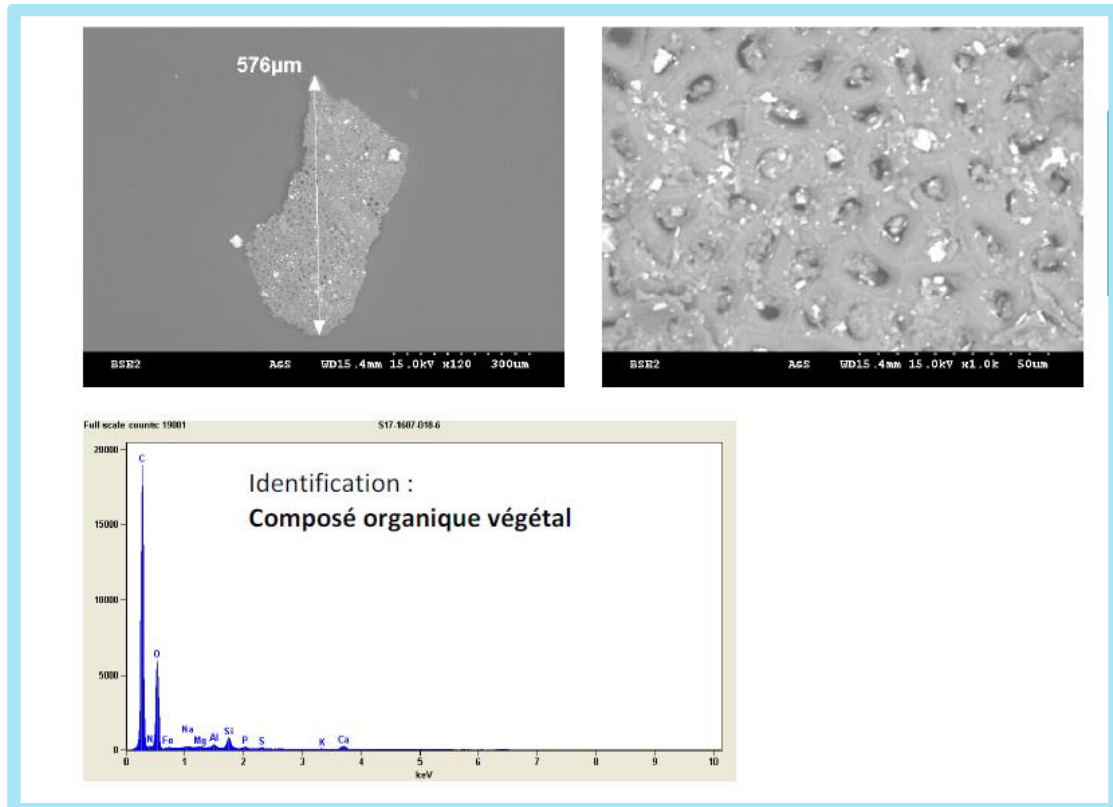


Figure 34 : Exemple d'identification d'un composé organique végétal de petite taille (dans le prélèvement P190 du 23/11)

- La présence (non majoritaire) de composés organiques de type insectes de grande taille :

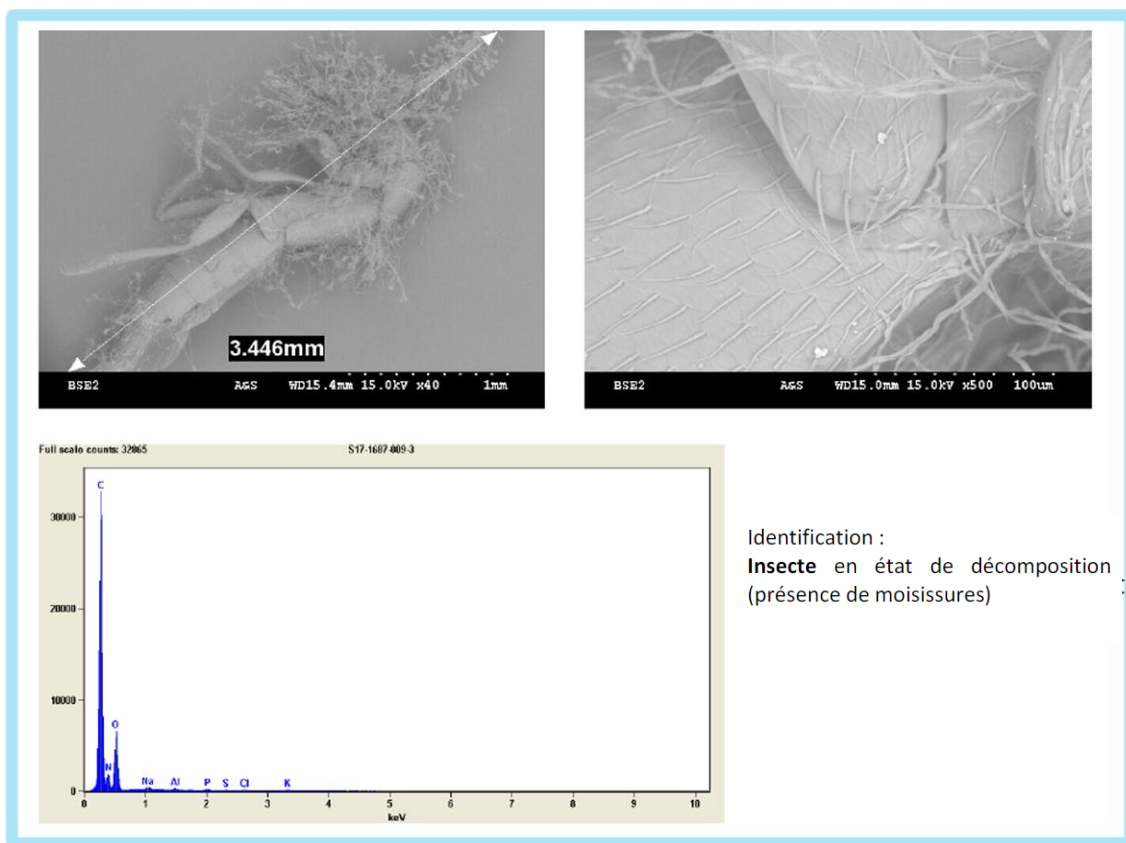


Figure 35 : Exemple d'identification d'un insecte (dans le prélèvement Q70 du 22/11)

- La présence (minoritaire) de moisissures (probablement liée à la décomposition d'un insecte durant la période d'exposition de l'échantillon sur le terrain) est aussi observée :



Figure 36 : Exemple d'identification d'une moisissure (dans le prélèvement Q70 du 22/11)

6. Conclusion

La campagne de mesure réalisée du 20/09/2017 au 09/01/2018 sur le secteur des trois silos céréaliers LECUREUR-SENALIA, BEUZELIN-GROUPE BZ ET SIMAREX a permis de montrer que les valeurs réglementaires (directive européenne, réglementation française) relatives aux teneurs en PM_{10} dans l'air ambiant sont respectées sur la durée de la campagne à Quenneport en rive droite de la Seine.

Néanmoins, les mesures réalisées en PM_{10} mettent en évidence un impact local sur Quenneport par rapport au reste de l'agglomération. Cet impact local est lié à l'activité silo-portuaire et notamment aux chargements de navires de céréales. Ceci est mis en évidence par une bonne corrélation entre les épisodes de chargement et les pics de PM_{10} sur la zone de mesure. Cependant, ce surcroît de poussières reste dans une limite acceptable, sur la durée de la campagne, au regard de la valeur limite et de l'objectif de qualité sur les PM_{10} . Par contre, la recommandation de l'OMS sur les PM_{10} risque d'être dépassée sur l'année, car déjà presque atteinte durant les 3 mois de campagne.

Outre les PM_{10} , une nouveauté par rapport aux études précédentes sur les poussières cérésières est de disposer d'un appareil de mesure automatique des dépôts de poussières sédimentables. Cette méthode, bien qu'exploratoire et non réglementaire, s'efforce de quantifier la gêne perçue par les riverains (dépôt sur les voitures, dans les jardins, etc.) par une double approche : visuellement d'une part et en masse d'autre part.

La présence d'une corrélation entre les dépôts de poussières et l'activité silo-portuaire de chargement de céréales apparaît moins évidente que pour les particules PM_{10} , du fait d'un décalage dans le temps de plusieurs heures. Toutefois, il est constaté des périodes de forts dépôts de poussières sur la zone, consécutives à des chargements de navire.

Les vents dominants de sud-ouest ainsi que les phénomènes météorologiques complexes sur ce secteur de la vallée de la Seine (bordée par une falaise sur la rive droite) n'ont pas permis de distinguer par de simples roses de pollution les sources de poussières. Par contre, une situation météorologique locale spécifique a été mise en évidence de façon récurrente : il s'agit de vents faibles, de direction non définie (durant l'augmentation des PM_{10} notamment) forçant en milieu de journée donnant lieu à la remise en suspension des grosses particules d'origine végétale. Le nuage de poussières créé par le réenvol des poussières sédimentables est sans doute large, puisque les deux cotés de la Seine sont dans certains cas concernés par le dépôt.

Enfin, l'analyse qualitative menée sur les dépôts de poussières montre la contribution avérée de l'activité de silos aux dépôts de poussières et donc aux nuisances constatées par les riverains. L'analyse par microscopie a mis en évidence deux catégories : des particules importantes en taille et en volume, mais légères, d'origine végétale. Ce sont probablement celles qui créent la gêne visuelle perçue par les riverains. L'autre type de particules est de plus petite taille, mais plus lourd (poussières de sol, minéraux ou autres). Les similitudes

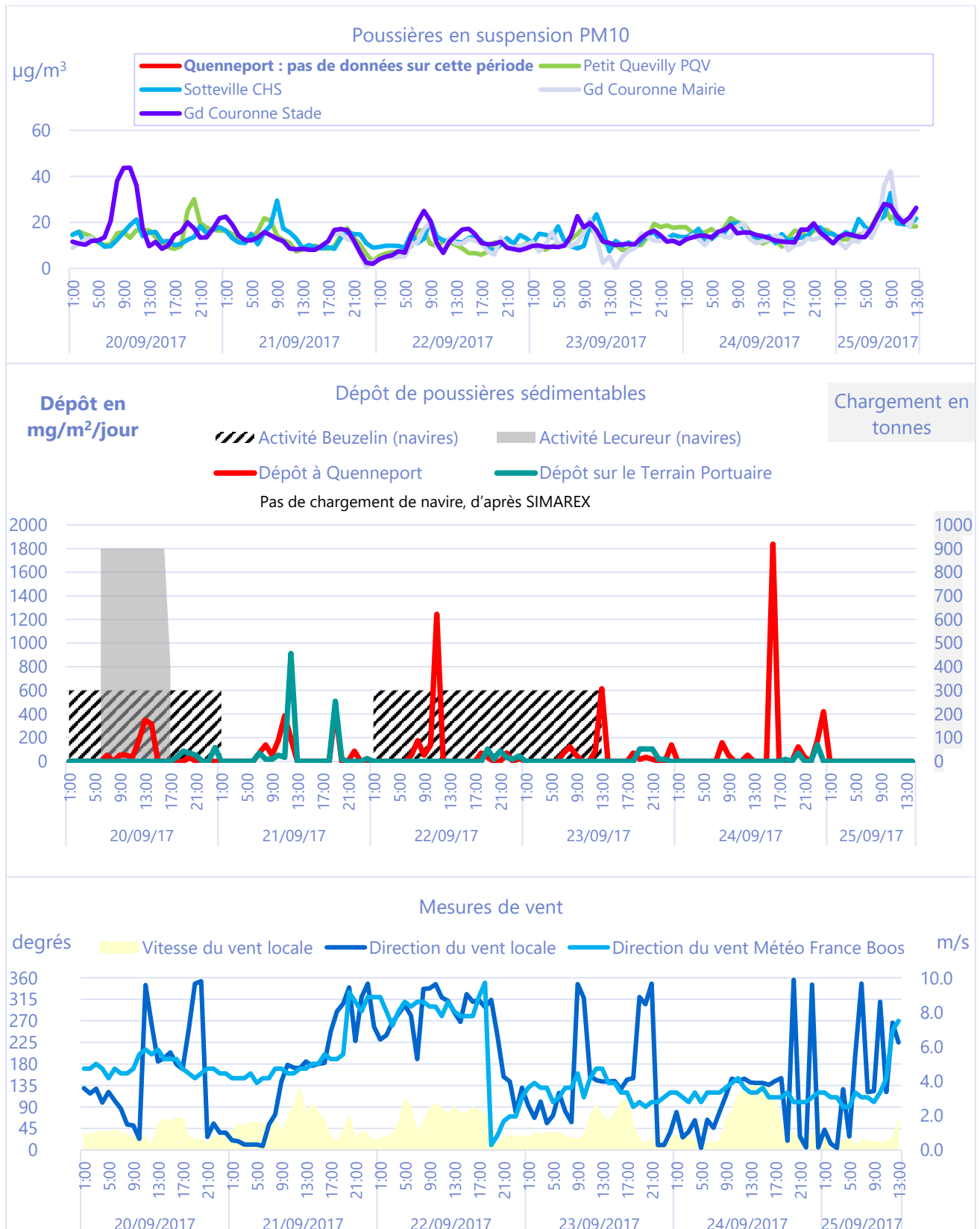
entre les clichés réalisés durant la campagne et lors du test de faisabilité préalable (sur des poussières prélevées directement à l'intérieur d'un silo) semblent indiquer qu'il y a de fortes probabilités pour que les composés organiques végétaux détectés dans les échantillons (correspondant à des forts ou très forts dépôts visuels) soient des poussières céréalières. Pour aller plus loin, il serait intéressant de se constituer des références (à partir de prélèvements de céréales et d'autres poussières végétales) afin que le laboratoire soit en capacité d'identifier de façon formelle la nature céréalière.

7. Annexes

7.1. Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

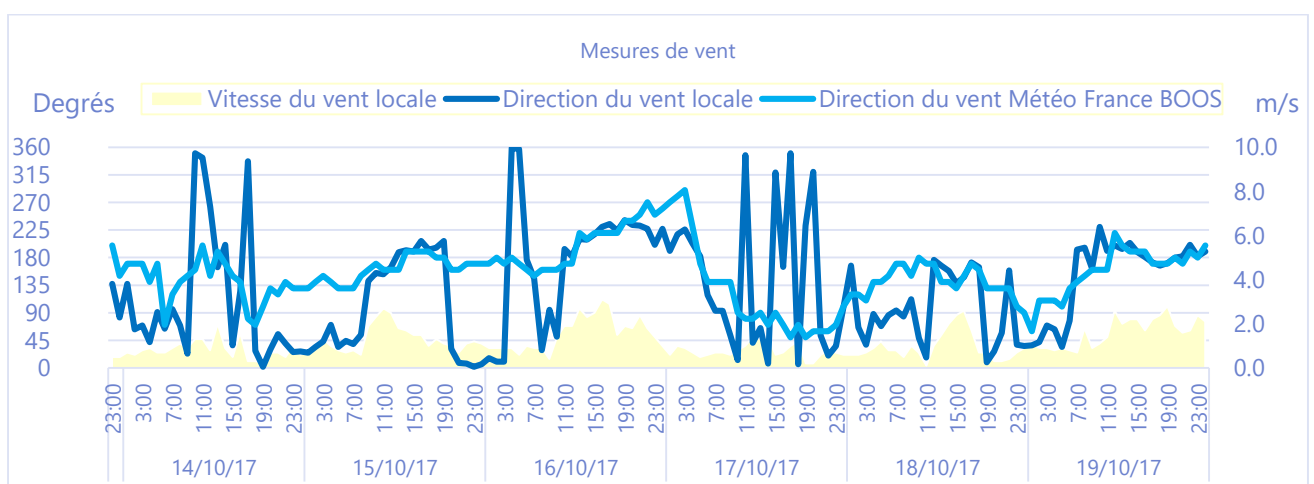
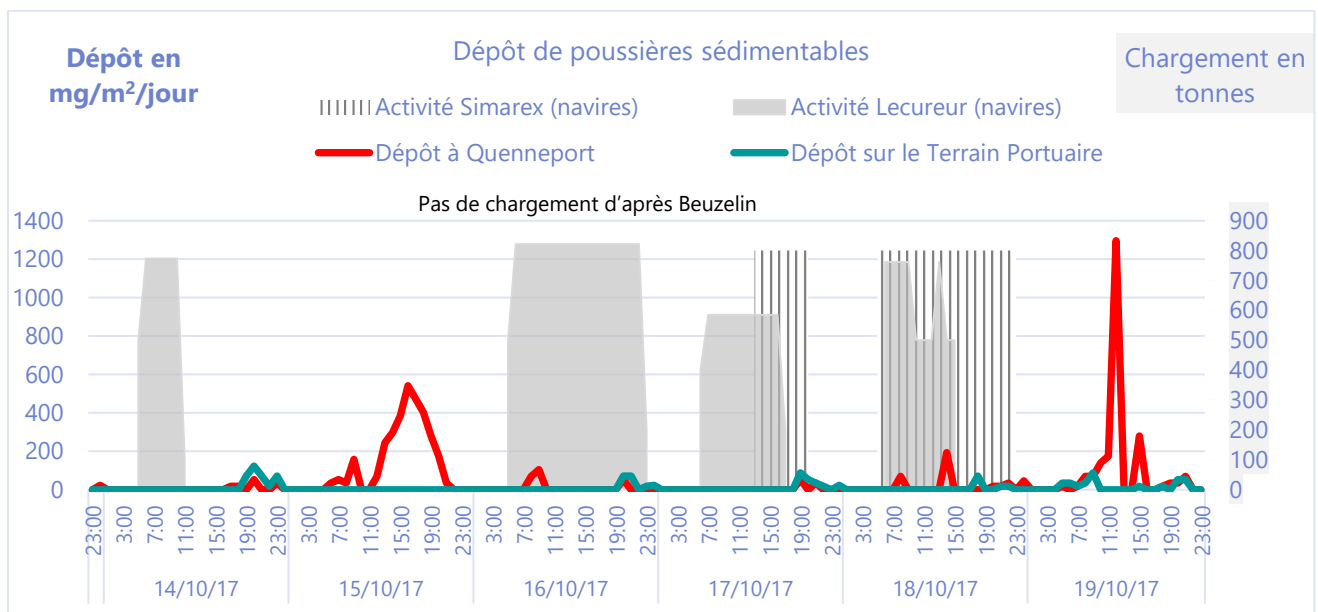
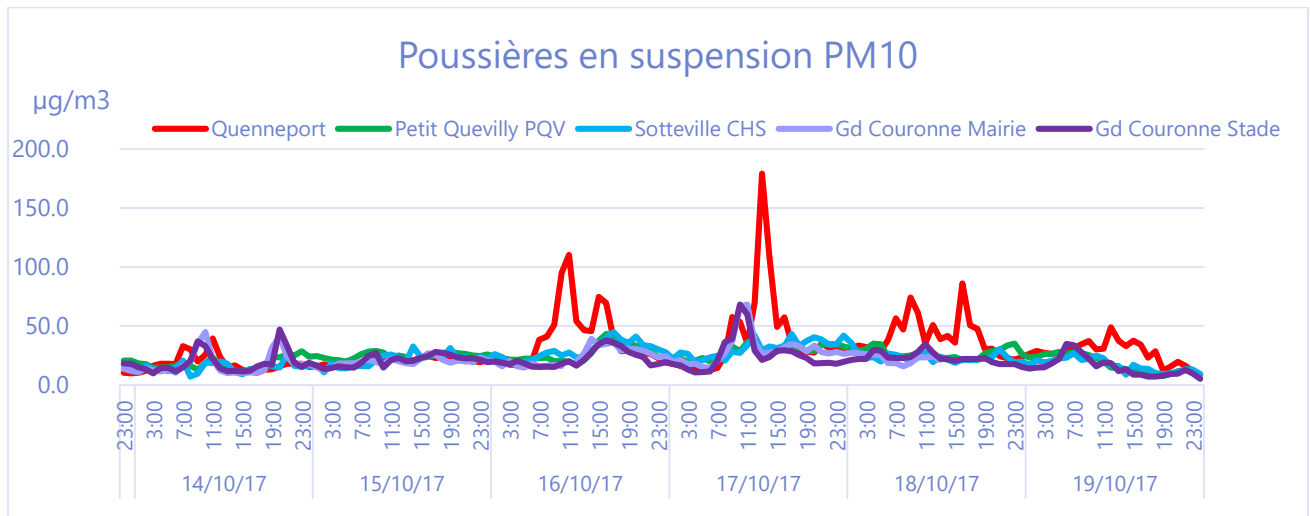
Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

• Episode de dépôts de poussières sédimentables du 24/09/2017



Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

- Episode de dépôts de poussières sédimentables des 15 et 19/10/2017



L'échantillon du 19/10/2017 a été analysé par microscopie.

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

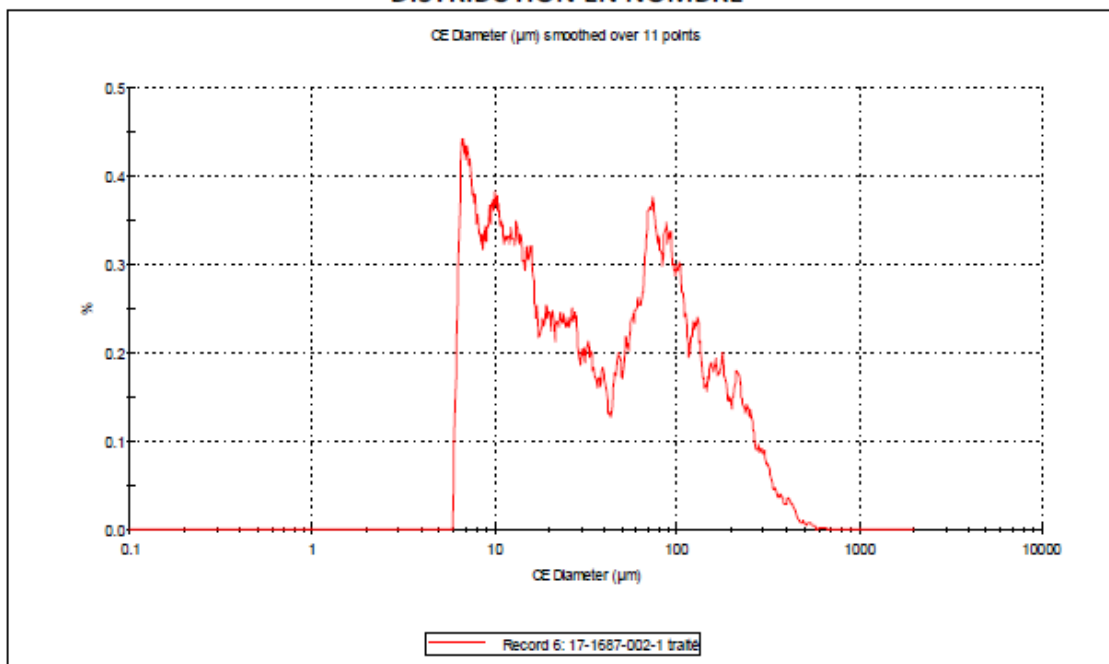
Analyse par microscopie de l'échantillon du 19/10/2017 à Quenneport (Q36)

ECHANTILLON PRELEVEMENT Q36

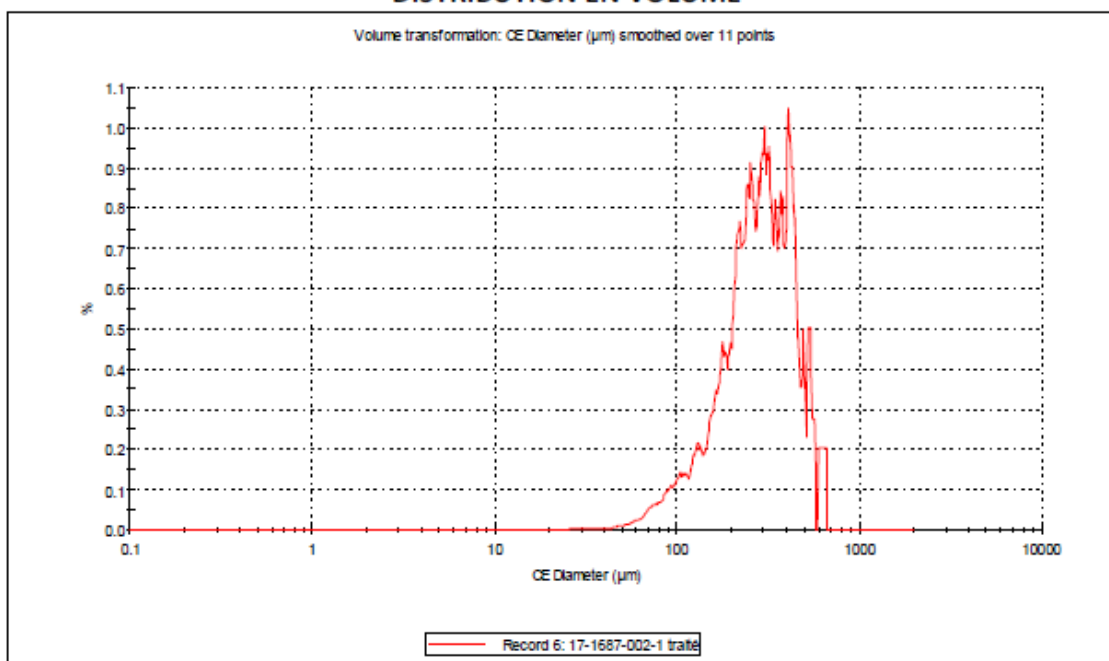
17-1687-002

- Courbes de distribution granulométrique en fréquence -

DISTRIBUTION EN NOMBRE



DISTRIBUTION EN VOLUME

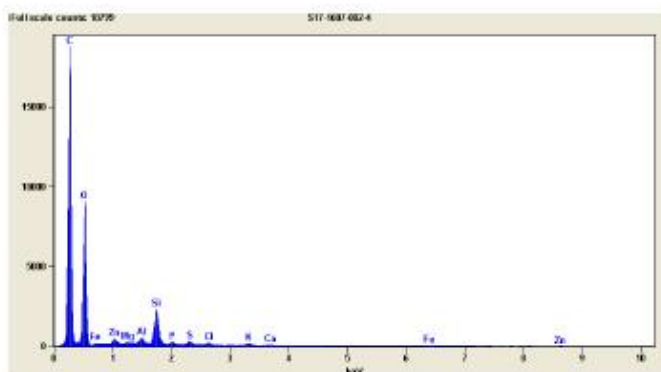
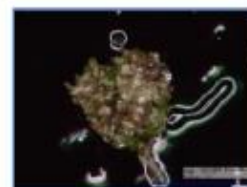
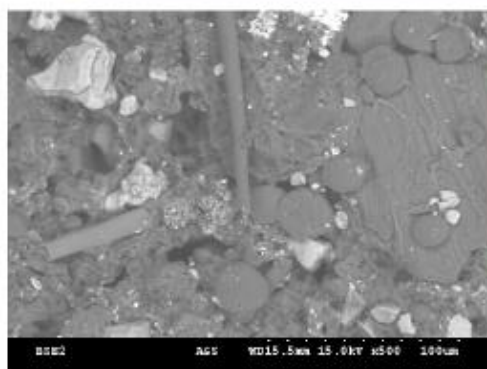
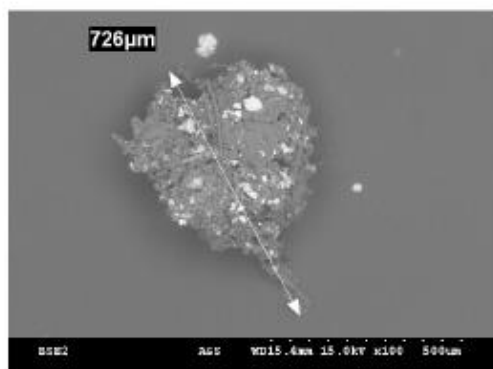
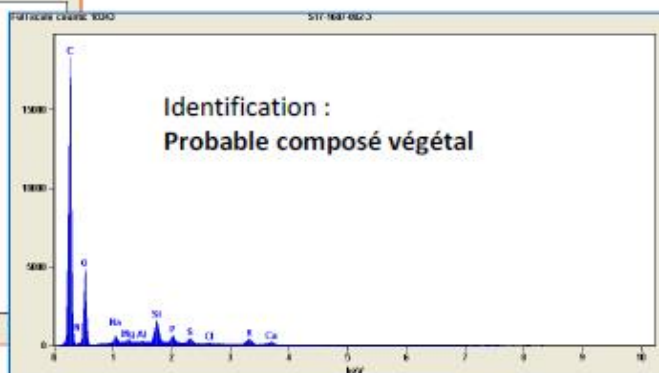
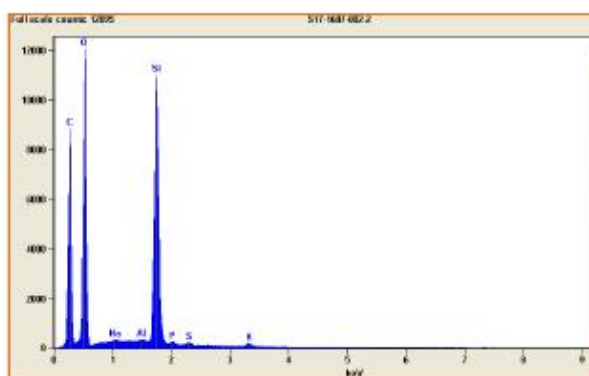
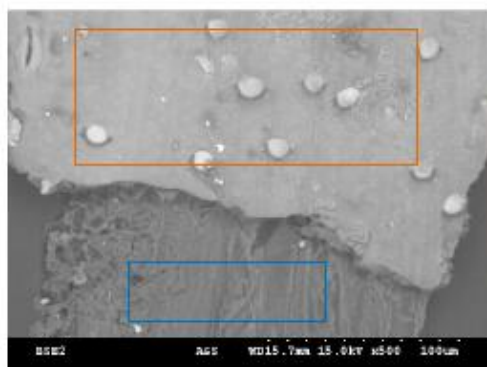
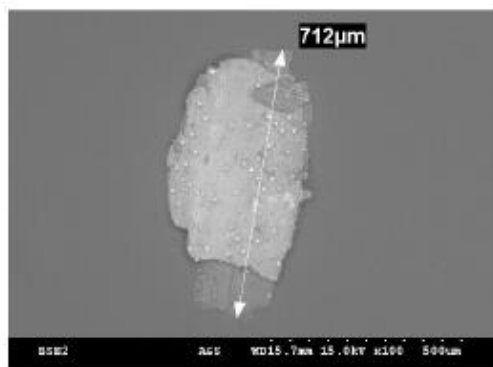


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 19/10/2017 à Quenneport (Q36)

ECHANTILLON PRELEVEMENT Q36
17-1687-002

ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Agglomérat de particules dont fibres naturelles et silicates

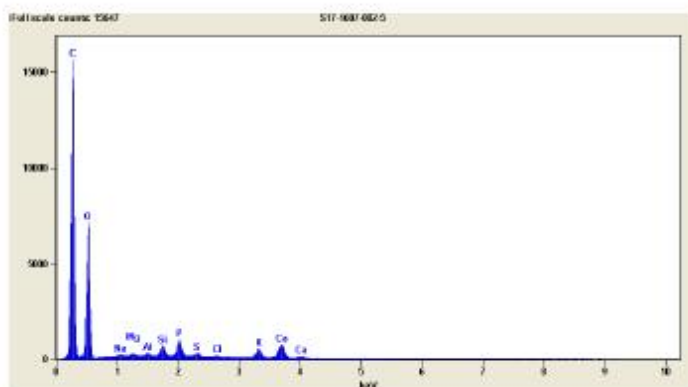
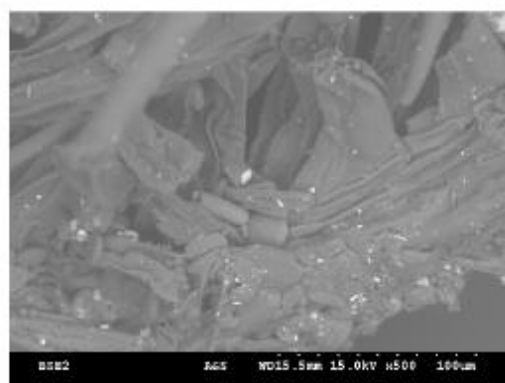
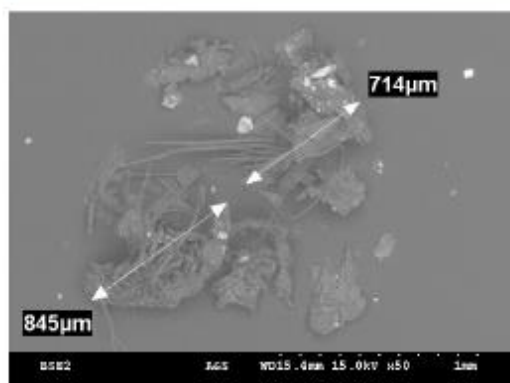
Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 19/10/2017 à Quenneport (Q36)

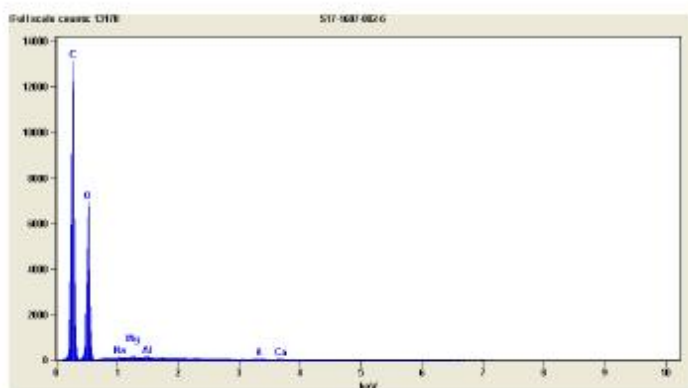
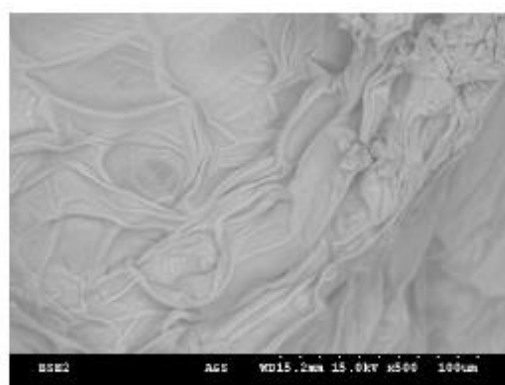
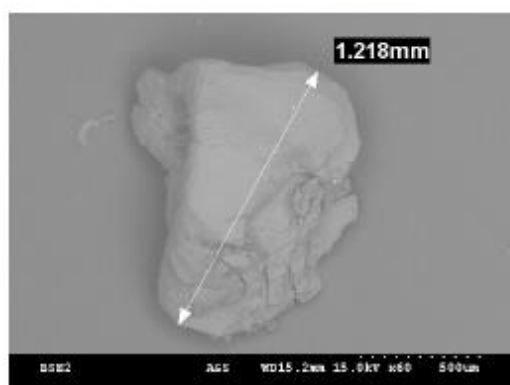
ECHANTILLON PRELEVEMENT Q36

17-1687-002

ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Composé végétal



Identification :
Composé végétal

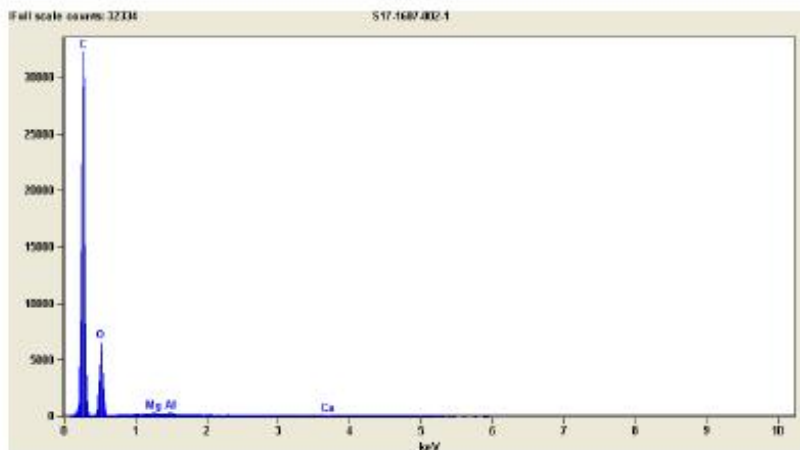
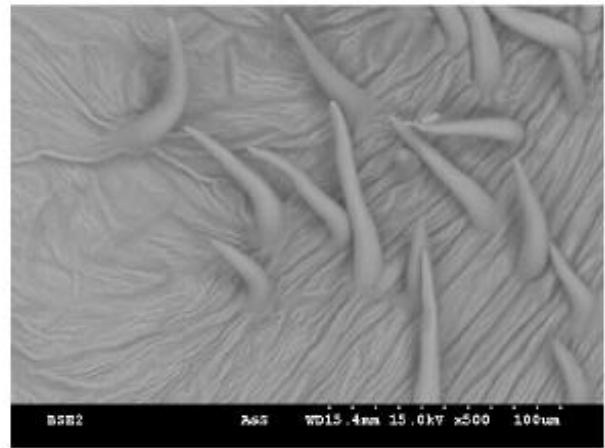
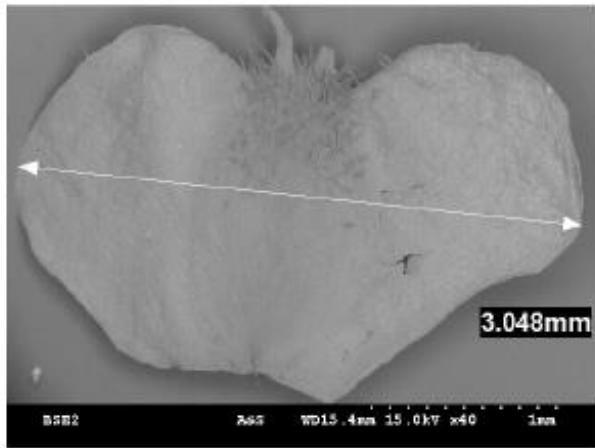
Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 19/10/2017 à Quenneport (Q36)

ECHANTILLON PRELEVEMENT Q36

17-1687-002

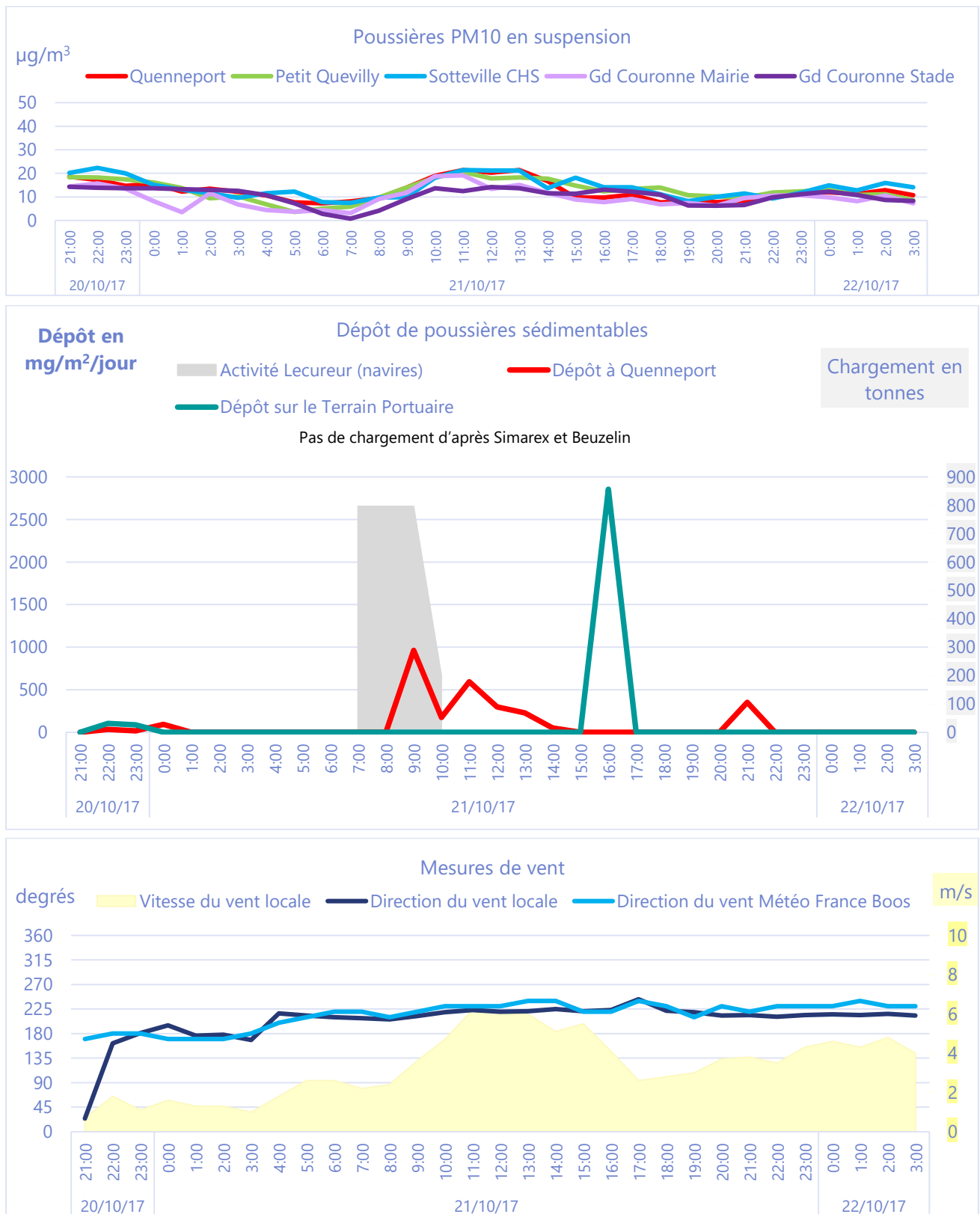
ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Composé végétal

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

• Episode de dépôts de poussières sédimentables du 21/10/2017



L'échantillon du 21/10/2017 a été analysé par microscopie.

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

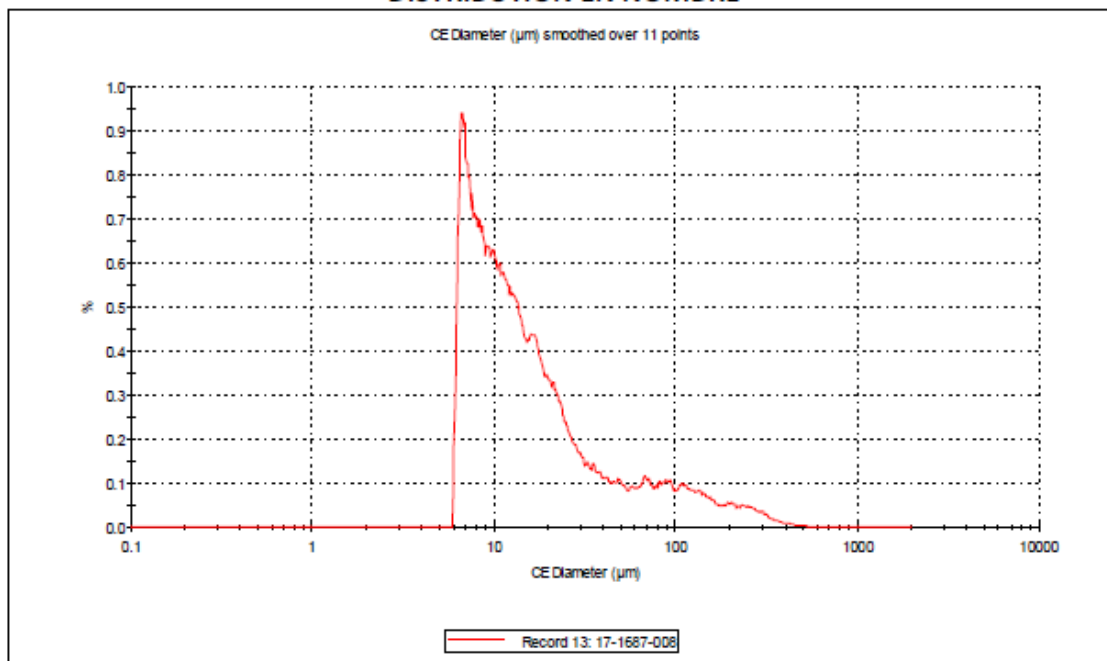
Analyse par microscopie de l'échantillon du 21/10/2017 à Quenneport (Q38)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 38

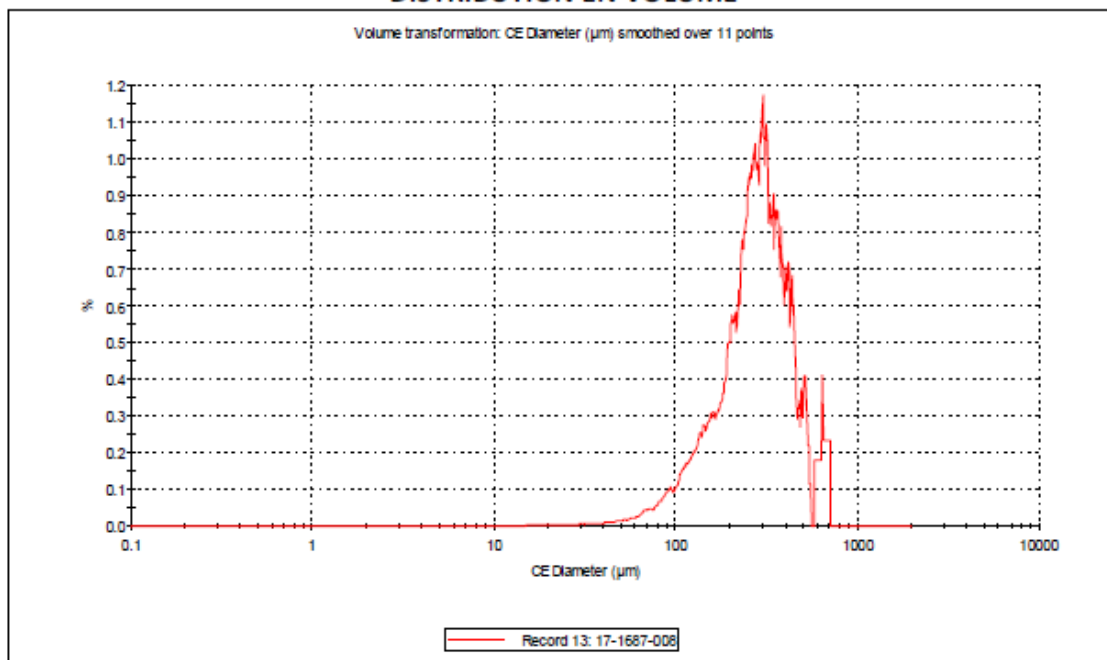
17-1687-008

- Courbes de distribution granulométrique en fréquence -

DISTRIBUTION EN NOMBRE



DISTRIBUTION EN VOLUME

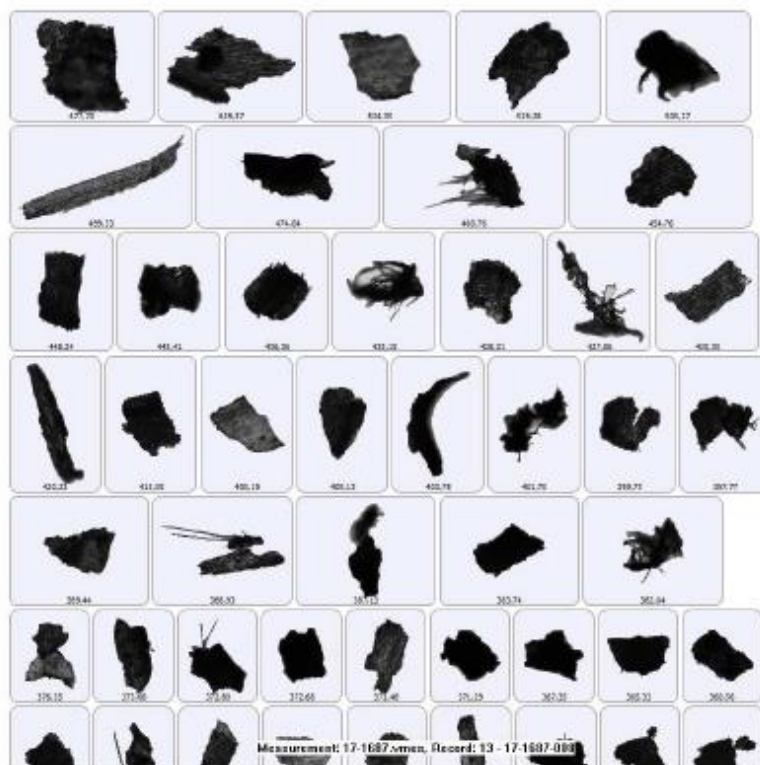


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

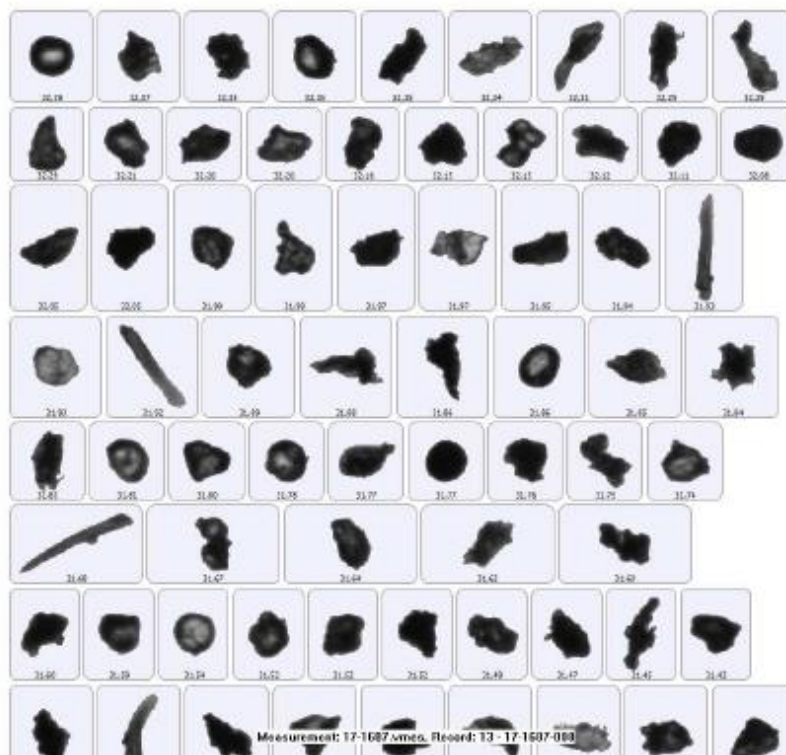
Analyse par microscopie de l'échantillon du 21/10/2017 à Quenneport (Q38)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 38

17-1687-008



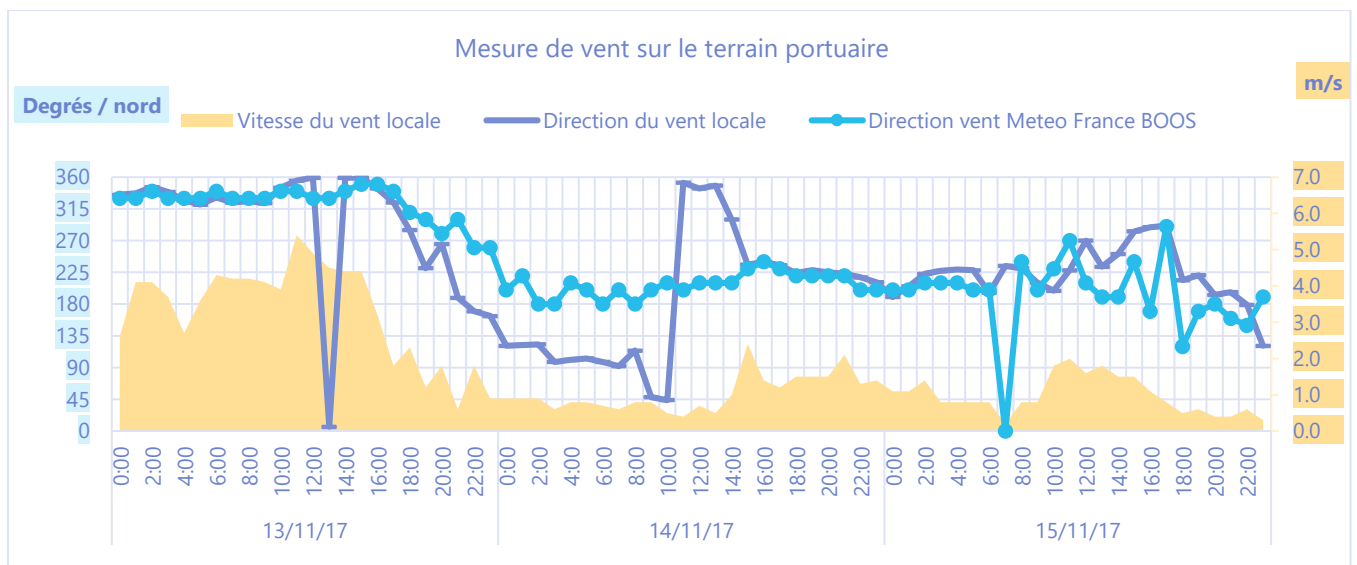
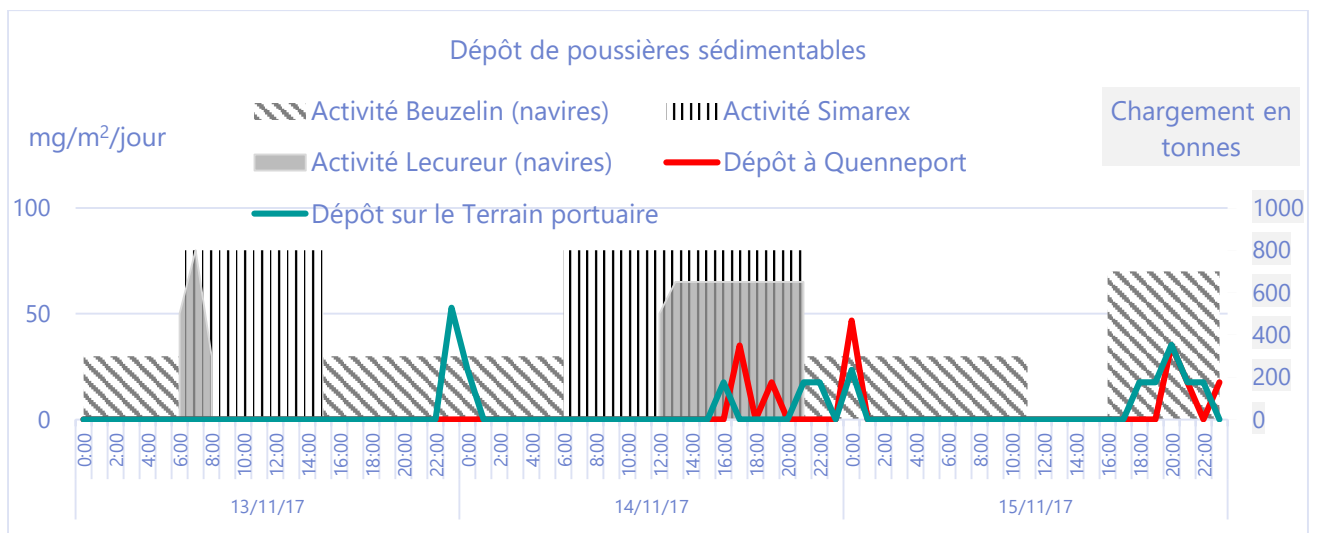
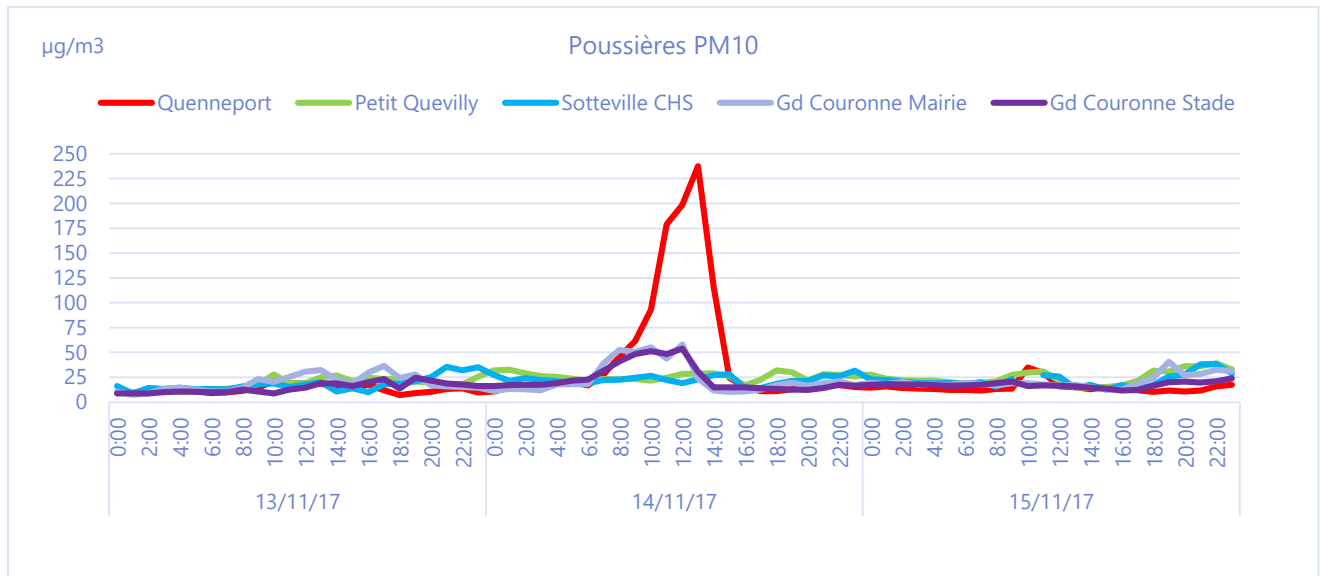
- Exemple des particules de plus grand diamètre moyen -



- Exemple de particules centrées autour du diamètre moyen -

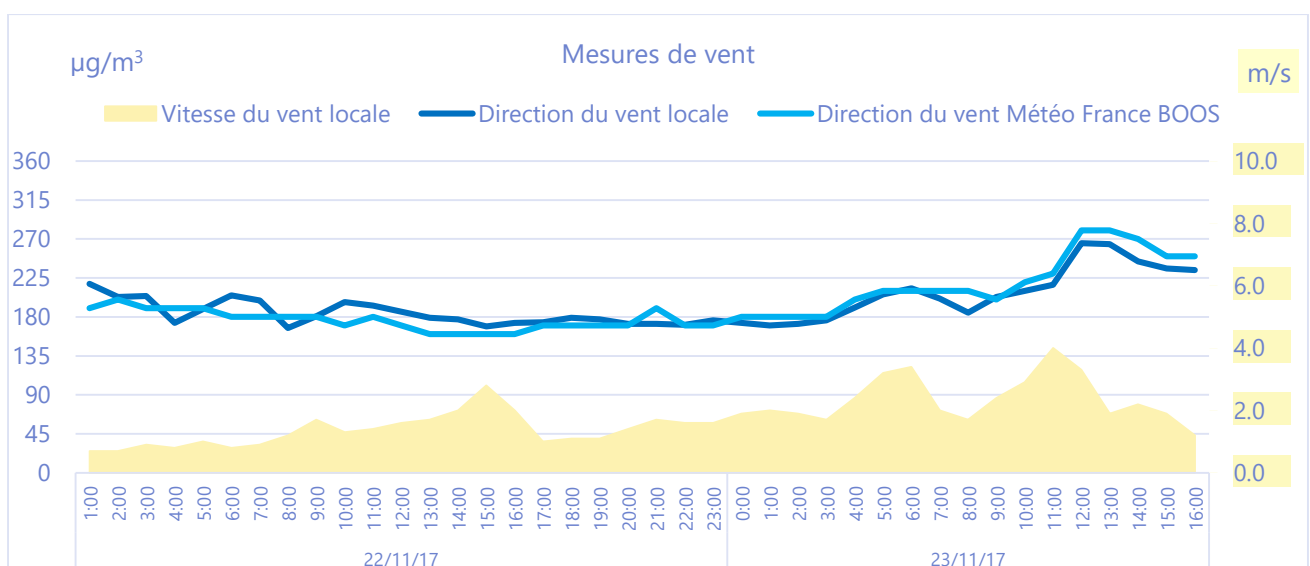
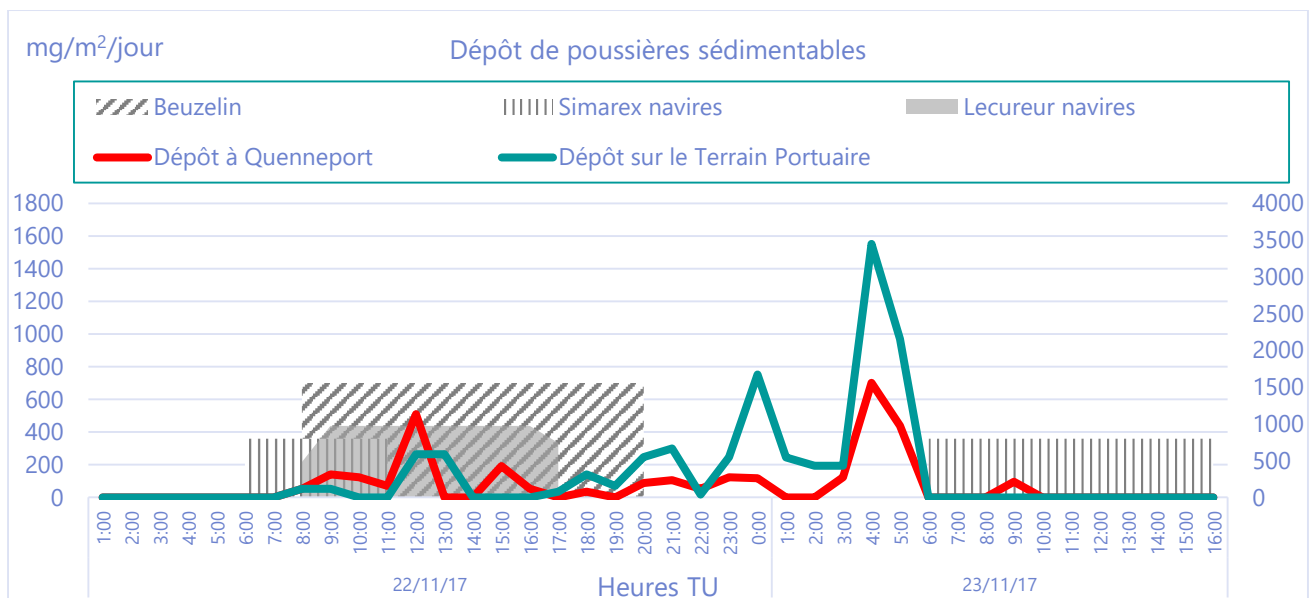
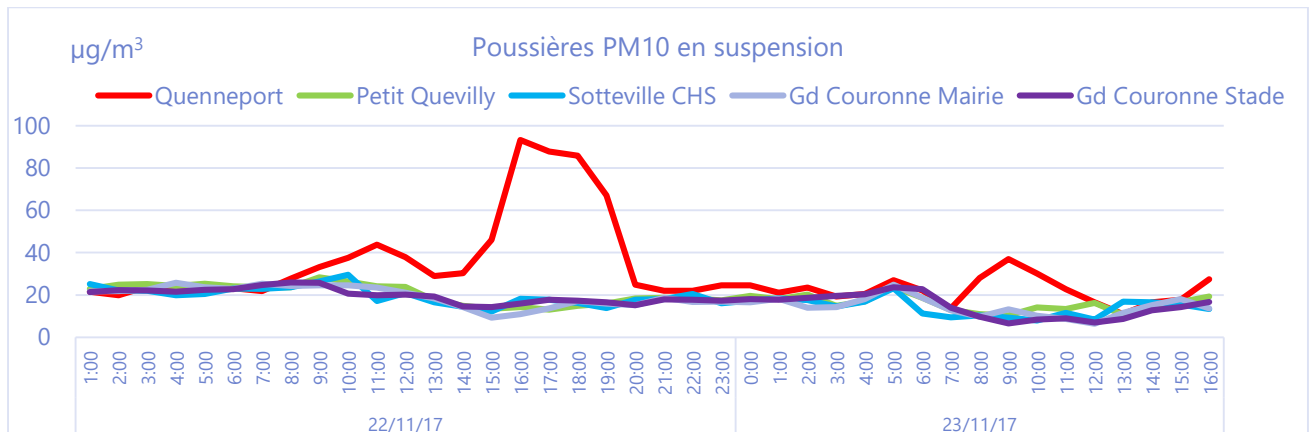
Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

• Journée polluée en PM₁₀ à Quenneport du 14/11/2017



Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

- Episode de dépôts de poussières sédimentables des **22 et 23/11/2017**



Les échantillons des 22 et 23 novembre ont été analysés par microscopie.

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

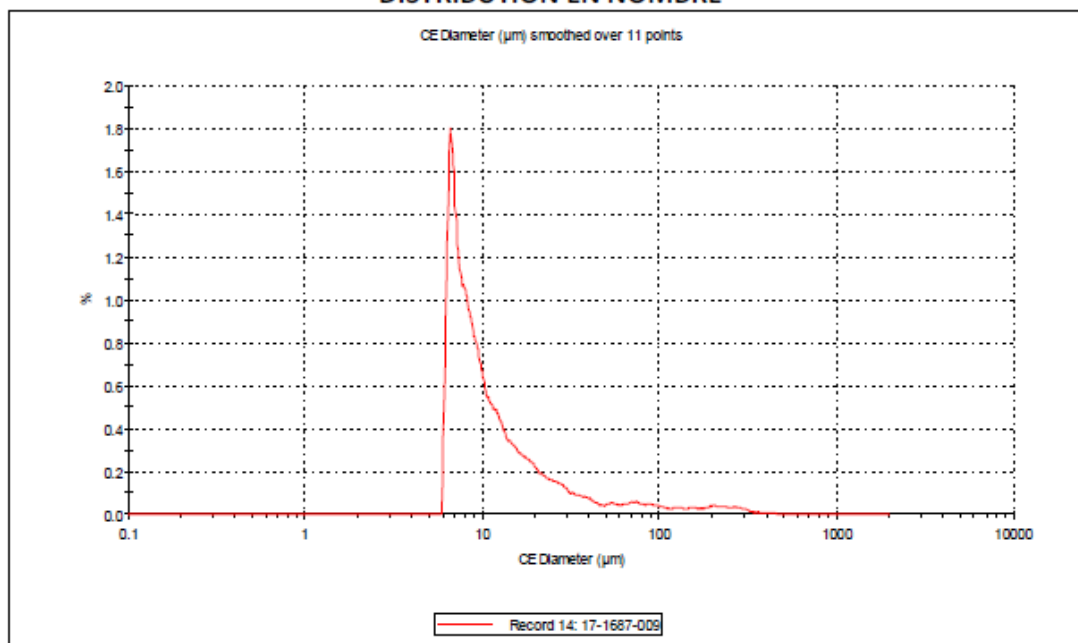
Analyse par microscopie de l'échantillon du 22/11/2017 à Quenneport (Q70)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 70

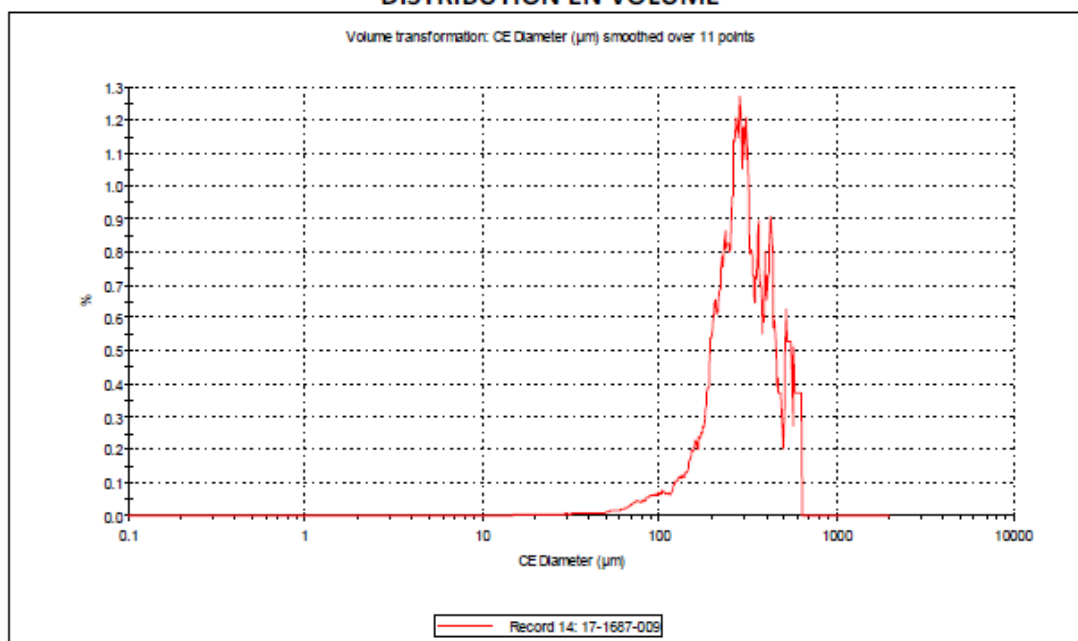
17-1687-009

- Courbes de distribution granulométrique en fréquence -

DISTRIBUTION EN NOMBRE



DISTRIBUTION EN VOLUME

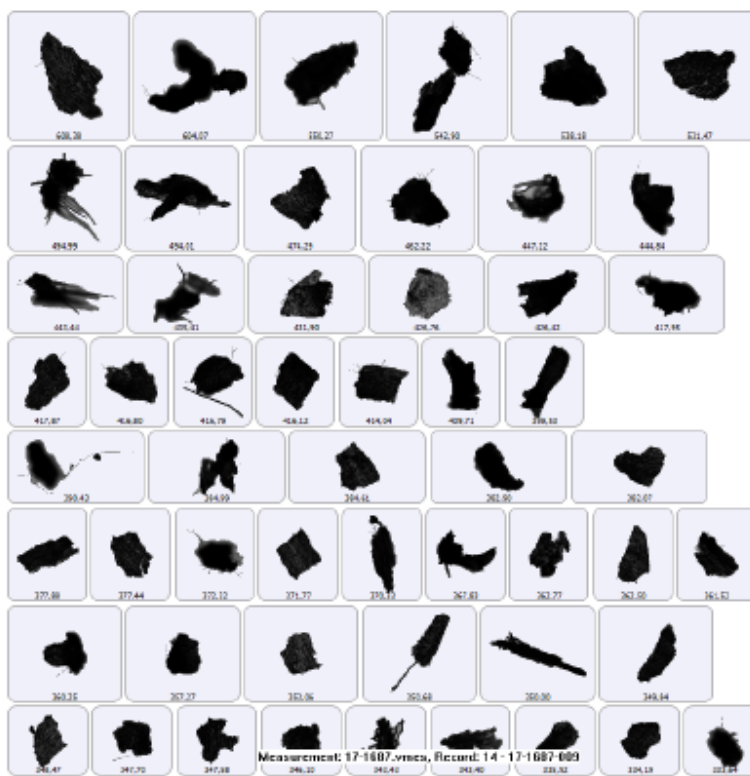


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

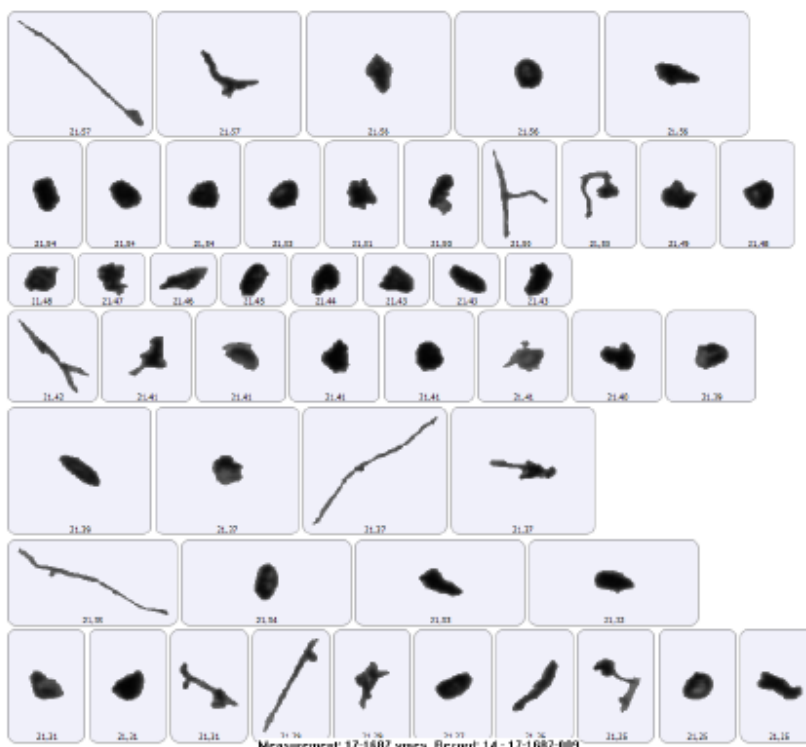
Analyse par microscopie de l'échantillon du 22/11/2017 à Quenneport (Q70)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 70

17-1687-009



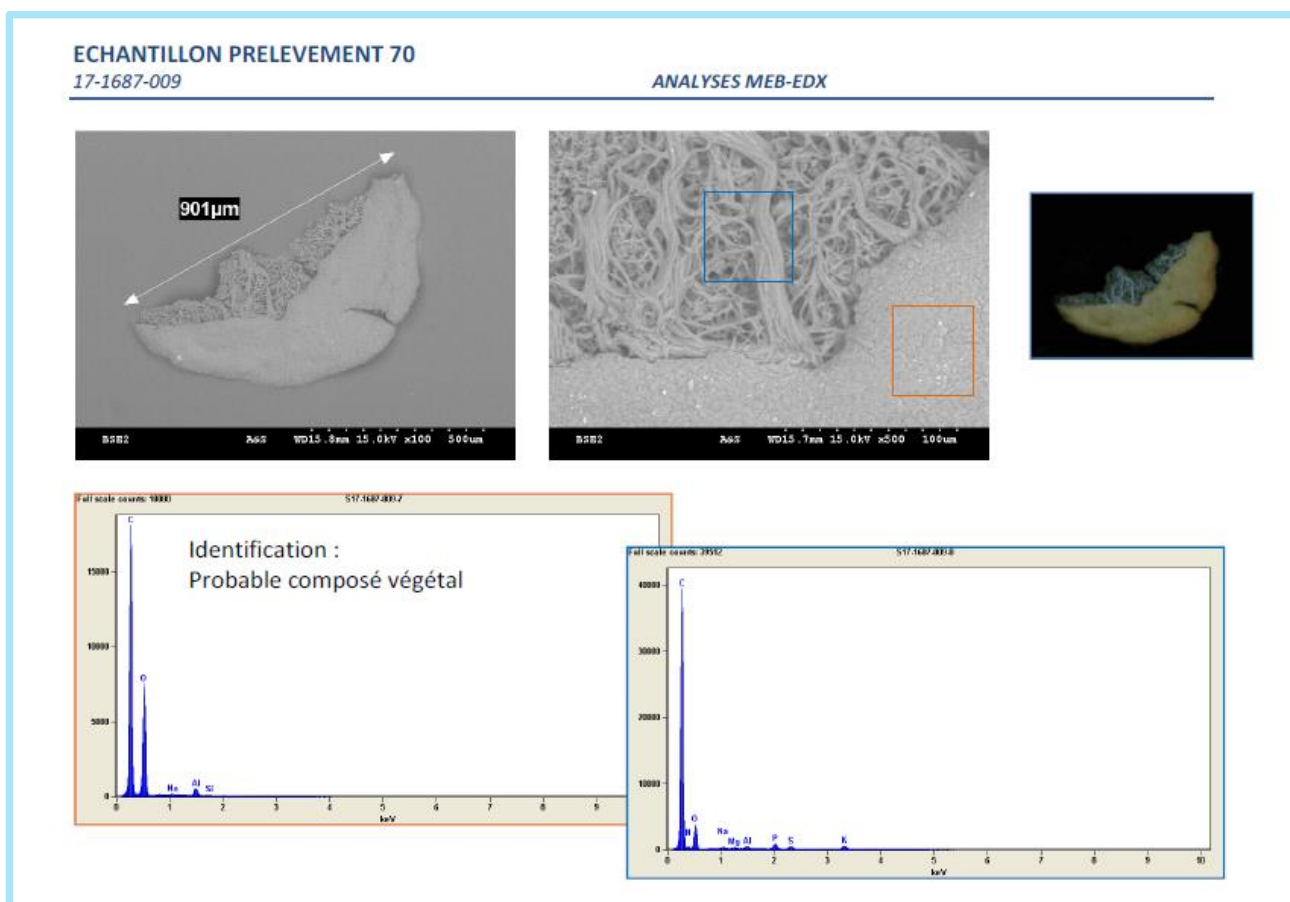
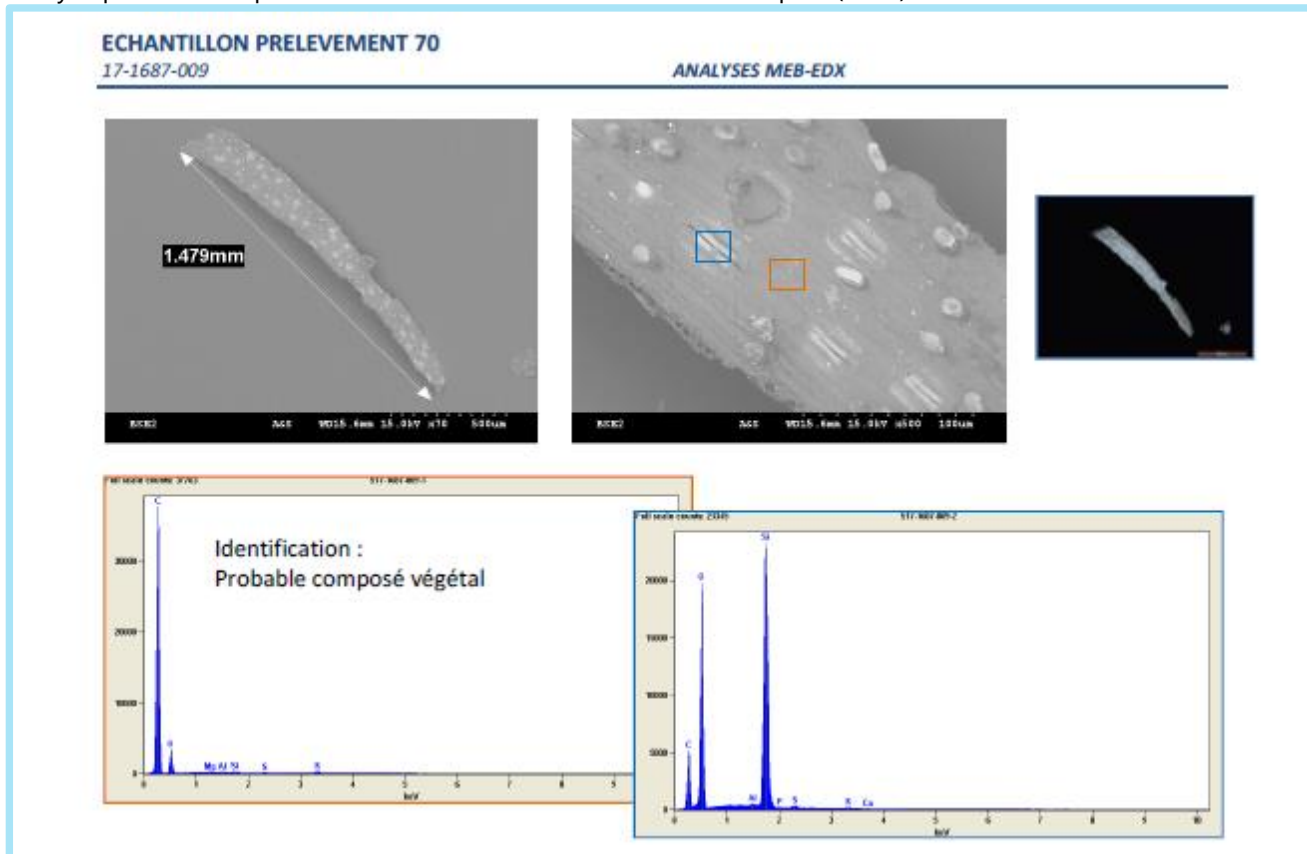
- Exemple des particules de plus grand diamètre moyen -



- Exemple de particules centrées autour du diamètre moyen -

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 22/11/2017 à Quenneport (Q70)



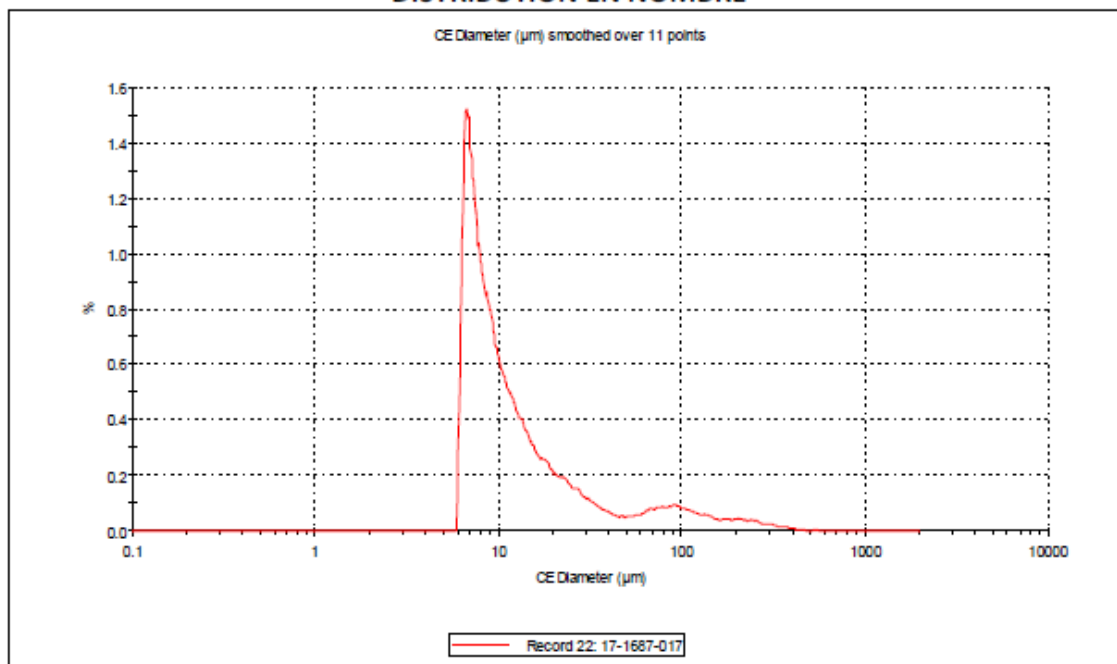
Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 22/11/2017 sur le terrain portuaire (P189)

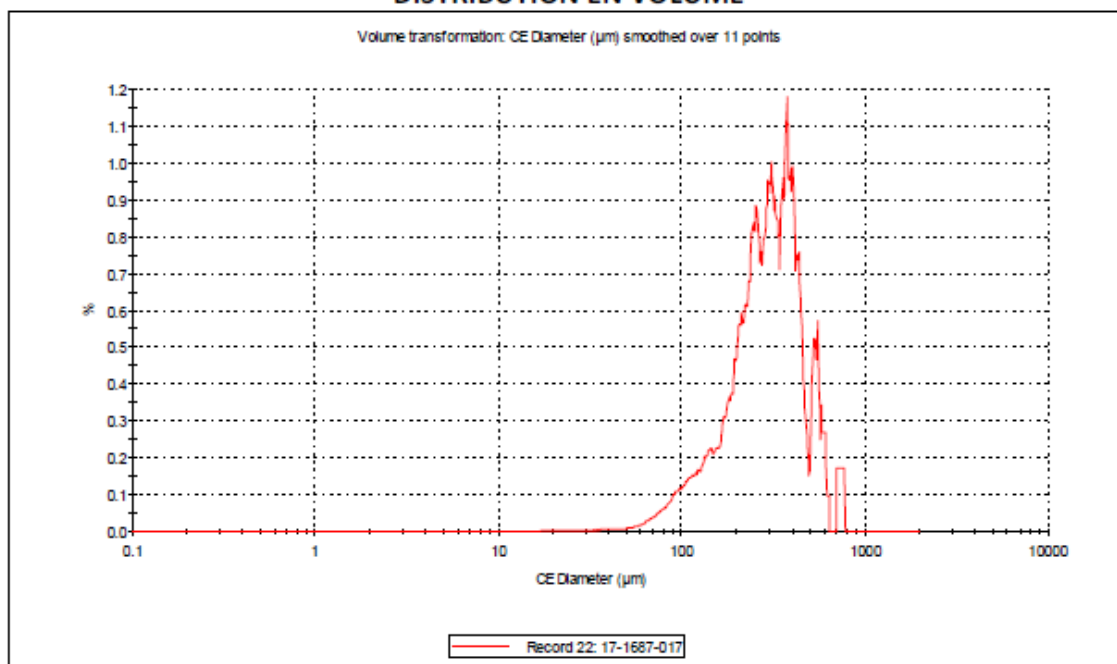
ECHANTILLON PRELEVEMENT 189
17-1687-017

- Courbes de distribution granulométrique en fréquence -

DISTRIBUTION EN NOMBRE



DISTRIBUTION EN VOLUME

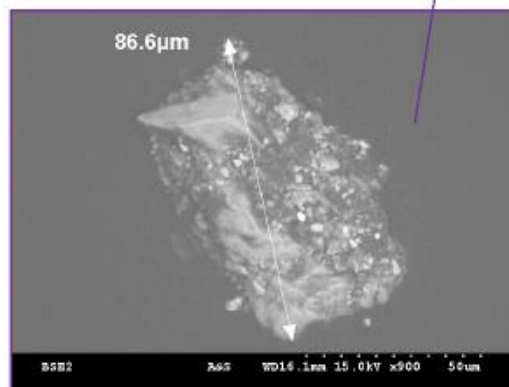
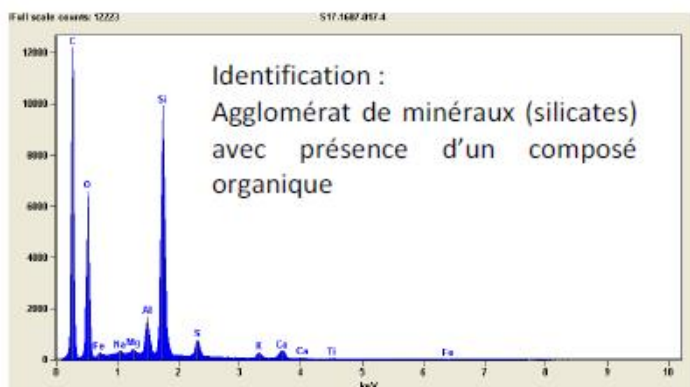
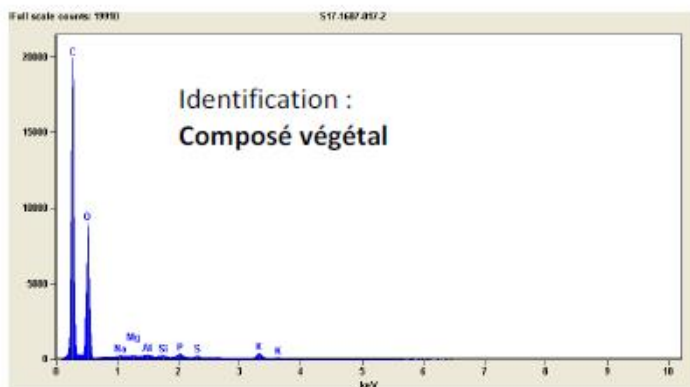
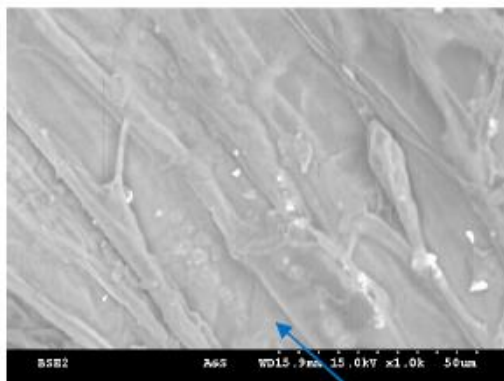
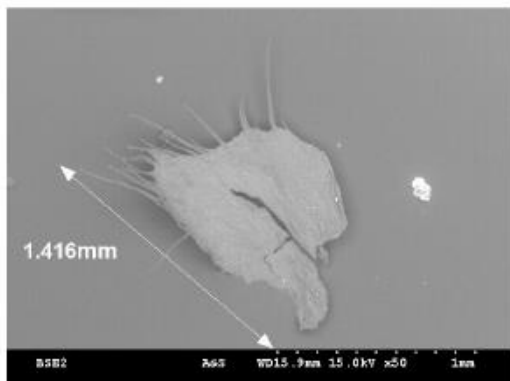


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 22/11/2017 sur le terrain portuaire (P189)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 189
17-1687-017

ANALYSES MEB-EDX

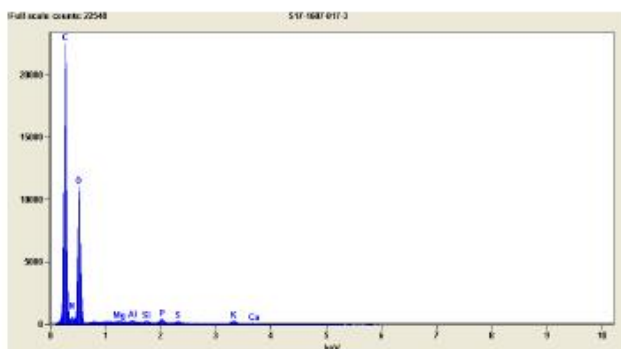
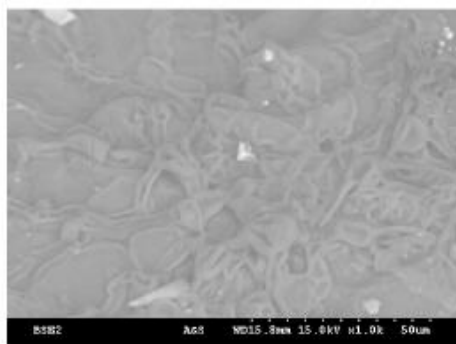
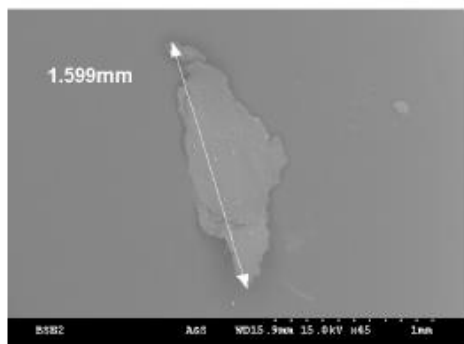


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

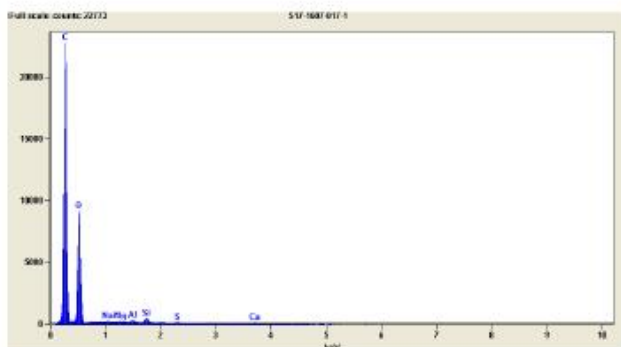
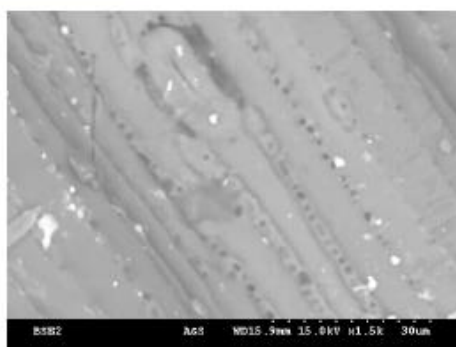
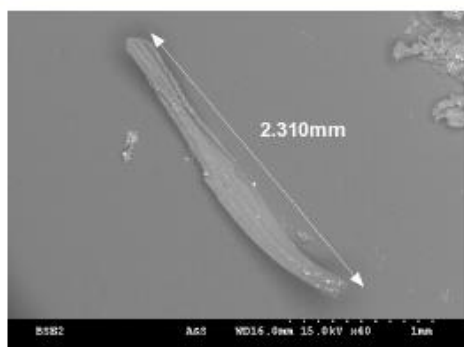
Analyse par microscopie de l'échantillon du 22/11/2017 sur le terrain portuaire (P189)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 189
17-1687-017

ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Composé organique non identifié



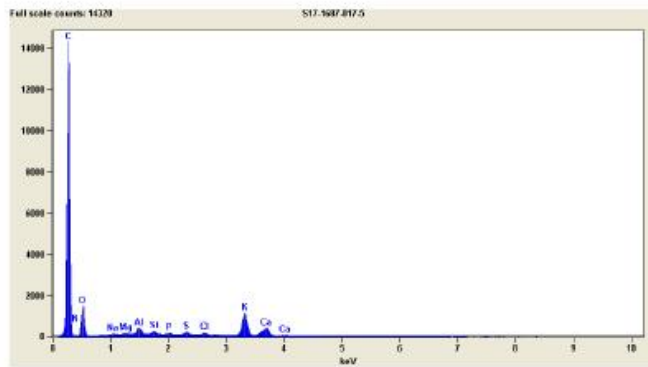
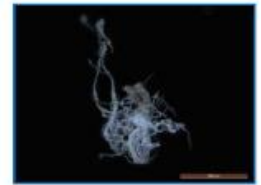
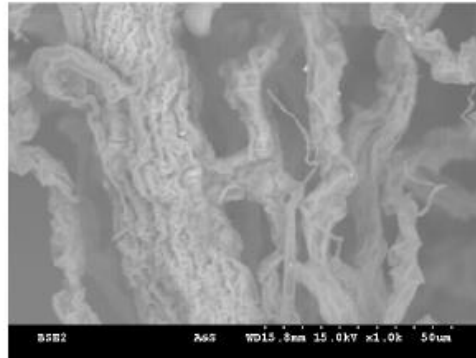
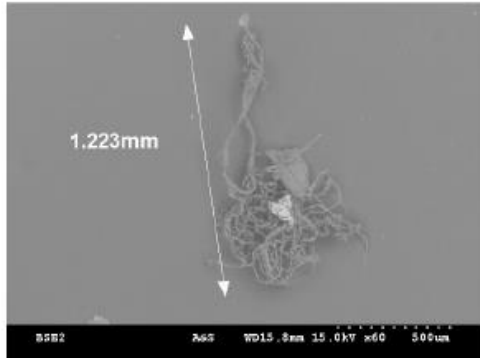
Identification :
Composé organique végétal

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 22/11/2017 sur le terrain portuaire (P189)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 189
17-1687-017

ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Composé organique non identifié

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

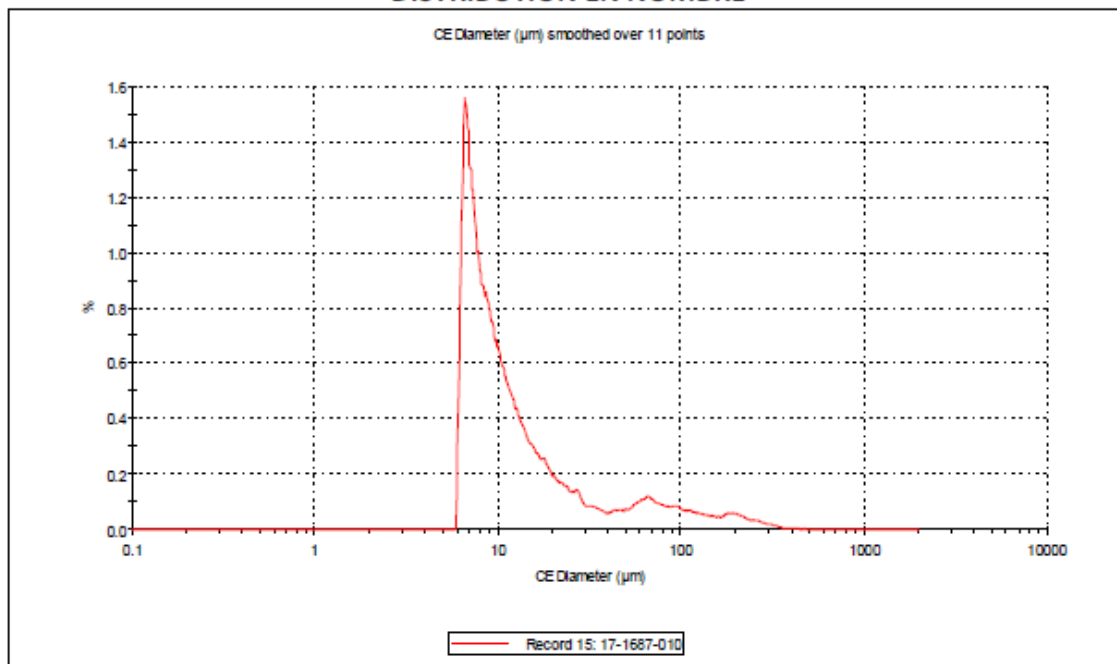
Analyse par microscopie de l'échantillon du 23/11/2017 à Quenneport (Q71)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 71

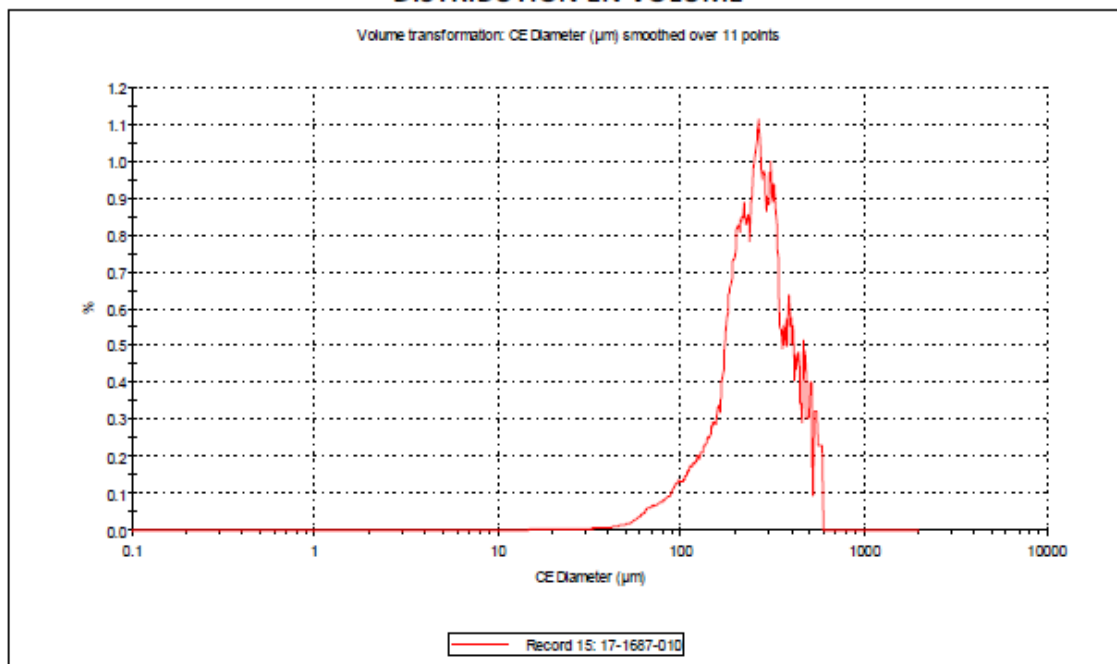
17-1687-010

- Courbes de distribution granulométrique en fréquence -

DISTRIBUTION EN NOMBRE



DISTRIBUTION EN VOLUME

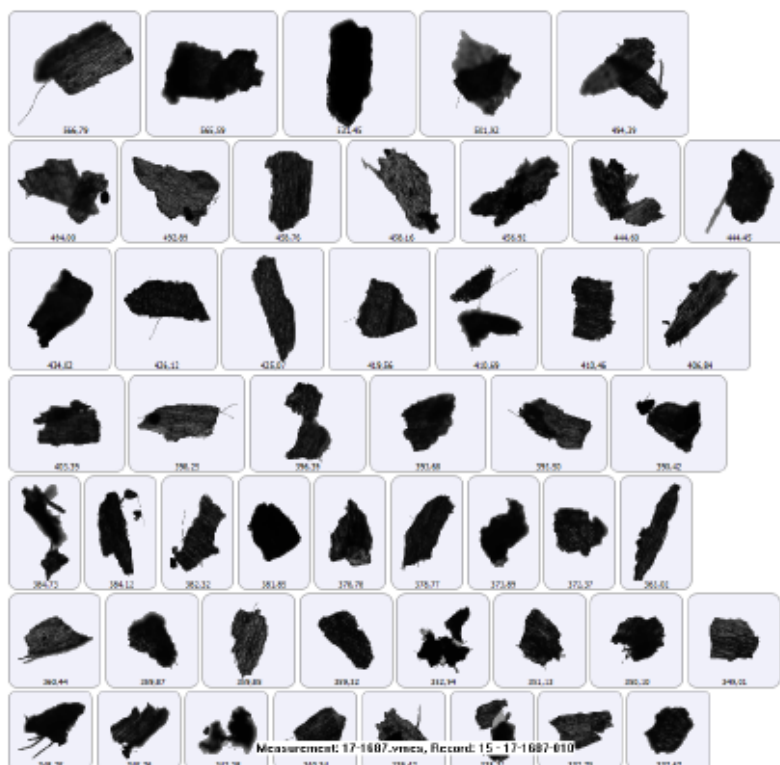


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

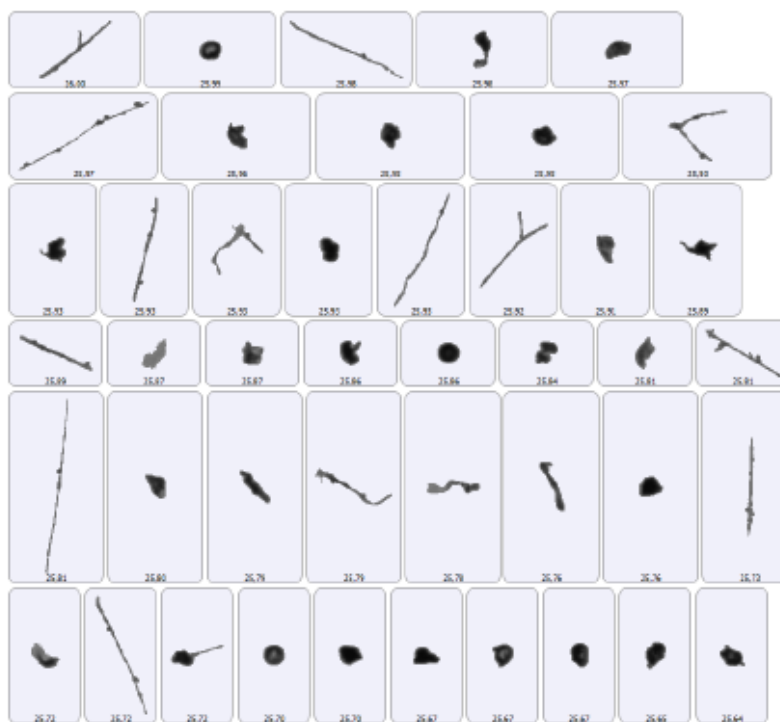
Analyse par microscopie de l'échantillon du 23/11/2017 à Quenneport (Q71)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 71

17-1687-010



- Exemple des particules de plus grand diamètre moyen -



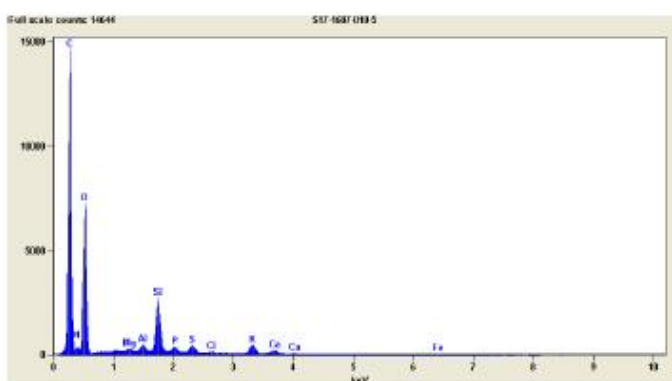
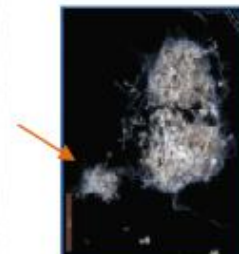
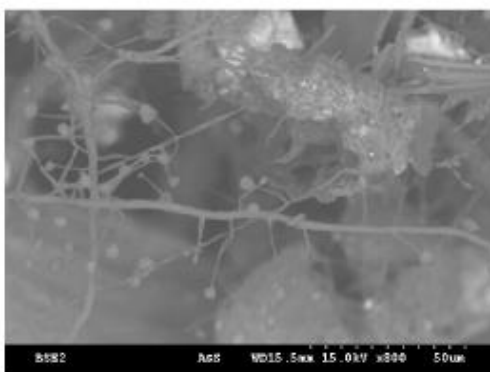
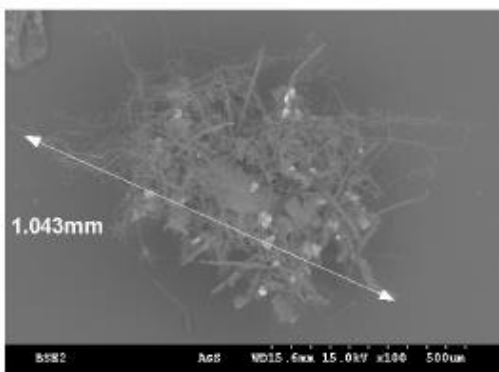
- Exemple de particules centrées autour du diamètre moyen -

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

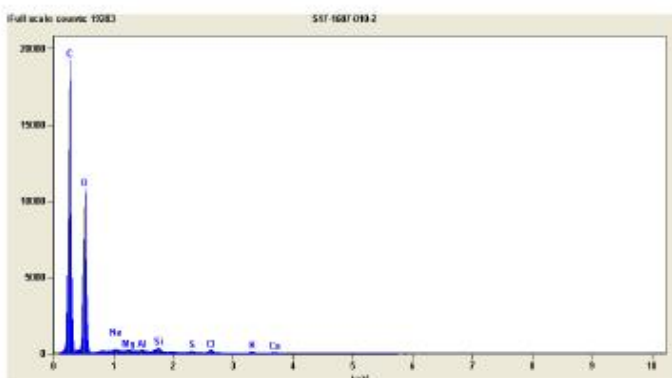
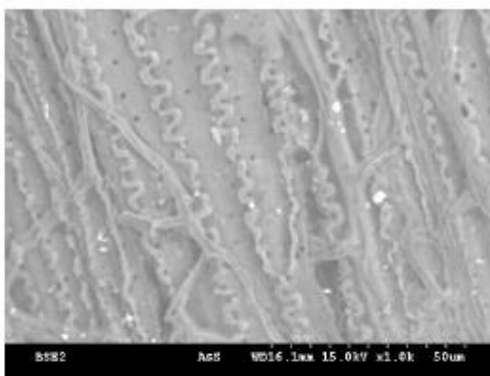
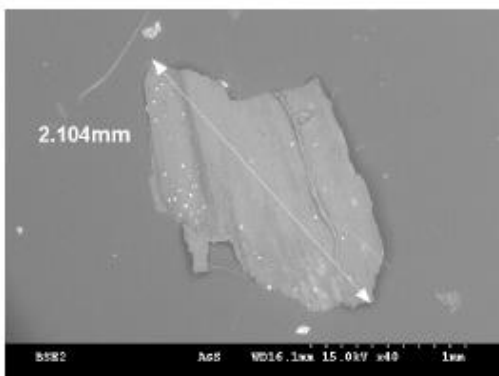
Analyse par microscopie de l'échantillon du 23/11/2017 à Quenneport (Q71)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 71
17-1687-010

ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Agglomérat de composés organiques
(non identifiés) avec présence de
moisissure



Identification :
Composé végétal

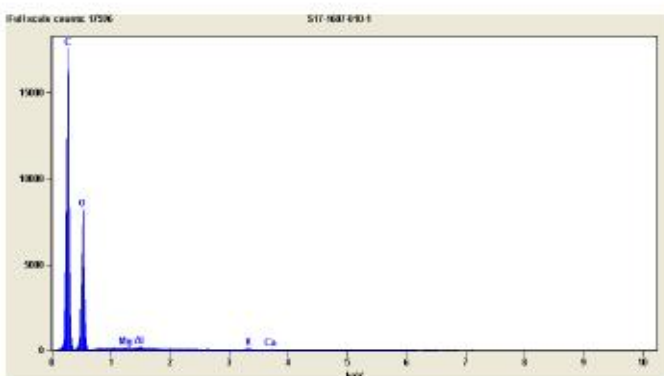
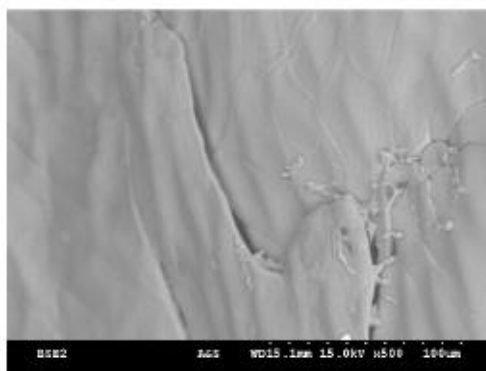
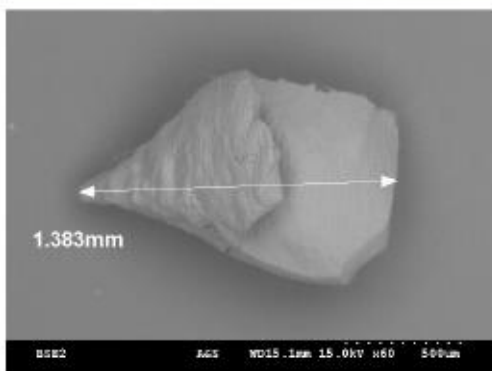
Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 23/11/2017 à Quenneport (Q71)

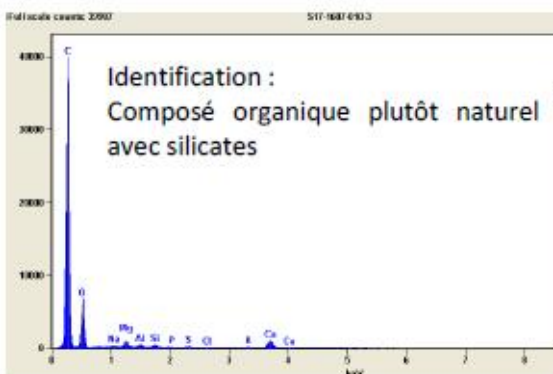
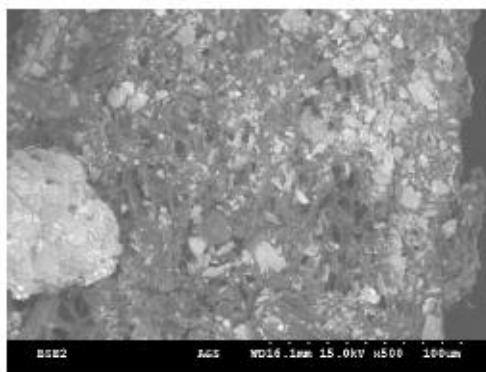
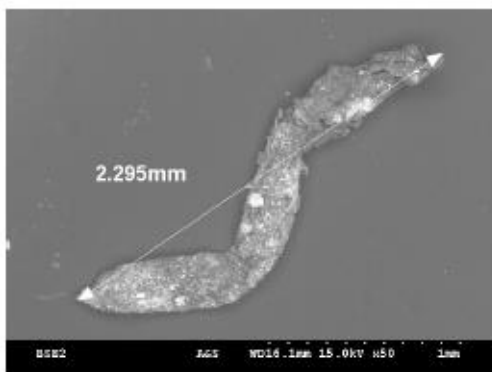
ECHANTILLON PRELEVEMENT 71

17-1687-010

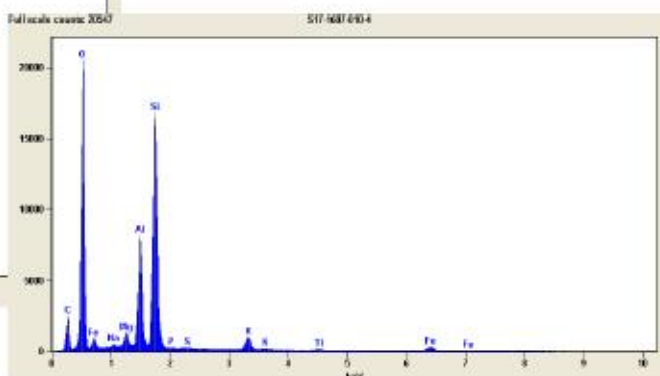
ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Probable composé végétal



Identification :
Composé organique plutôt naturel
avec silicates



Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

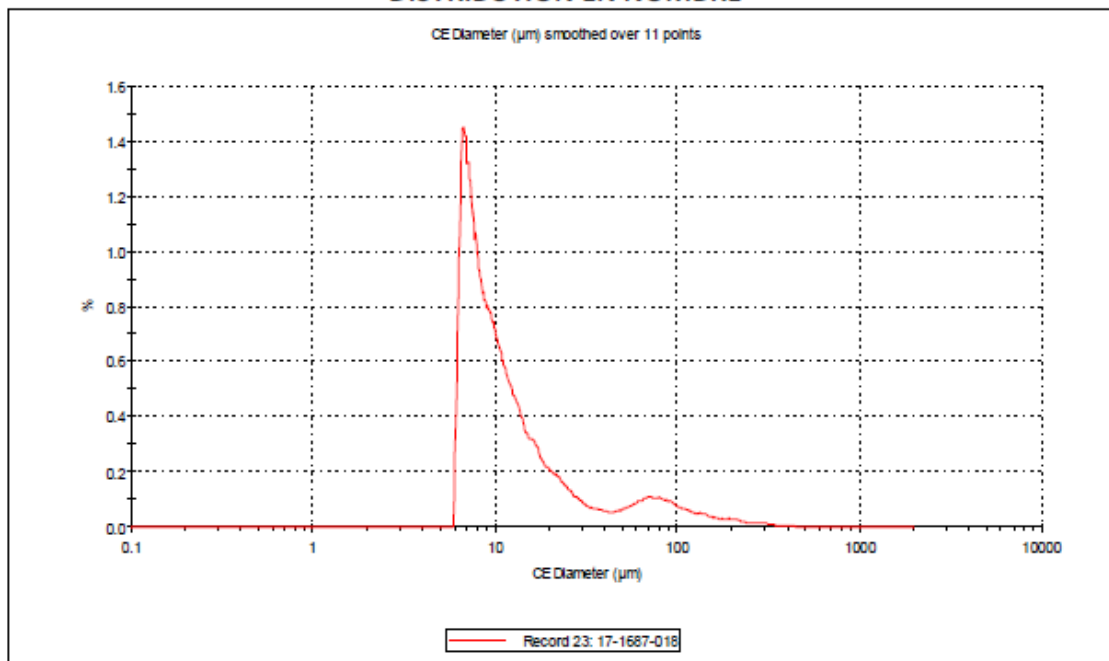
Analyse par microscopie de l'échantillon du 23/11/2017 sur le terrain portuaire (P190)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 190

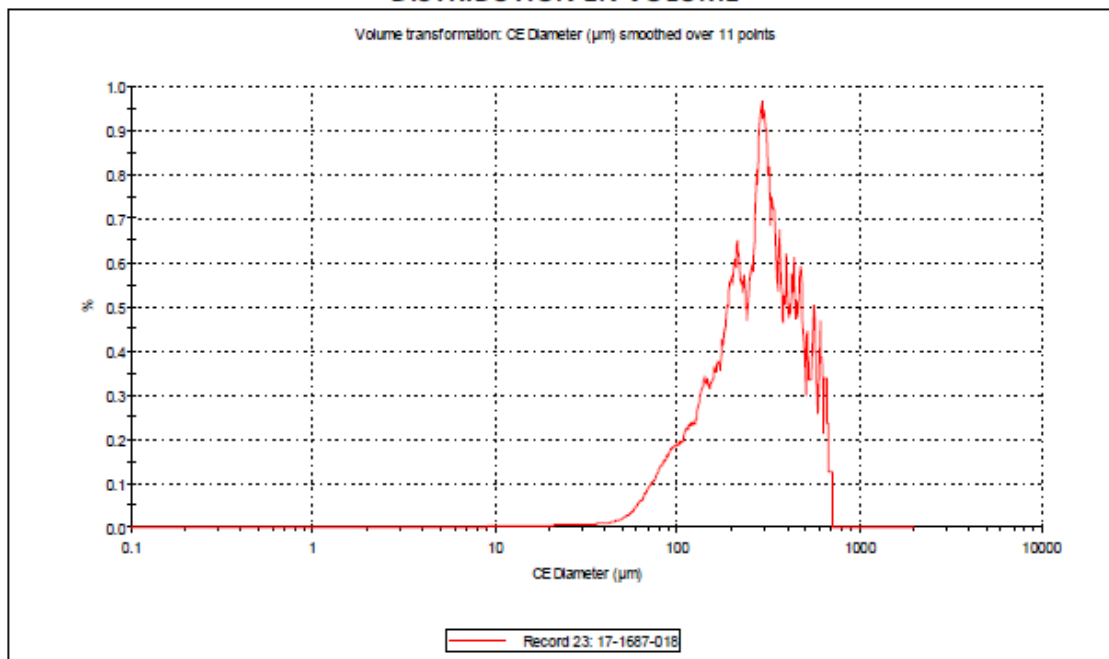
17-1687-018

- Courbes de distribution granulométrique en fréquence -

DISTRIBUTION EN NOMBRE



DISTRIBUTION EN VOLUME

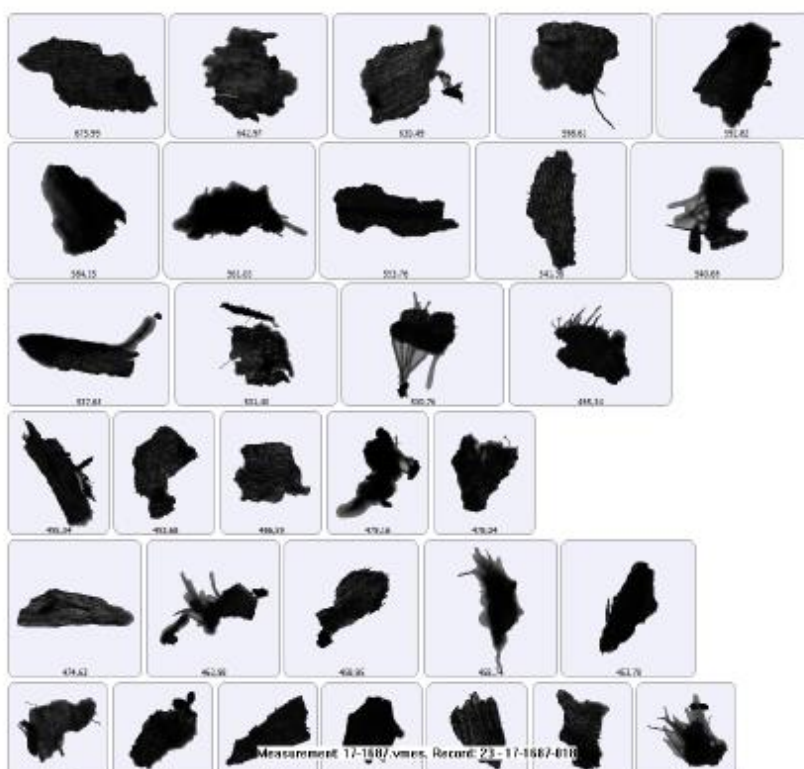


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

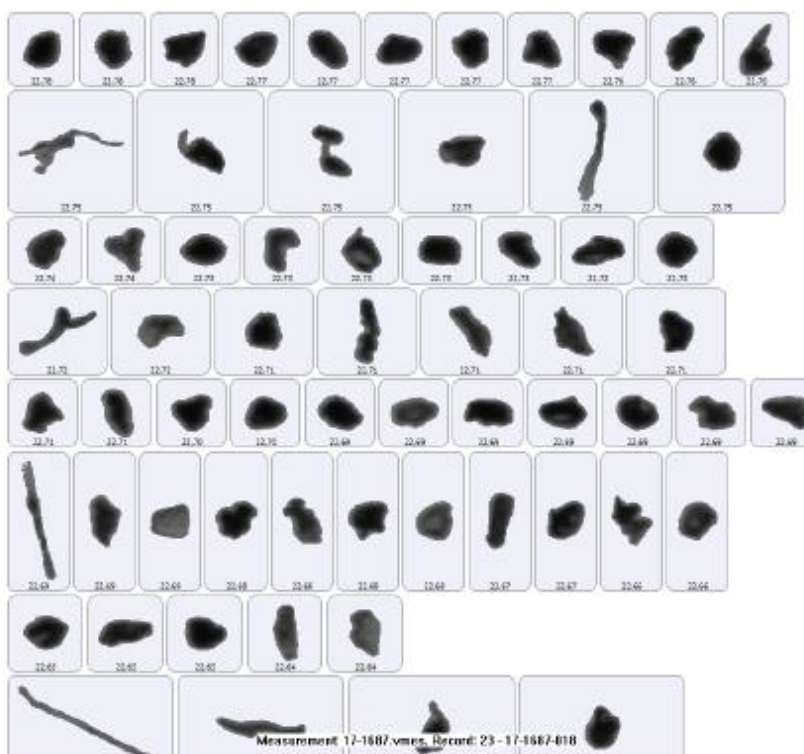
Analyse par microscopie de l'échantillon du 23/11/2017 sur le terrain portuaire (P190)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 190

17-1687-018



- Exemple des particules de plus grand diamètre moyen -



- Exemple de particules centrées autour du diamètre moyen -

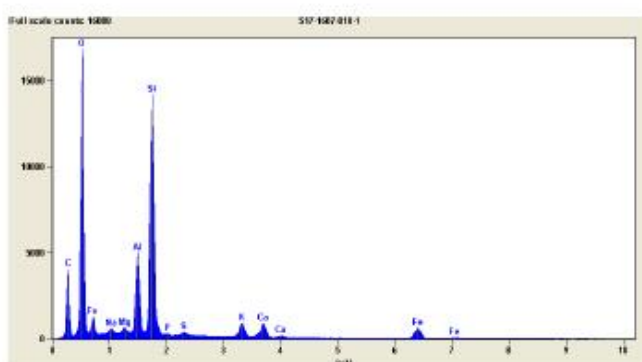
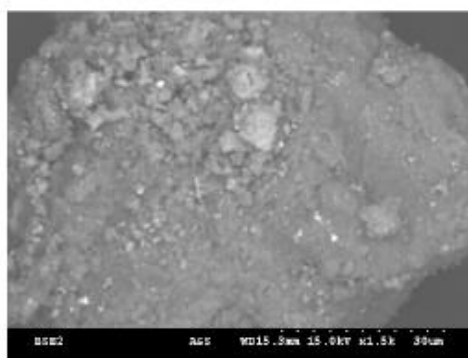
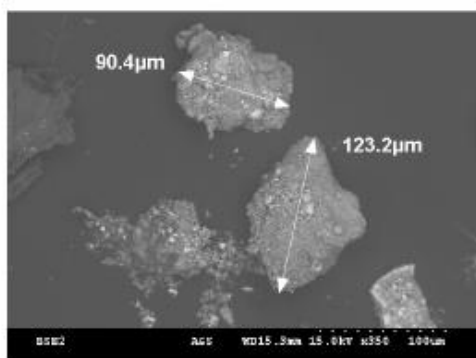
Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 23/11/2017 sur le terrain portuaire (P190)

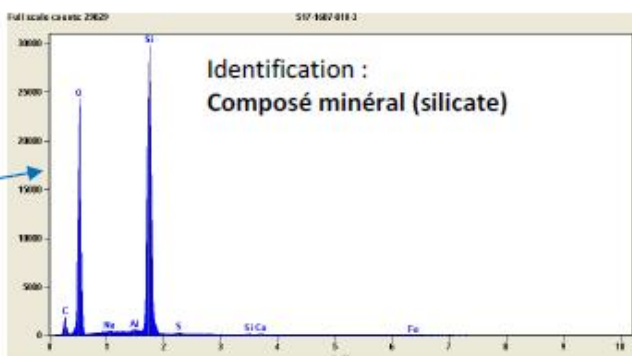
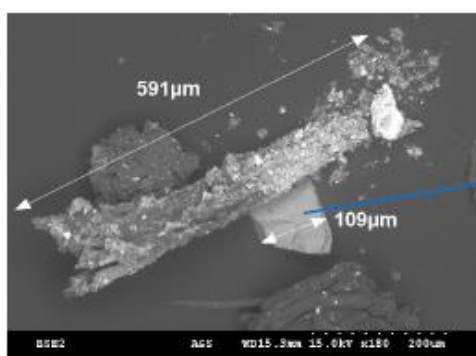
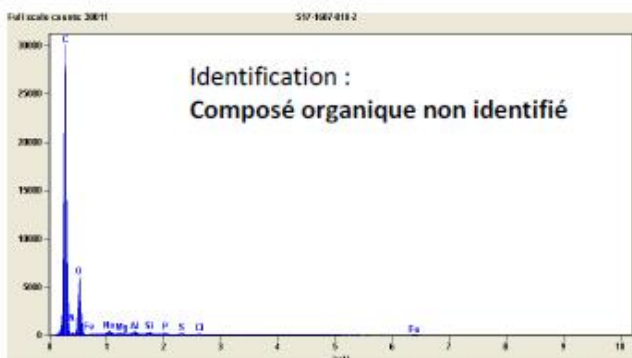
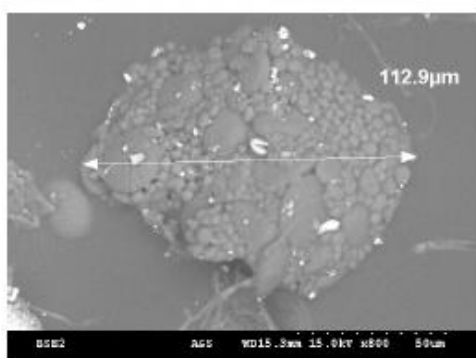
ECHANTILLON PRELEVEMENT 190

17-1687-018

ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Agglomérat constitué de silicates
et/ou aluminosilicates

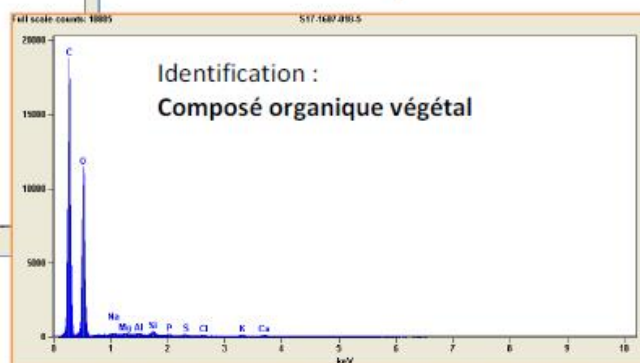
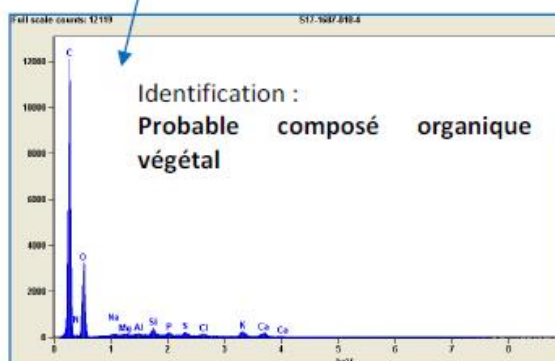
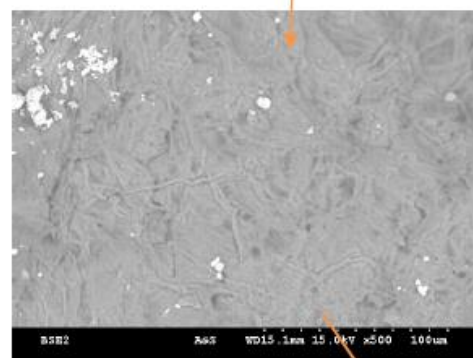
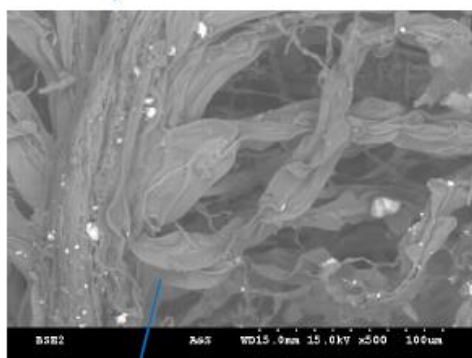
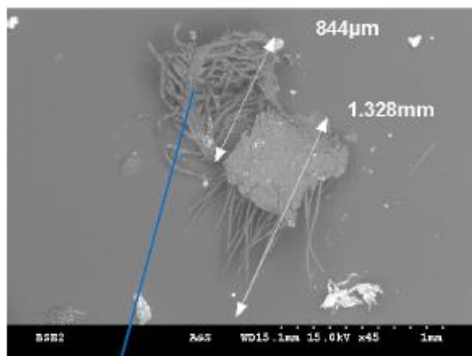


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 23/11/2017 sur le terrain portuaire (P190)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 190
17-1687-018

ANALYSES MEB-EDX

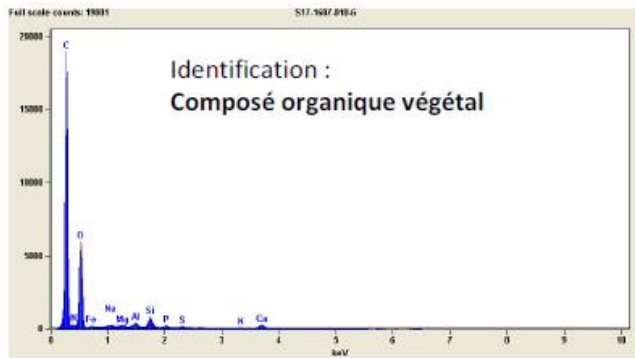
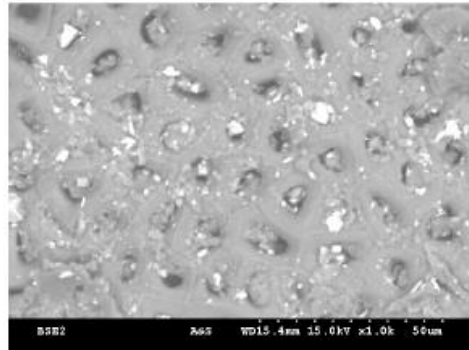
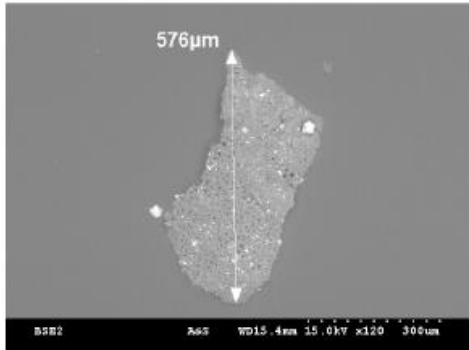


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 23/11/2017 sur le terrain portuaire (P190)

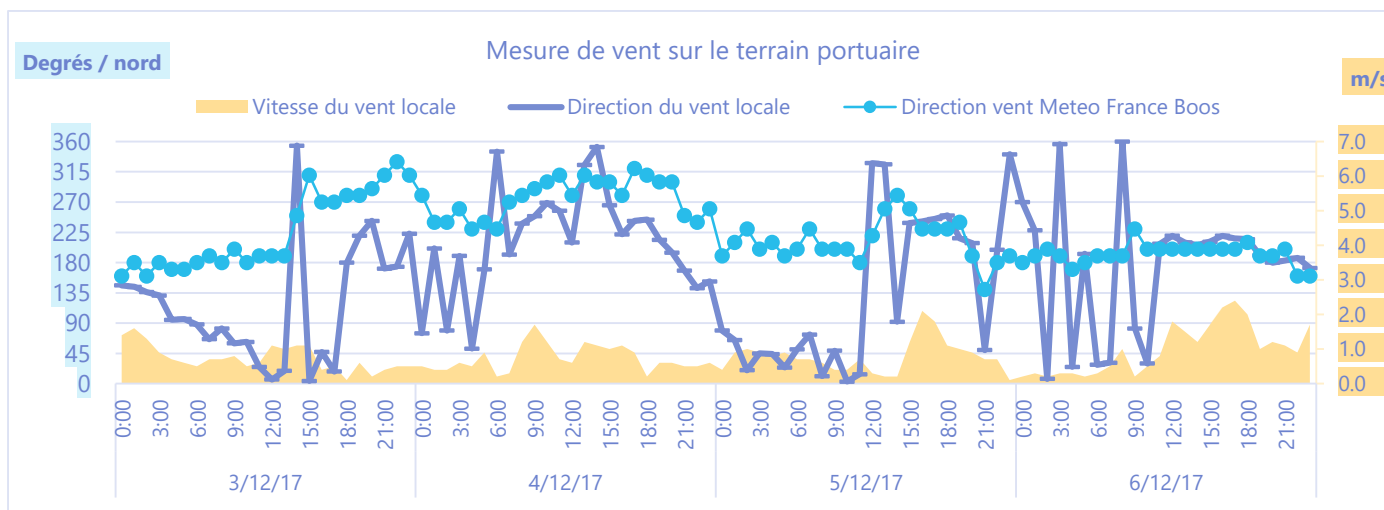
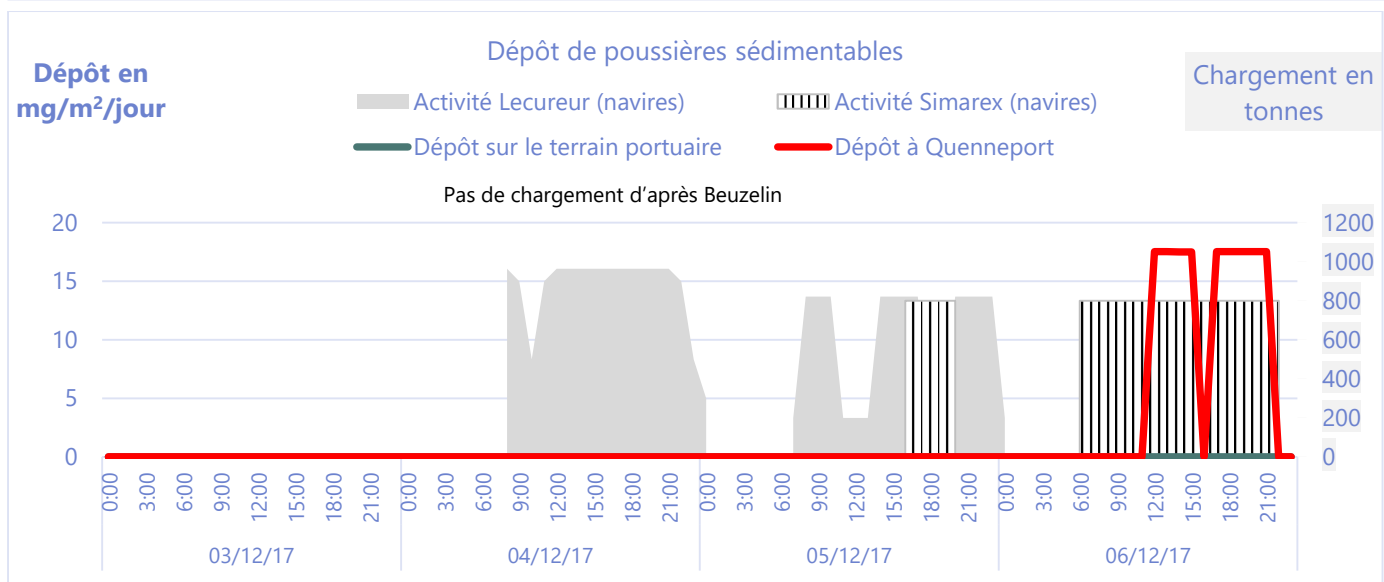
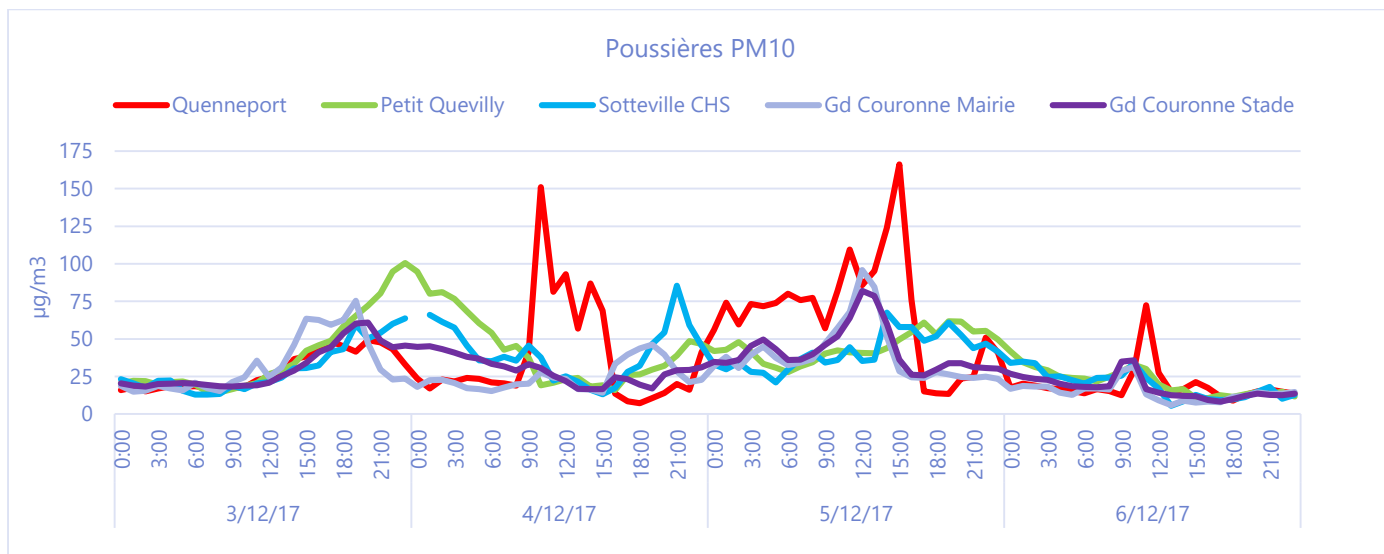
ECHANTILLON PRELEVEMENT 190
17-1687-018

ANALYSES MEB-EDX



Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

- **Journées polluées en PM₁₀ à Quenneport des 04/12/17 et 05/12/17**



L'échantillon du 04/12/2017 a été analysé par microscopie

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

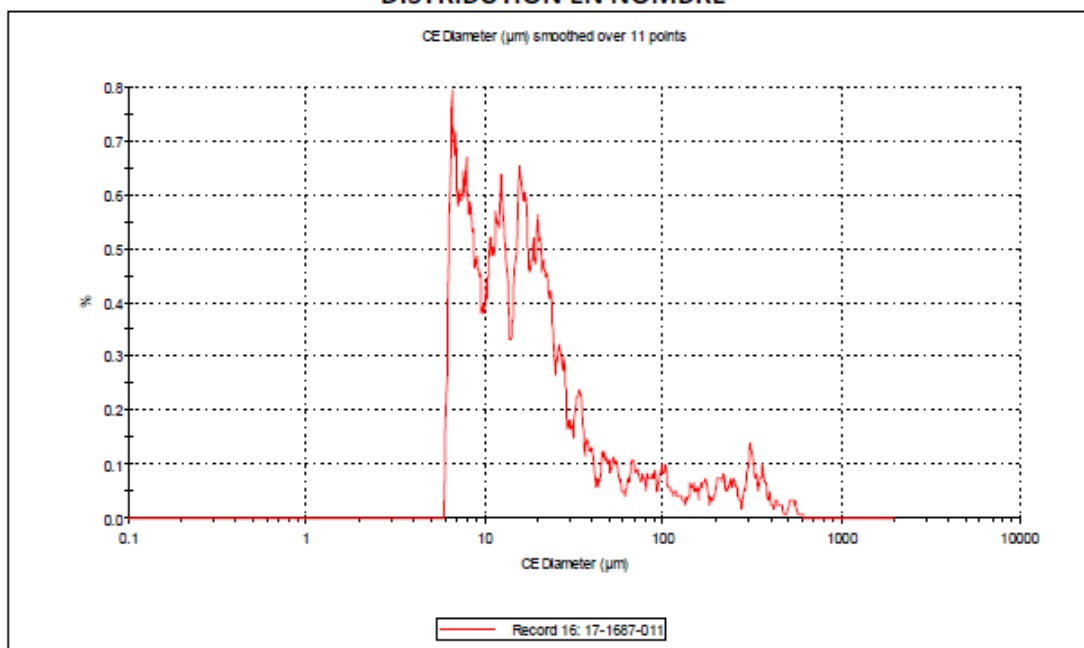
Analyse par microscopie de l'échantillon du 04/12/2017 à Quenneport (Q82)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 82

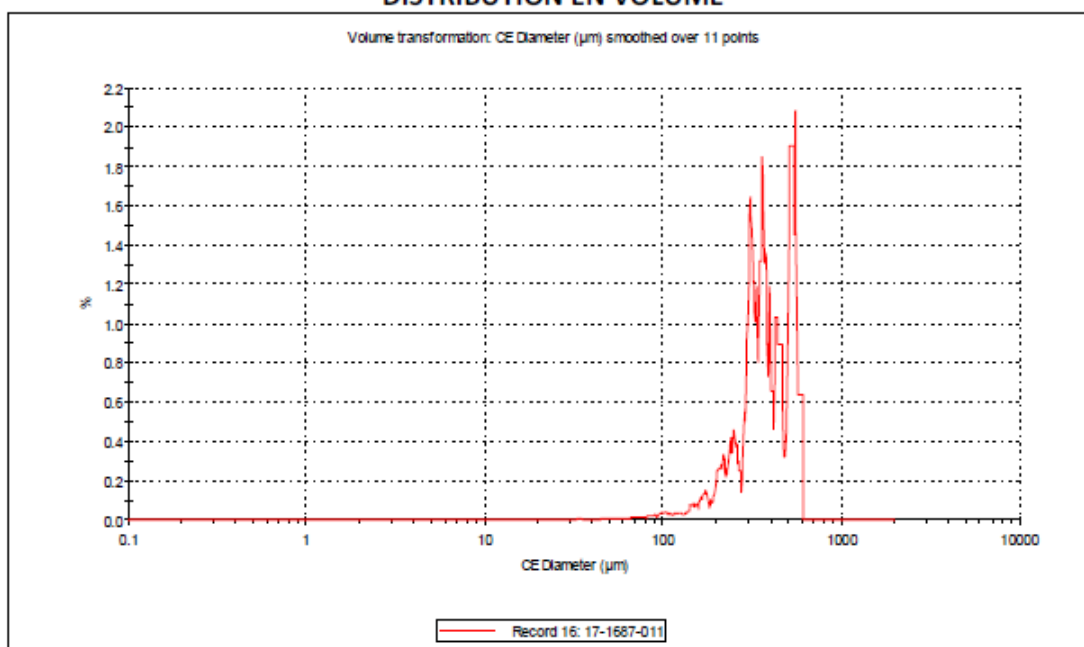
17-1687-011

- Courbes de distribution granulométrique en fréquence -

DISTRIBUTION EN NOMBRE



DISTRIBUTION EN VOLUME

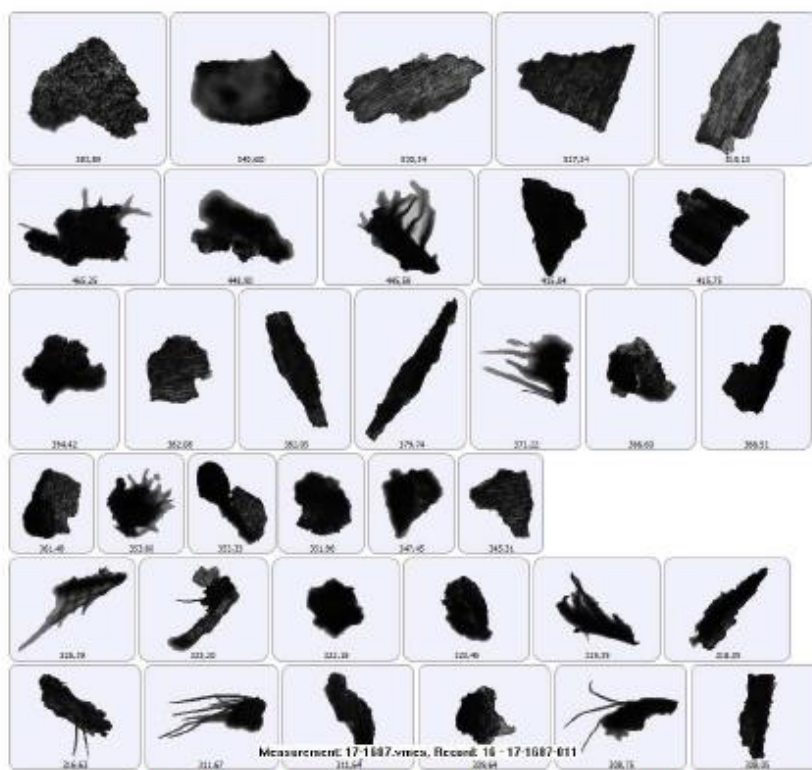


Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 04/12/2017 à Quenneport (Q82)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 82

17-1687-011



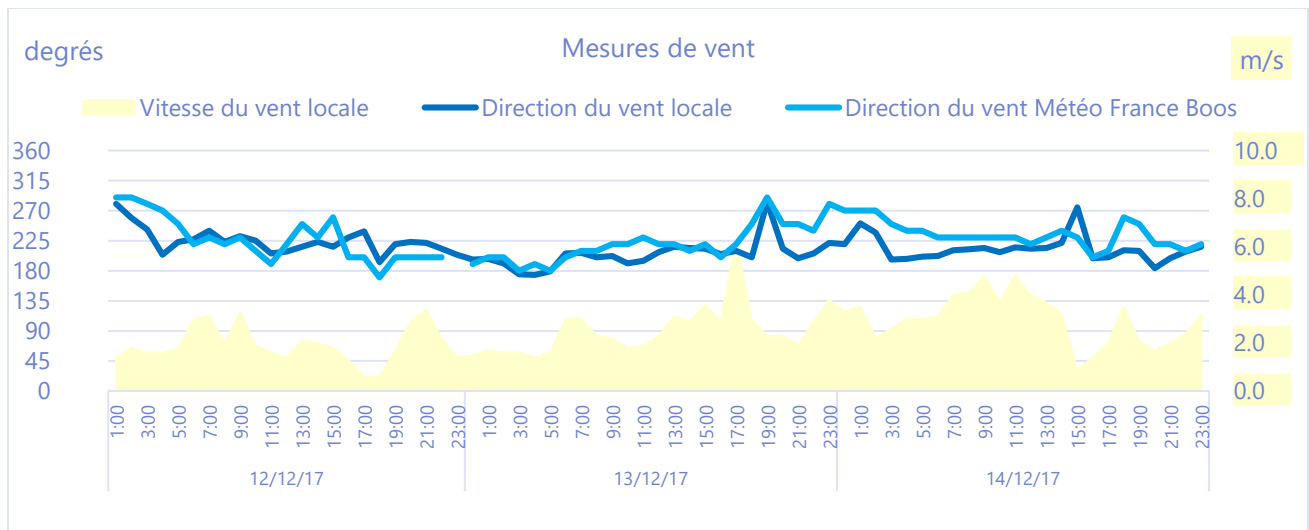
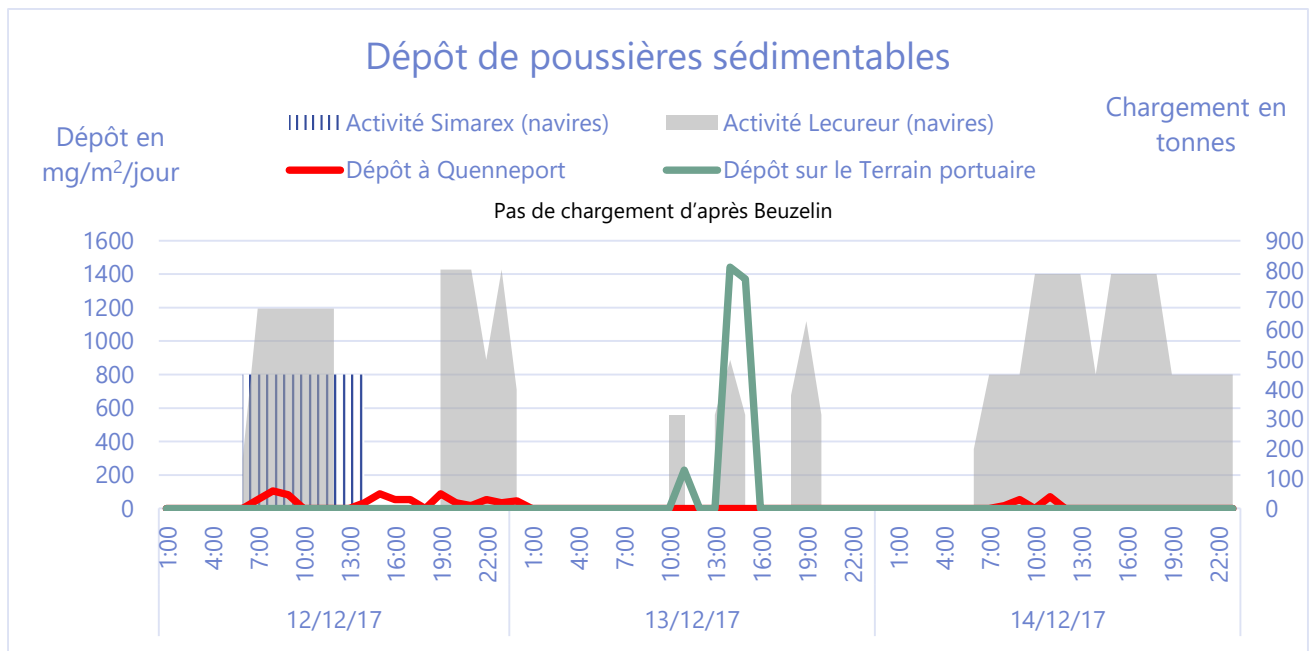
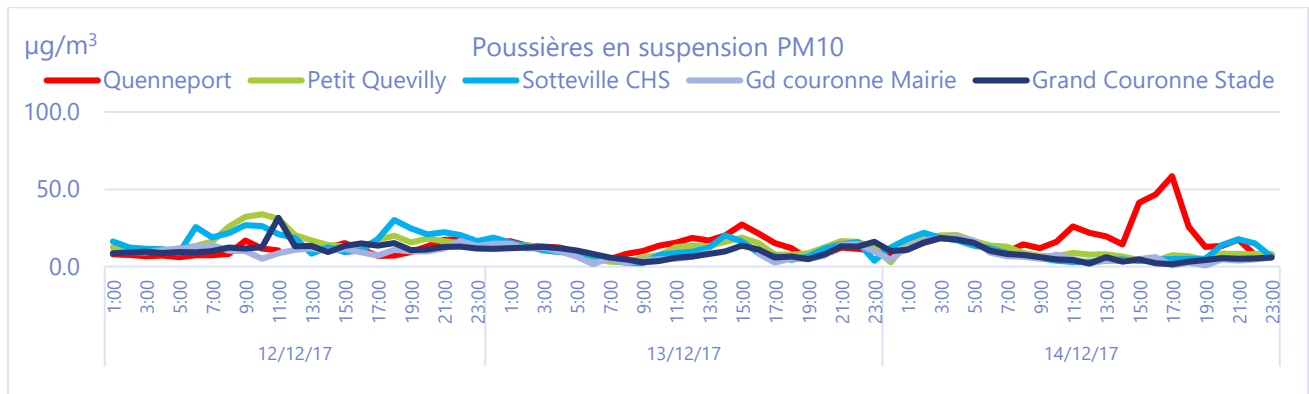
- Exemple des particules de plus grand diamètre moyen -



- Exemple de particules centrées autour du diamètre moyen -

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

- **Episode de dépôts de poussières sédimentables du 13/12/2017**



L'échantillon du 13/12/2017 a été analysé par microscopie

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

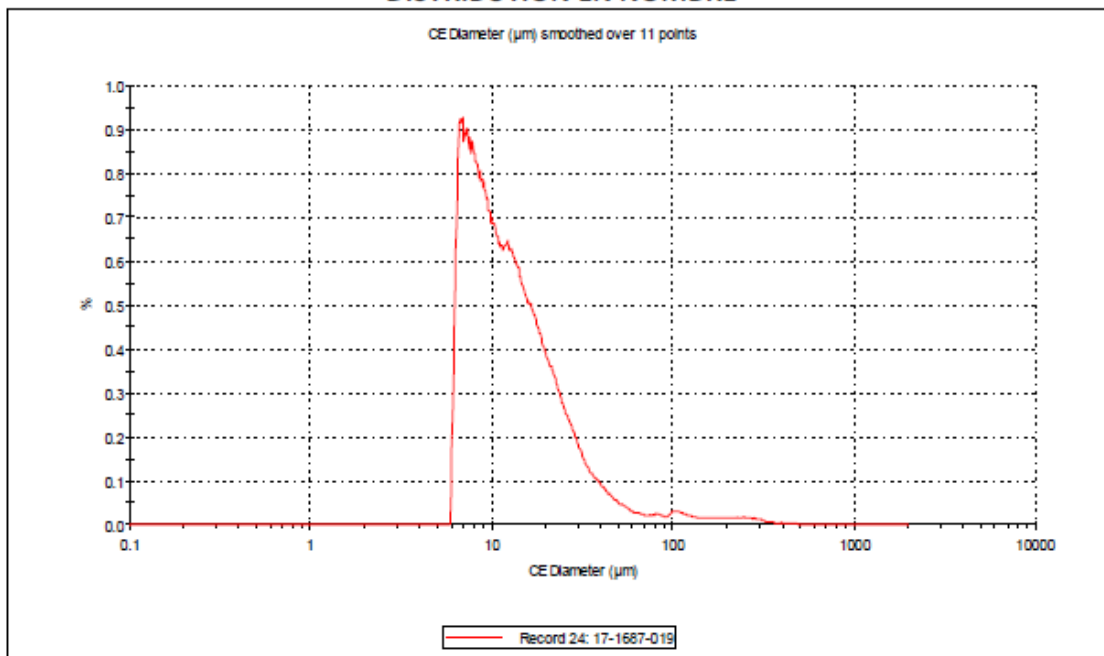
Analyse par microscopie de l'échantillon du 13/12/2017 sur le terrain portuaire (P210)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 210

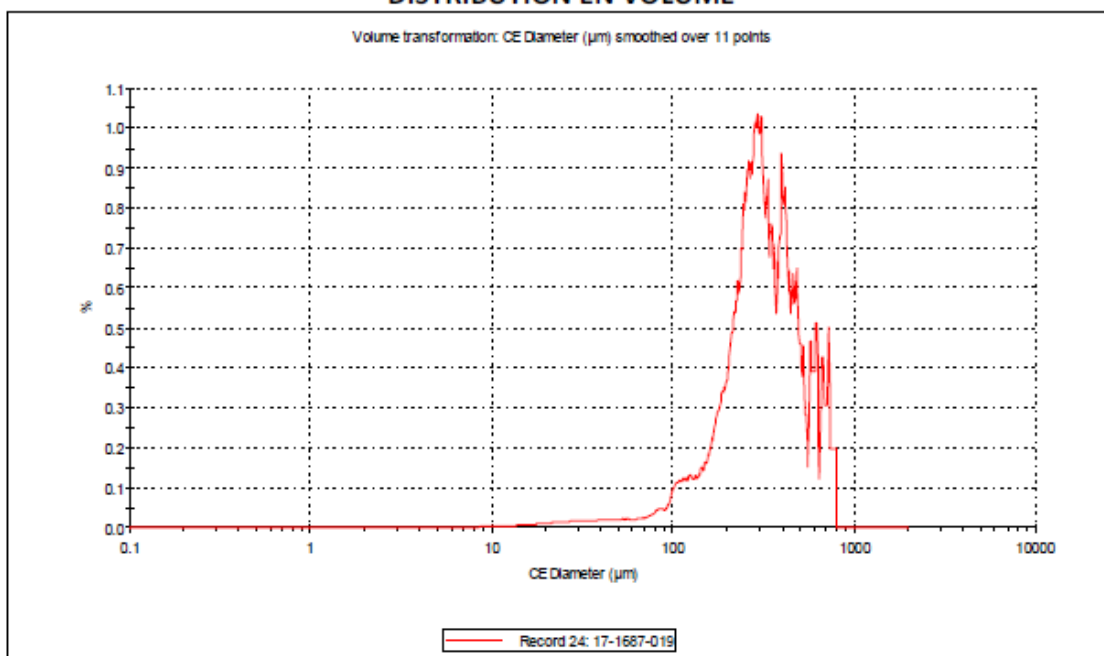
17-1687-019

- Courbes de distribution granulométrique en fréquence -

DISTRIBUTION EN NOMBRE



DISTRIBUTION EN VOLUME



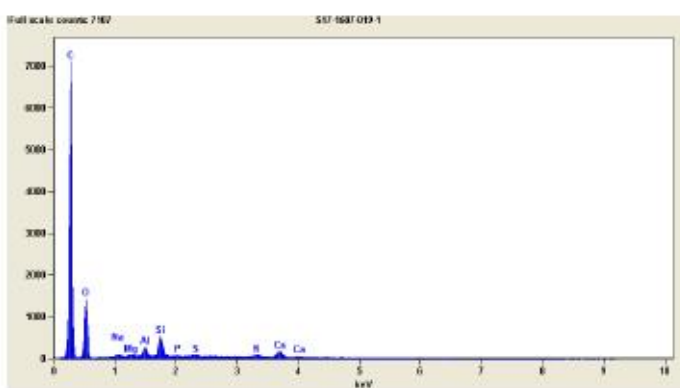
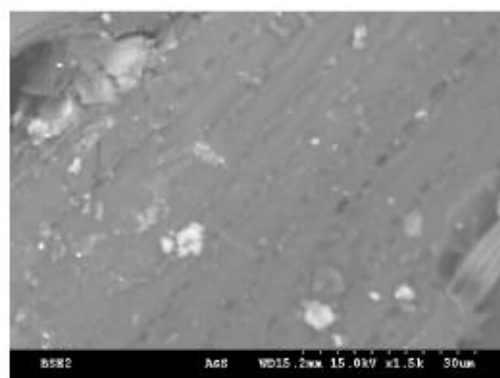
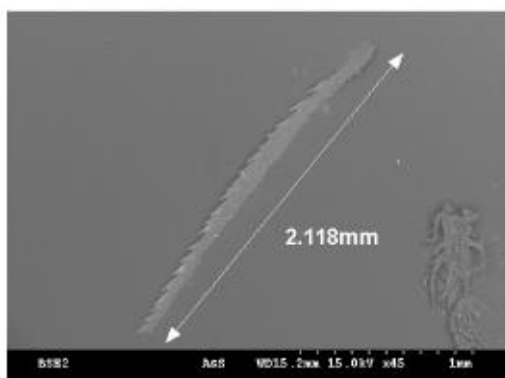
Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 13/12/2017 sur le terrain portuaire (P210)

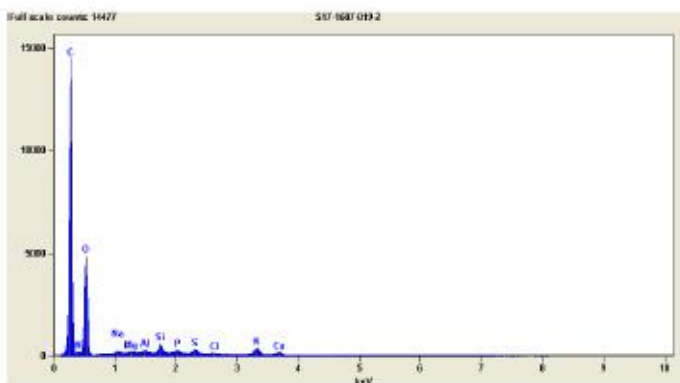
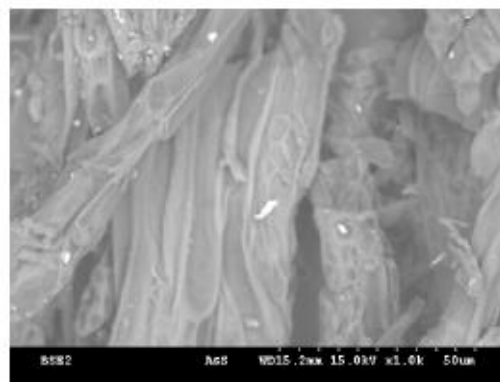
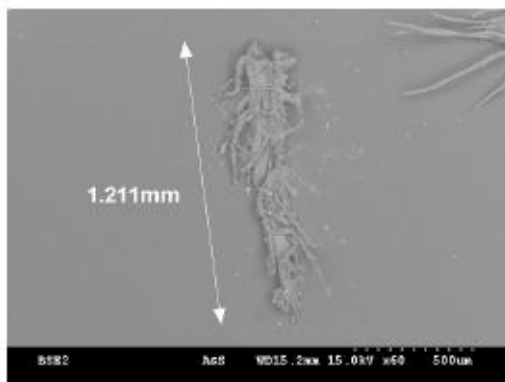
ECHANTILLON PRELEVEMENT 210

17-1687-019

ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Composé organique végétal



Identification :
Composé organique végétal

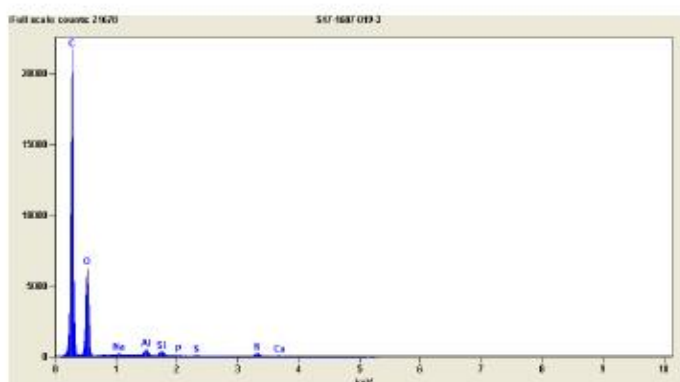
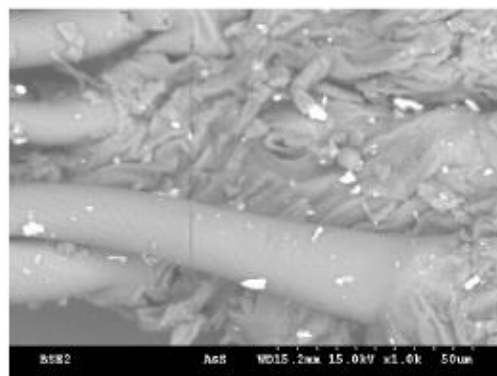
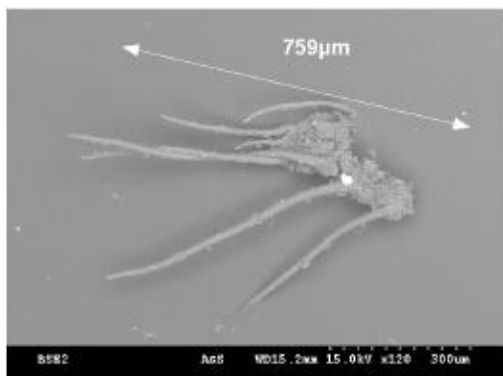
Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 13/12/2017 sur le terrain portuaire (P210)

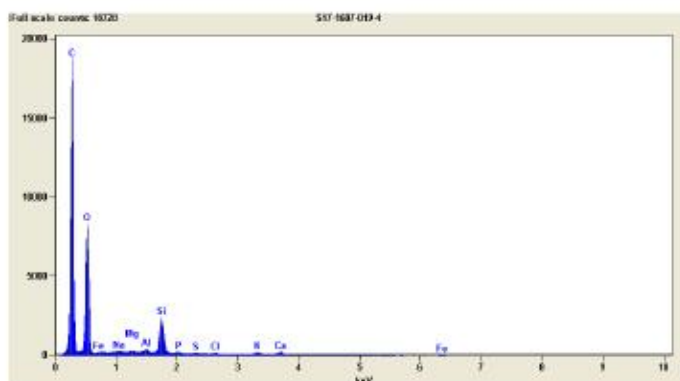
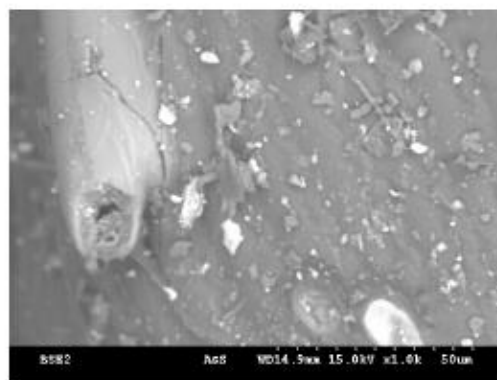
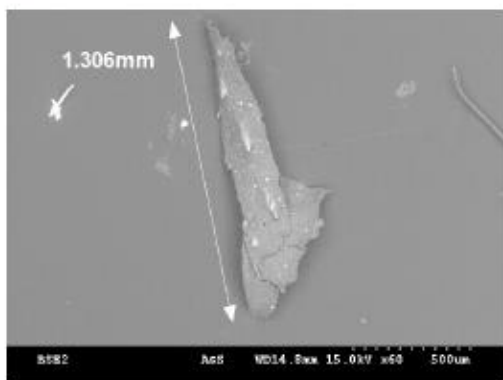
ECHANTILLON PRELEVEMENT 210

17-1687-019

ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Composé organique végétal



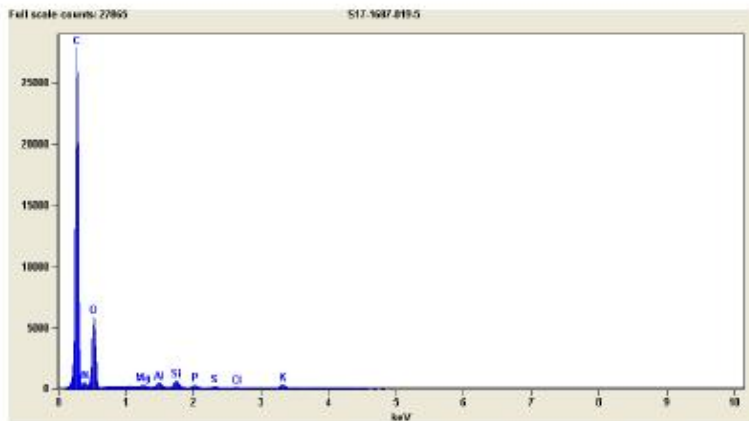
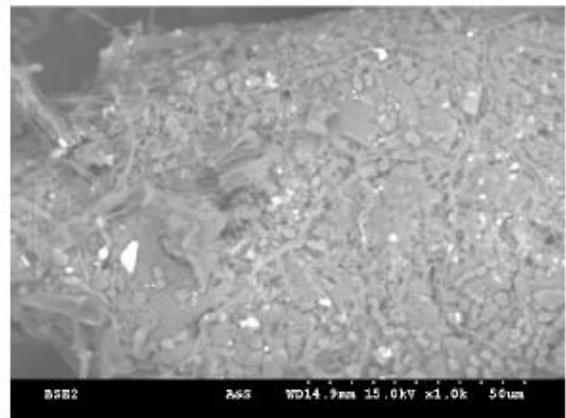
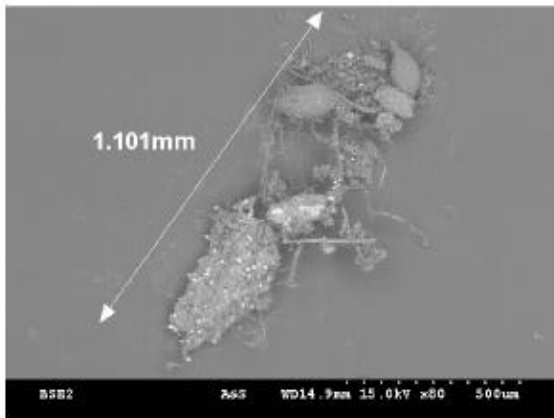
Identification :
Composé organique végétal

Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

Analyse par microscopie de l'échantillon du 13/12/2017 sur le terrain portuaire (P210)

ECHANTILLON PRELEVEMENT 210
17-1687-019

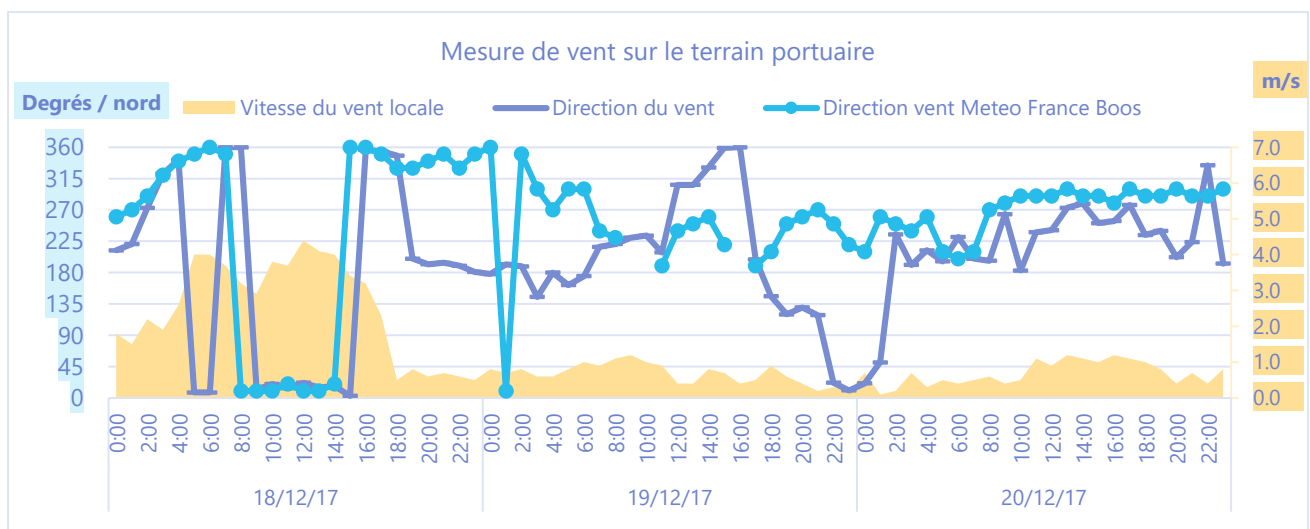
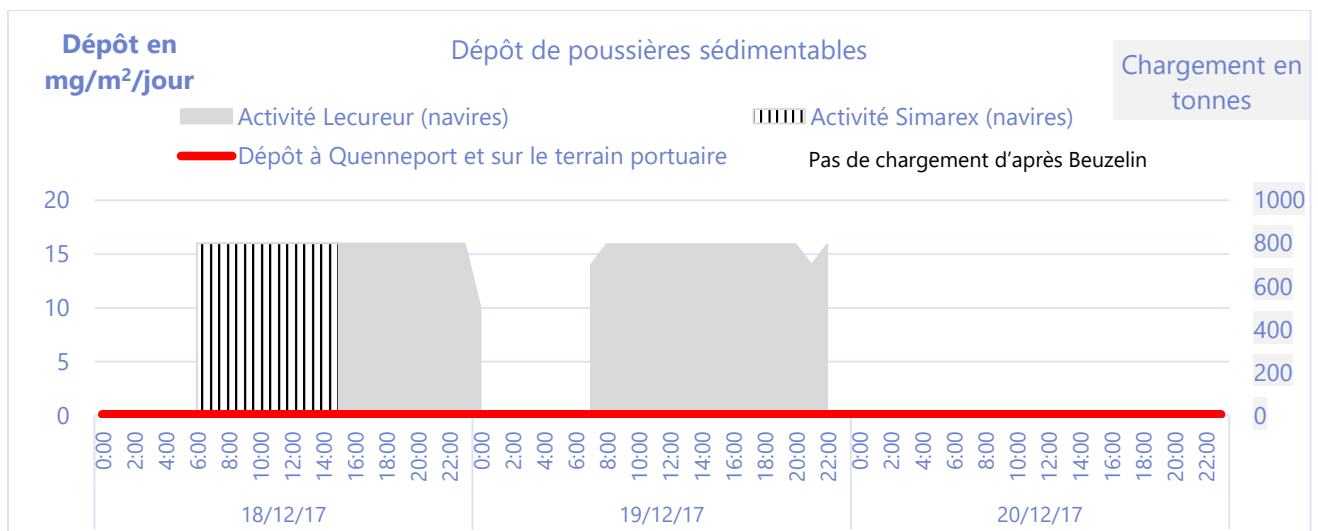
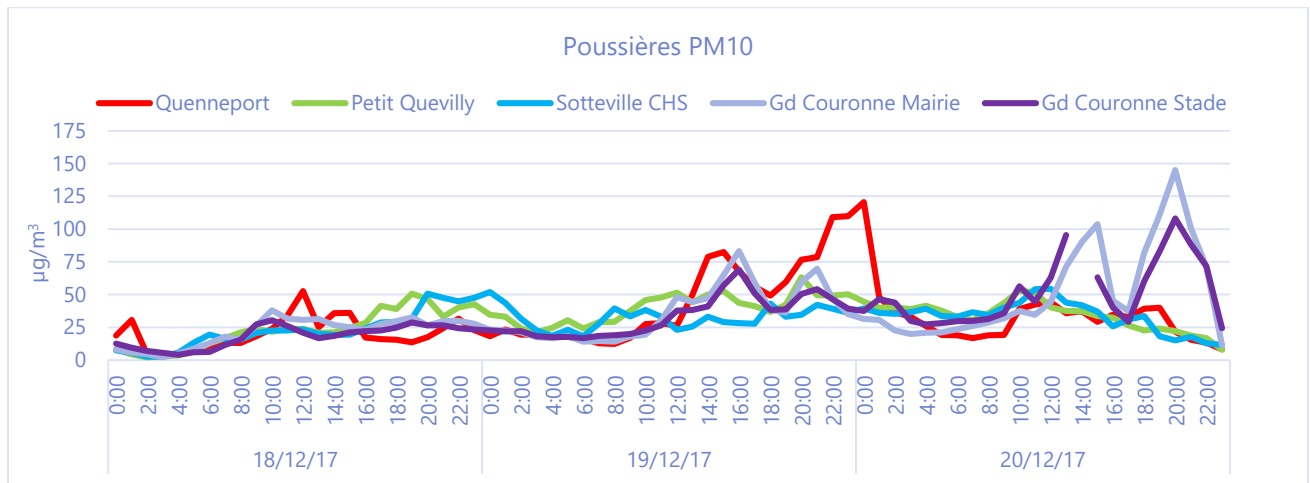
ANALYSES MEB-EDX



Identification :
Composé organique végétal






Annexe 1 : Analyse des journées polluées en poussières

- Journée polluée en PM₁₀ à Quenneport du 19/12/17**



7.3. Annexe 3 : Photographies des dépôts journaliers analysés par microscopie






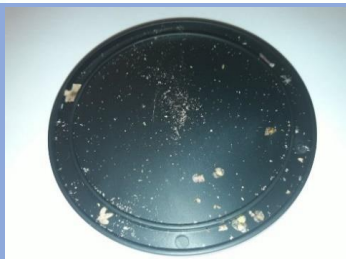
Sur le terrain portuaire :

Date	Terrain Portuaire Dépôt en mg/m ² /jour	Numéro	Photo	Indice (Evaluation visuelle du dépôt)	Analyse
11/10/17	40.81	p147		Fort	Analyse
19/10/17	16.91	p155		Fort	Analyse
25/10/17	24.49	p161		Fort	Analyse
06/11/17	12.02	p173		Fort	Analyse
22/11/17	95.18	p189		Très fort	Analyse







Sur le terrain portuaire (suite)

Date	Terrain Portuaire Dépôt en mg/m ² /jour	Numéro	Photo	Indice (Evaluation visuelle du dépôt)	Analyse
23/11/17	179.58	p190		Très fort	Analyse
13/12/17	425.03	p210		Très fort	Analyse
26/12/17	43.38	p223		Très fort	Analyse

Photographies des dépôts à Quenneport analysés

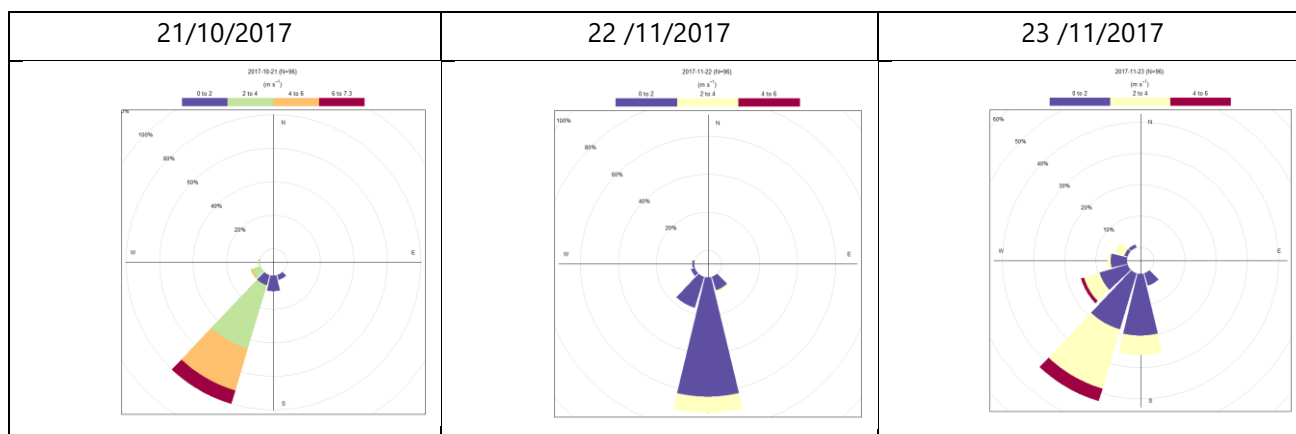
Date	Quenneport Dépôt en mg/m ² /jour	Numéro	Photo	Indice (Evaluation visuelle du dépôt)	Analyse
21/09/17	65.07	q07		Très fort	Analyse
29/09/17	57.32	q15		Très fort	Analyse
11/10/17	50.24	q27		Très fort	Analyse
18/10/17	18.04	q35		Fort	Analyse
19/10/17	108.30	q36		Très fort	Analyse
21/10/17	172.83	q38		Très fort	Analyse

Photographies des dépôts à Quenneport analysés (suite)

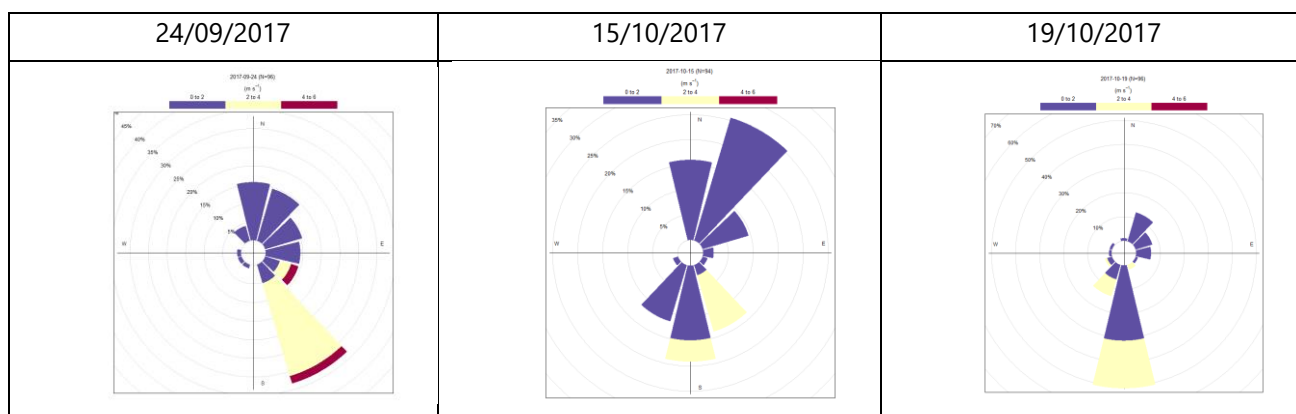
Date	Quenneport Dépôt en mg/m ² /jour	Numéro	Photo	Indice (Evaluation visuelle du dépôt)	Analyse
22/11/17	68.79	q70		Très fort	Analyse
23/11/17	85.43	q71		Très fort	Analyse
04/12/17	0.00	q82		Fort	Analyse
06/12/17	6.66	q84		Fort	Analyse
07/12/17	7.95	q85		Fort	Analyse
02/01/18	6.65	q112		Fort	Analyse

7.4. Annexe 4 : Direction du vent lors des plus forts dépôts

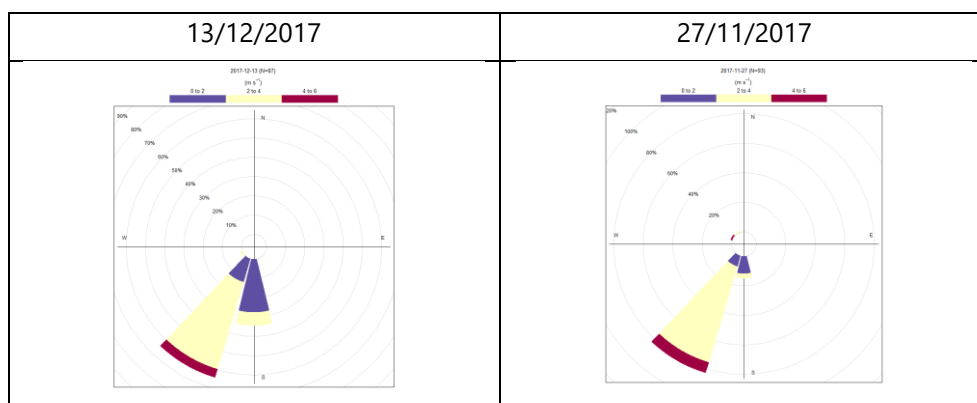
- A Quenneport et sur le terrain portuaire



- A Quenneport seulement :



- Sur le terrain portuaire :



8. Bibliographie

- 1- ATMO NORMANDIE - Mesures de poussières PM₁₀ à Quenneport et Dieppedalle en 2004 et 2005 - Rapports numéros 04-07 et 05-11-06 téléchargeables sur www.atmonormandie.fr
- 2- ATMO NORMANDIE - Bilan des mesures d'Atmo Normandie de l'année 2007
- 3- INSERM U644, CERTAM, LMDF Université de Rouen, ATMO NORMANDIE - "Particules Urbaines et Céréalières, Microorganismes Mycotoxines et Pesticides - PUC2MP" Rapport d'étude d'Atmo Normandie n°07-17-11 rédigé en 2011 téléchargeable sur www.atmonormandie.fr



RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmonormandie.fr

Atmo Normandie

3 Place de la Pomme d'Or, 76000 ROUEN

Tél. : +33 2.35.07.94.30

Fax : +33 2.35.07.94.40

contact@atmonormandie.fr

