

“L'air est **essentiel à chacun**
et mérite l'**attention de tous.**”

ETUDE

Evaluation des niveaux de particules à St Malo – Recherche de sources

Campagnes de mesure (2017)
Rapport final



ORGANISME
DE MESURE, D'ÉTUDE
ET D'INFORMATION SUR
LA QUALITÉ DE L'AIR
EN BRETAGNE



Air Breizh
3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8ème étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

Etude réalisée par Air Breizh à la demande de
St Malo Agglomération
La Chambre de Commerce et d'Industrie de St Malo
Timac Agro / Phosphea



Communauté
d'Agglomération
du Pays
de Saint-Malo



Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant et un lieu donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des évènements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

Conditions de diffusion

Air Breizh est l'organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la région Bretagne, au titre de l'article L221-3 du Code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} aout 2016 pris par le Ministère de l'Environnement portant renouvellement de l'agrément de l'association.

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

Air Breizh réserve un droit d'accès au public à l'ensemble des résultats de mesures et rapports d'études selon plusieurs modalités : document papier, mise en ligne sur son site internet, résumé dans ses publications, ...

Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh. Air Breizh ne peut, en aucune façon, être tenu responsable des interprétations et travaux utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Breizh n'aura pas donné d'accord préalable.

Organisation interne – contrôle qualité

Service Etudes (rédacteurs)	Validation	Date
O. CESBRON M. HASSAN-AHMED (Ingénieurs chargés d'études)	G. LEFEUVRE (Directeur) A. LAPLANCHE (Président)	29/06/18

Relecture externe

Relecteurs	Date
M. PERRETTE (St Malo Agglomération) M. ARA – A. DENIS (Timac Agro) G. TRUBERT (Phosphea) T. GIRARD (CCI)	29/06/18

Sommaire

I. Contexte de l'étude	9
II. Définitions et caractéristiques des particules	10
II.1. Définitions	10
II.2. Taille des particules	10
II.3. Formation : origine particules	11
II.3.1 Les particules primaires.....	12
II.3.2 Les particules secondaires	13
II.4. Transport	13
II.5. Dépôt, remise en suspension.....	14
II.6. Composition chimique des aérosols	14
II.6.1 Les espèces carbonées.....	14
II.6.2 Les espèces non carbonées	15
II.6.3 Proportion des différentes espèces	15
II.7. Sources d'émissions	15
II.8. Effet sur la santé, l'environnement	16
II.8.1 Les effets sur la santé	16
II.8.2 Les effets sur les écosystèmes et le bâti.....	16
II.9. Synthèse	17
III. Description de la zone d'étude	18
III.1. Contexte local.....	18
III.1.1 Localisation.....	18
III.1.2 Topographie	18
III.1.3 Les émissions atmosphériques – résultats de l'inventaire spatialisé des émissions (Air Breizh année 2014)	19
III.1.4 Les zones d'activités, la zone portuaire et les principaux axes routiers à Saint Malo	20
III.1.5 Synthèse.....	21
IV. Synthèse des résultats des études précédentes réalisées par Air Breizh en 2006 et 2010.....	22
IV.1. Campagne de mesure de particules – août à novembre 2006	22
IV.1.1 Contexte	22
IV.1.2 Méthodologie	22
IV.1.3 Synthèse des résultats et interprétations	22
IV.2. Etude de la composition des particules dans l'air de St Malo mai à juin 2010	23
IV.2.1 Contexte	23
IV.2.1 Méthodologie	23
IV.2.1 Synthèse des résultats et interprétations	23
IV.3. Synthèse des deux études Air Breizh réalisées en 2006 et 2010	24
V. Matériels et méthodes - campagnes de mesure 2017.....	26
V.1. Les paramètres mesurés, méthodes d'interprétation et valeurs repères	26
V.1.1 Les particules en suspension (PM10)	26
V.1.2 Les poussières sédimentables	26
V.1.3 Dioxyde de soufre et Hydrogène sulfuré	28

V.2. Protocole de l'étude.....	30
V.3. Les sites de mesure.....	31
V.1. Les techniques de mesure et d'analyse.....	36
V.1.1 Particules fines PM10 et des particules sédimentables	36
V.1.2 Mesure du dioxyde de soufre (SO ₂) et de l'hydrogène sulfuré (H ₂ S).....	37
V.1.3 Principe de l'analyse qualitative : MEB-EDX et loupe binoculaire	38
V.2. Les périodes de mesure.....	39
VI. Résultats et interprétations.....	40
VI.1. Représentativité des prélèvements et mesures	40
VI.1. Contexte météorologique.....	41
VI.1.1 La pluviométrie et la température.....	41
VI.1.2 Direction et vitesse du vent durant les mesures	44
VI.2. Sources de particules durant les campagnes : description, représentativité des activités	46
VI.2.1 Recensement des activités potentiellement sources ponctuelles de particules sur l'agglomération de Saint-Malo pendant la campagne.....	46
VI.2.2 Données d'exploitation des usines Timac Agro/ Phosphea	51
VI.2.3 Données d'exploitation du port.....	60
VI.2.4 Sélection et échantillonnage des produits 'sources'	65
VI.3. Résultats des mesures en Hydrogène sulfuré.....	67
VI.4. Résultats de mesure en Dioxyde de soufre	67
VI.5. Résultats des mesures en particules fines (PM10)	68
VI.5.1 Mesure réglementaire en PM10 sur le point Rocabey (site urbain de fond).....	68
VI.5.2 Mesures en PM10 sur les autres sites urbains de fond et les sites sous influence proche	79
VI.5.3 Synthèse des mesures PM10	84
VI.6. Résultats des mesures et analyse des particules sédimentables (dépôts secs).....	85
VI.6.1 Méthode de traitement des résultats et des échantillons journaliers collectés	85
VI.6.2 Résultats des mesures des particules sédimentables	91
VI.6.3 Résultats des analyses qualitatives des dépôts secs journaliers.....	99
VI.6.4 Synthèse des résultats pour les particules sédimentables site par site	118
VI.6.5 Enseignements retenus pour la partie particules sédimentables.....	135
VI.7. Résultats des dépôts humides – eaux de pluie	140
VI.7.1 Principe et méthode de prélèvement et d'analyses	140
VI.7.2 Résultats des analyses des eaux de pluie	140
VI.7.3 Synthèse des résultats d'analyses des eaux de pluie.....	144
VII. Conclusion générale.....	145
VII.1.1 Rappel du choix du protocole d'étude et des sites de mesures.....	145
VII.1.2 Résultats pour les particules fines PM10	146
VII.1.3 Résultats pour les particules sédimentables	147
VIII. Limites de l'étude.....	150
Annexe I : Air Breizh.....	152
Annexe II : Les zones industrielles de Saint Malo et la zone portuaire.....	155

Liste des figures

Figure 1 : Repère de taille des particules PM10 et PM2.5..... 11

Figure 2 : Schéma des principales sources de particules atmosphériques 12

Figure 3 (ci-contre) : Chapelet de suie observé au Microscope électronique à Balayage 14

Figure 4 : cristaux de chlorure de sodium 15

Figure 5: Carte de délimitation de l'unité urbaine de Saint-Malo [GéoBretagne]. 18

Figure 6: Carte topographique. Source : Topographic map..... 19

Figure 7: Répartition des émissions de poussières totales à l'échelle de la ville de Saint-Malo en 2014. [Source : Inventaire spatialisé d'Air Breizh 2014 v2]..... 19

Figure 8 : Les zones d'activités et la zone portuaire à Saint Malo (Association des Propriétaires & Exploitants des zones Industrielles, Commerciales & Artisanales de St Malo) 20

Figure 9 : Localisation du point de mesure [étude Air Breizh 2006] 22

Figure 10 : Données de mesures PM10 et TSP de la campagne et comparaison des mesures en PM10 sur les différents sites de mesures bretons (étude 2006) – données en µg/m³ 22

Figure 11 (ci-contre) : Localisation du prélèvement étude 2010 Air Breizh 23

Figure 12 : Contribution des différentes sources d'émissions à l'empoussièrment en PM10 (étude Air Breizh 2010)..... 24

Figure 13 : Schéma conceptuel des transferts des polluants atmosphériques 30

Figure 14 : Protocole de l'étude 31

Figure 15: Localisation des points de mesure 33

Figure 16 : Périodes de mesure en 2017 39

Figure 17: Température et précipitations durant les campagnes de mesures [Station Météo France de Dinard (35)] 41

Figure 18 : Evolution des cumuls journaliers des précipitations sur la période de mesure en 2017 [données Météo France Dinard]..... 43

Figure 19 : Cumul hebdomadaires des précipitations durant les deux campagnes [données MF Dinard]..... 43

Figure 20 (ci-contre) : Rose des vents durant la campagne 1 d'après les mesures de la station météo France de Dinard 44

Figure 21: Normales des roses des vents relevées à Dinard pour un mois d'avril et de mai entre 1981 et 2010 (Source : Météo France) 44

Figure 22 : Rose des vents durant la campagne 2 d'après les mesures de la station météo France de Dinard..... 45

Figure 23: Normales des roses des vents relevées à Dinard pour un mois d'octobre et de novembre entre 1981 et 2010 (Source : Météo France)..... 45

Figure 24 : Cumul hebdomadaires du nombre de travaux réalisés dans l'agglomération..... 47

Figure 25 : Localisation des sites industriels 52

Figure 26 : Plan du site Timac Agro/Phosphea QI..... 53

Figure 27 : Vue aérienne du site Quai Intérieur (QI) 54

Figure 28 : Vue en arrière-plan du magasin de stockage Hochelaga (stockage uniquement sous hangar) 54

Figure 29 : Vue du stockage extérieur de calcium marin..... 54

Figure 30 : Vue des installations Timac Agro et Phosphea sur le site de la Zone industrielle (ZI).. 55

Figure 31 : Plan du site Timac Agro/phosphea (Zone industrielle) 56

Figure 32 : Taux de fonctionnement des installations – site QI (journées travaillées) 57

Figure 33 : Répartition des activités sur le site QI durant les campagnes de mesures (journées travaillées)..... 57

Figure 34 : Taux de fonctionnement des installations – site ZI (journées travaillées) 58

Figure 35 : Répartition des activités sur le site ZI durant les campagnes de mesures (journées travaillées)..... 59

Figure 36: Comparaison des tonnages totaux entre les deux campagnes de mesures..... 61

Figure 37: Comparaison entre les deux campagnes des tonnages des marchandises potentiellement émettrices de particules manipulées [Source : port de Saint-Malo] 62

Figure 38 : Répartition des marchandises manipulées durant les deux campagnes 62

Figure 39 : Répartition des déchargements/chargements par quai durant les campagnes (pour les produits susceptibles d'émettre des particules) 63

Figure 40 : Répartition des déchargements/chargements durant les campagnes (pour les produits susceptibles d'émettre des particules)..... 64

Figure 41 : Campagne 1 - Résultats des moyennes journalières en PM10 à Rocabey comparés à ceux d'autres stations bretonnes 69

Figure 42 : corrélation des mesures PM10 à Rocabey avec celles de trois autres stations bretonnes (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 1 69

Figure 43 : Campagne 2 - Résultats des moyennes journalières en PM10 à Rocabey comparés à ceux d'autres stations bretonnes 70

Figure 44 : Corrélation des mesures PM10 à Rocabey avec celles de deux autres stations bretonnes (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 2 70

Figure 45 : Distribution statistique des données PM10 des deux campagnes de mesures (données journalières en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 71

Figure 46 (ci-contre) : moyenne des concentrations PM10 par campagne et estimée pour l'année 2017 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)..... 73

Figure 47 : Profils moyens hebdomadaires et journaliers en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur le site Rocabey St Malo 74

Figure 48 : Evolution horaire des mesures PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – heure locale) 76

Figure 49 : Comparaison des concentrations en PM10 par rapport au direction du vent (données de la station MF de Dinard) 77

Figure 50 : Rappel de la localisation du point de mesure et de son environnement 77

Figure 51 : Roses des pollutions en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les sites urbains de fond – concentrations moyennes par direction 80

Figure 52 : Roses des pollutions en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les sites supposés sous influence proche – concentrations moyennes par direction 81

Figure 53 : Roses des pollutions en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les sites urbains de fond – concentrations maximales par direction 82

Figure 54 : Roses des pollutions en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les sites supposés sous influence proche – concentrations maximales par direction 83

Figure 55 : Echantillons collectés lors de deux journées ayant présenté des niveaux légèrement supérieurs au seuil de $200 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{jr}$ 86

Figure 56 : Identification des pics de retombées de particules (relevés horaires exprimés en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jr}$) 87

Figure 57 : Résultats des retombées sédimentables exprimés en cumul moyen journalier sur une période d'un mois (en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jr}$) 92

Figure 58 : Evolution des cumuls des masses horaires pour les sites 'urbains de fond' pendant la campagne 1 (en mg) 94

Figure 59 : Evolution des cumuls des masses horaires pour les sites 'sous influence proche de source' pendant la campagne 1 (en mg)..... 95

Figure 60 : Evolution des cumuls des masses horaires pour les sites 'urbains de fond' pendant la campagne 2 (en mg) 96

Figure 61 : Evolution des cumuls des masses horaires pour les sites 'sous influence proche de source' pendant la campagne 2 (en mg)..... 97

Figure 62 : Amas de particules de phosphate bicalcique 119

Figure 63 : Particule composée majoritairement de Mg et Ca observée dans l'échantillon du 29/05/17 120

Figure 64 : Particule composée majoritairement de Si et Ca observée dans l'échantillon du 29/05/17 120

Figure 65 : échantillon journalier du 21/10/17 122

Figure 66 : particules blanches de composition compatible avec le phosphate monobicalcique (MDCP) 122

Figure 67 : Particules de tournesol observée dans l'échantillon du 21/10/17 123

Figure 68 : Bille de fer observée dans l'échantillon du 26/04/17 123

Figure 69 : Echantillon journalier du 5/06/17 125

Figure 70 : particule de phosphate bicalcique observé dans l'échantillon du 5/06/17 125

Figure 71 : Echantillon journalier du 8/11/17 127

Figure 72 : Echantillon journalier du 13/11/17 127

Figure 73 : Particule de composition chimique compatible avec le phosphate bicalcique (échantillon du 19/10/17) 128

Figure 74 : Chantier naval situé à proximité du point de mesure 128

Figure 75 : Echantillon du 8/11/17 avec présence de drêche de maïs à raison de 30% de l'échantillon..... 131

Figure 76 : Amas de particules de phosphate bicalcique dans l'échantillon du 28/05/17	131
Figure 77 : Echantillon du 27/04/17	134
Figure 78 : Amas de particules de phosphate bicalcique notamment observé sur l'échantillon du 27/04	134
Figure 79 : photo du calcium marin.....	137
Figure 80 : observation à la loupe binoculaire du tourteaux de tournesol	138
Figure 81 : Echantillon de phosphate bicalcique	138
Figure 82 : Evolution des concentrations en phosphore durant la campagne 2 (en mg/l)	142
Figure 83 : Résultats des concentrations en métaux lourds mesurées dans les eaux de pluie en campagne 1 (en µg/L)	142
Figure 84 : Résultats des concentrations en métaux lourds mesurées dans les eaux de pluie en campagne 2 (en µg/L)	142
Figure 85 : Evolutions des concentrations en cuivre dans les eaux de pluie en campagne 2 (en µg/L)	143
Figure 86 : Evolutions des concentrations en nickel dans les eaux de pluies des campagnes 1 et 2 (en µg/L).....	143
Figure 87 : Evolutions des concentrations en zinc dans les eaux de pluies des campagnes 1 et 2 (en µg/L).....	143
Figure 88 : Carte du réseau de surveillance de la qualité de l'air [ATMO France]	153

Liste des tableaux

Tableau 1 : Estimation des émissions des sources naturelles et anthropiques de particules (Tg/an) [source : Seinfeld et Pandis, 1998]	15
Tableau 2 : Valeurs de référence réglementaires pour les PM10[article R 221-3 Code de l'environnement].....	26
Tableau 3 : Valeurs repères pour les particules sédimentables collectées sur une période d'un mois.....	28
Tableau 4 : Valeurs réglementaires pour le dioxyde de soufre dans l'air ambiant [article R221-3 Code de l'Environnement].....	29
Tableau 5: valeurs repères pour l'Hydrogène sulfuré	29
Tableau 6 : Coordonnées GPS en DMS des 6 points de mesure [système WGS84]	34
Tableau 7: Présentation et localisation des sites de mesure.....	35
Tableau 8 : Présentation et localisation des sites de mesure (suite).....	36
Tableau 9: Liste des appareils de mesure utilisés sur chacun des sites	36
Tableau 10: Caractéristiques principales de l'analyseur de particules utilisé (réglementaire)	37
Tableau 11 : Caractéristiques générales des capteurs e-PM (non homologués).....	37
Tableau 12 : Caractéristiques principales de l'analyseur H ₂ S/SO ₂	38
Tableau 13: Couverture temporelle par campagne	40
Tableau 14 : Recensement des travaux exercés sur l'agglomération durant la campagne 1	48
Tableau 15 : Recensement des travaux exercés sur l'agglomération durant la campagne 2	49
Tableau 16 : Synthèse des travaux exercés dans un rayon de 300 mètres autour des points de mesures (campagne 1)	50
Tableau 17 : Synthèse des travaux exercés dans un rayon de 300 mètres autour des points de mesures (campagne 2)	50
Tableau 18: Produits bruts susceptibles d'émettre des particules et sources possibles	66
Tableau 19 : Résultats des mesures en Hydrogène sulfuré sur le point Rocabey (en µg/m ³)	67
Tableau 20 : Résultats des mesures en Dioxyde de soufre sur le point Rocabey (en µg/m ³)	68
Tableau 21 : Résultats des moyennes annuelles en PM10.....	72
Tableau 22 : campagne 1 - Synthèse des échantillons journaliers retenus pour l'analyse qualitative	88
Tableau 23 : campagne 2 - Synthèse des échantillons journaliers retenus pour l'analyse qualitative	89
Tableau 24 : Résultats des analyses qualitatives des échantillons de produits bruts	91
Tableau 25 : pente des profils de retombées de particules	98
Tableau 26 : Synthèse des observations des dépôts secs – point Découverte	118

Tableau 27 : Synthèse des observations des dépôts secs – point Rocabey	121
Tableau 28 : Synthèse des observations des dépôts secs – point Legatelois	124
Tableau 29 : Synthèse des observations des dépôts secs – point Port	126
Tableau 30 : Synthèse des observations des dépôts secs – point QI	129
Tableau 31 : Synthèse des observations des dépôts secs – point ZI.....	133
Tableau 32 : Synthèse des fréquences des nuisances et des origines des particules liées à ces nuisances pour les sites urbains de fond	136
Tableau 33 : Cumul des précipitations par période de prélèvement des eaux de pluie	140
Tableau 34 : Résultats des analyses chimiques des eaux de pluies.....	141

I. Contexte de l'étude

Cette étude a été réalisée afin d'obtenir une meilleure connaissance de la qualité de l'air à Saint Malo (35) et répondre au mieux aux interrogations de la population malouine au sujet d'une éventuelle pollution particulaire dans l'agglomération.

Dans ce contexte, St Malo Agglomération a sollicité les acteurs concernés afin d'approfondir les recherches suites aux études menées par Air Breizh en 2006 et 2010. La Chambre de Commerce et d'Industrie, en charge de l'exploitation du port, ainsi que Timac Agro et Phosphea ont accepté ce partenariat.

Sollicité début 2017, Air Breizh a proposé la réalisation d'une campagne de mesure comprenant :

- Un **volet 'sanitaire'** portant sur la mesure des particules fines PM10 et la comparaison de leurs niveaux aux seuils sanitaires,
- Un **volet 'nuisance'** portant sur la mesure des niveaux des particules dites 'sédimentables', pouvant provoquer des nuisances par déposition, et la recherche de leurs sources possibles via l'analyse de la morphologie et de la chimie de ces particules.

Les investigations ont été réalisées au printemps et à l'automne 2017 sur des durées respectives de 2 mois.

Les principales interrogations auxquelles cette étude doit répondre sont notamment les suivantes :

- Pour les particules fines PM10 :
 - o Les niveaux de fond à St Malo sont-ils inférieurs aux valeurs limites réglementaires ?
 - o Y-a-t-il des spécificités locales en termes de niveaux de concentrations par rapport aux agglomérations voisines ?
 - o Y-a-t-il des variations spatiales des niveaux de fond sur la ville et donc des sites dont les niveaux sont plus influencés par des sources de PM10 ?
- Pour les particules sédimentables :
 - o Quelle est la récurrence des dépôts significatifs susceptibles d'entraîner une nuisance sur les sites de fond ?
 - o Y-a-t-il des variations spatiales de ces niveaux de nuisances sur la ville ?
 - o Lorsqu'il y a nuisance, quelles sont les origines possibles des particules sédimentables ?

Le dispositif déployé, les résultats et leurs interprétations sont détaillés dans le présent rapport.

II. Définitions et caractéristiques des particules

Afin d'être en mesure de mieux comprendre le dispositif et la méthode déployés pour répondre aux objectifs de l'étude, nous avons souhaité présenter en préalable quelques notions sur les particules.

Ce chapitre a été notamment réalisé sur la base des documents suivants :

- Synthèse des connaissances sur les particules en suspension dans l'air et des travaux d'Air Paris sur ces polluants – Air Paris 2008 ;
- Polluants atmosphériques organiques particulaires en Rhône-Alpes : caractérisation chimique et sources d'émissions – Thèse Christine PIOT 2006.

II.1. Définitions

Le terme « **particules** » est une expression générique qui désigne un mélange de polluants solides et /ou liquides en suspension dans un milieu gazeux. Les particules sont aussi appelées « aérosols », notion qui inclut à la fois les particules et le gaz dans lequel elles se trouvent en suspension.

La taille de ces particules peut s'étendre de quelques fractions de nanomètre à une centaine de micromètres, et leur composition chimique est très variable, ce qui en fait l'un des constituants les plus complexes de l'atmosphère.

On appelle « **poussières** » les particules solides de dimensions et de provenances diverses pouvant rester un certain temps en suspension dans un gaz. Ce terme désigne en général les plus grosses d'entre elles.

Il existe à ce jour plusieurs manières de classer les particules : selon leur taille, leur origine ou leur composition. Ces classements sont présentés ci-après.

II.2. Taille des particules

La manière la plus couramment utilisée pour le classement des particules est la taille. En termes de surveillance de la qualité de l'air, on distingue (voir définitions paragraphes suivants) :

- Les particules en suspension (PM signifie « particulate matter ») :
 - Les particules ultrafines PM_{0.1} ;
 - Les particules fines : PM₁₀, PM_{2.5} et parfois PM₁ ;
- Les particules sédimentables.

Le terme de particules ultrafines désigne généralement l'ensemble des particules de diamètre inférieur à 0.1 µm, aussi appelées **nanoparticules**. Essentiellement produites par l'homme, ces nanoparticules sont utilisées dans de nombreux procédés industriels ou applications médicales. Elles sont très peu suivies à ce jour dans l'environnement.

Les **particules fines PM₁₀ et PM_{2.5}** sont l'ensemble des particules de diamètre aérodynamique moyen inférieur respectivement à 10 et 2.5 µm. C'est sur cette catégorie de particules que porte essentiellement la surveillance de la qualité de l'air car elles correspondent aux particules « respirables ». Bien que les deux fractions soient à ce jour réglementées, les PM₁₀ font l'objet de seuils journaliers (d'informations et d'alerte) contrairement aux PM_{2.5} qui ne disposent que d'une valeur limite annuelle.

Néanmoins, ces dernières peuvent pénétrer plus profondément dans l'appareil respiratoire humain. La fraction dite « grossière » (ou « coarse ») comprise entre 2.5 et 10 µm est en partie retenue dans les voies respiratoires supérieures.

La figure ci-après permet d'avoir un repère de taille pour les particules fines par rapport à la taille d'un cheveu.

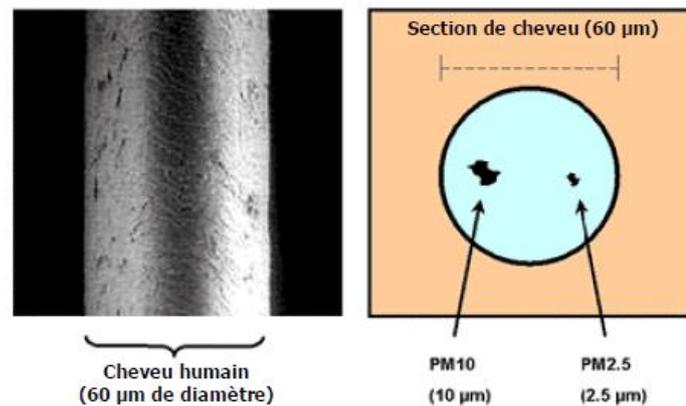


Figure 1 : Repère de taille des particules PM10 et PM2.5

On appelle **poussières sédimentables** les particules qui se déposent au niveau du sol ou de toute autre surface, soit par gravité (dépôt sec), soit entraînées par la pluie ou la neige (dépôt humide). C'est leur densité et leur taille aérodynamique qui, par opposition aux particules en suspension leur confère la propriété de se déposer.

Les poussières sédimentables sont donc constituées de particules de diamètre aérodynamique variable, mais généralement supérieur à quelques microns allant jusqu'à l'échelle millimétrique. Elles peuvent être notamment responsables de nuisances du fait de leur dépôt et de leur taille visible.

Selon leur taille, les vitesses de dépôt des particules sont différentes. Ainsi plus la taille de la particule est importante, plus elle va se déposer rapidement et donc près de sa source.

La taille des particules dépend de leur origine et des processus d'évolution subis depuis leur émission. Les particules émises en milieu urbain et en milieu rural n'ont par exemple pas les mêmes tailles ni les mêmes formes.

Dans le cas de notre étude, la quantification des particules portera sur :

- **les particules fines (PM10) du fait qu'elles disposent de valeurs réglementaires à l'échelle de la journée et de l'année,**
- **les particules sédimentables en raison des nuisances par déposition qu'elles peuvent générer.**

II.3. Formation : origine particules

La complexité des aérosols atmosphériques vient en grande partie du fait qu'il existe une multitude de sources et de procédés de formation, contrairement à la majorité des polluants gazeux.

Les aérosols atmosphériques ont trois origines principales :

- ils sont d'une part rejetés directement dans l'atmosphère, on parle d'aérosols **primaires** ;
- ils peuvent d'autre part résulter de transformations chimiques à partir des polluants gazeux présents dans l'atmosphère, ce sont des aérosols **secondaires** ;
- enfin, les aérosols qui se sont déposés au sol peuvent être **remis en suspension**.

La figure suivante illustre ces propos.

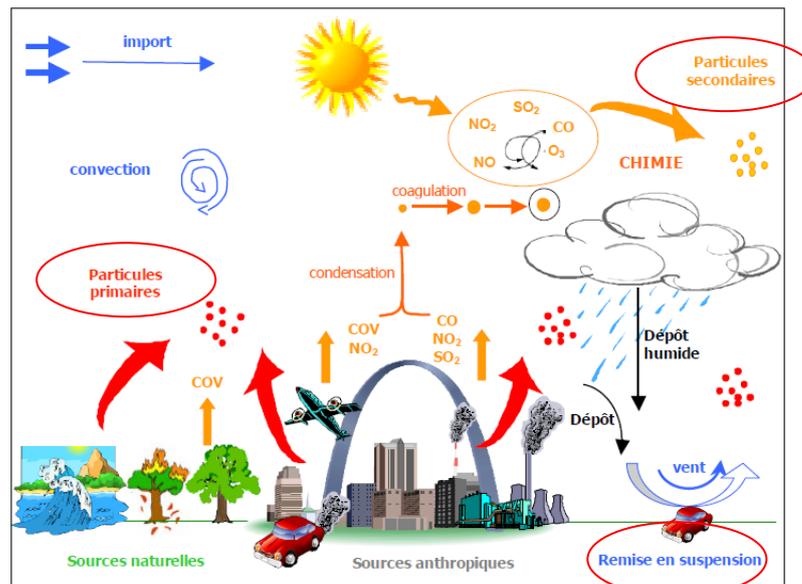


Figure 2 : Schéma des principales sources de particules atmosphériques

Ces différents modes de formation déterminent la composition chimique de l'aérosol, mais aussi sa taille, et donc ses propriétés physiques et optiques.

Ainsi les sources primaires émettent généralement des particules plus grossières, tandis que les sources secondaires engendrent essentiellement les particules les plus fines.

II.3.1 Les particules primaires

Les particules primaires sont directement émises dans l'atmosphère, d'une part par les activités humaines, mais également par des sources naturelles.

La fraction grossière des particules primaires est essentiellement formée par des procédés mécaniques tels que l'érosion. Les plus fines sont émises soit directement sous forme solide, soit sous forme de vapeur qui condense très rapidement pour former des particules ultrafines.

Les sources naturelles sont les suivantes :

- La **source terrigène** : ces particules sont générées par l'érosion des sols sous l'action du vent. Ces aérosols sont composés d'éléments majeurs (silicium, aluminium, fer, calcium, sodium, potassium, magnésium) et d'éléments traces. Le calcium, l'aluminium, le silicium, le fer et le titane sont utilisés comme traceurs de la source crustale d'aérosols.
- La **source marine** : sous l'action des vagues, des gouttelettes d'eau sont projetées dans l'atmosphère. Après évaporation de l'eau de mer, les sels marins se retrouvent dans l'atmosphère et constituent des aérosols. Ils sont composés des éléments majeurs suivants (par ordre d'importance en masse) : chlore, sodium, sulfates, magnésium, calcium et potassium.
- La **source biogénique** : l'aérosol biogénique provient de l'émission directe par les plantes de pollens, spores et autres débris végétaux.

Des phénomènes naturels accidentels tels que les éruptions volcaniques peuvent émettre ponctuellement des quantités énormes de particules dans l'atmosphère.

Les sources anthropiques sont les suivantes :

- **L'agriculture** : elle concerne majoritairement les émissions de particules terrigènes issues de la mise en suspension des poussières de sols par des pratiques telles que le labourage, etc. ;
- **L'industrie** : les émissions et leur composition chimique dépendent de nombreux paramètres tels que le secteur, les procédés, les dispositifs de traitement, ...
- Le **secteur résidentiel et tertiaire**, via le chauffage (combustion du bois, du charbon et du fioul), constitue une source importante de particules en particulier PM2.5.

- Les **transports**, en particulier routier, via les émissions directes (issues des moteurs de véhicules et des pots catalytiques) et indirectes via l'usure des mécanismes du véhicule (pneus, usure des freins, embrayage, ...), remise en suspension de poussières du sol et émissions dues à l'abrasion des revêtements routiers.

II.3.2 Les particules secondaires

Les particules secondaires ne sont jamais émises directement dans l'atmosphère. Elles ont une origine physico-chimique : elles résultent de la transformation des polluants gazeux présents dans l'atmosphère, tels que le dioxyde d'azote NO₂, le dioxyde de soufre (SO₂), l'ammoniac (NH₃) et les composés organiques volatils (COV).

On distingue les aérosols secondaires inorganiques et organiques.

1. Les aérosols inorganiques

Les émissions naturelles ou anthropiques (combustion fossiles notamment) sont des sources importantes d'émissions de dioxyde de soufre (SO₂) et de d'oxyde d'azote (NO_x).

L'oxydation photochimique du dioxyde de soufre peut conduire à la formation d'aérosols inorganiques secondaires que sont les sulfates, en particulier les sulfates d'ammonium. De plus en environnement enrichis en poussières crustales ou en sels marins, une réaction avec le calcium et le sodium est possible formant des sulfates de calcium ou des sulfates de sodium en particulier dans les fractions grossières des aérosols.

De la même manière, l'oxydation du dioxyde d'azote peut entraîner la formation de nitrates, en particulier le nitrate d'ammonium. En présence de poussières crustales¹ ou en sels marins, on obtient des nitrates de calcium et de sodium.

2. Les aérosols organiques

Les aérosols organiques secondaires sont formés par réaction chimique ou par conversion gaz-particules de COV.

Dans le cadre de la recherche des sources à l'origine possible de nuisances par dépôt, on s'intéressera à la morphologie et la composition chimique des particules sédimentables et particulièrement des particules primaires (directement émises dans l'atmosphère). La majorité des particules secondaires étant comprise dans les particules fines.

II.4. Transport

Après émission, les particules peuvent être transportées à plus ou moins longue distance (de quelques mètres à des milliers de kilomètres) et à différentes altitudes (de quelques kilomètres jusqu'à plus de 50 kilomètres dans la stratosphère) pour ensuite se déposer.

En plus de la hauteur d'émission, **la taille des particules influence leur transport** : les aérosols grossiers sont notamment évacués sous l'effet des forces de gravité.

Les particules disparaissent soit par dépôt sec à la surface du sol et des végétaux, sous l'effet de la gravité, soit par dépôt humide, lors d'événement pluvieux ou neigeux.

¹ Poussières crustales : issues de la croûte terrestre (du sol)

II.5. Dépôt, remise en suspension

Le **dépôt sec** ou sédimentation, concerne essentiellement les particules les plus grosses ($> 5\mu\text{m}$), ainsi que celles proches de la surface, qui se redéposent rapidement (quelques heures).

Le **dépôt humide** est la principale voie d'élimination des particules, selon deux modes. Les fines particules, en particulier celles contenant des composés hygroscopiques, servent de noyau de condensation sur lesquels se forment les gouttelettes de nuage. Lorsque ces gouttelettes grossissent suffisamment pour qu'il pleuve, les particules sont éliminées avec les précipitations.

Une fois déposées, les particules peuvent ensuite être **remises en suspension** sous l'action du vent. En zone urbaine, la remise en suspension s'effectue également sous l'action du trafic routier et représente une source importante de particules à proximité d'axes routiers à fort trafic.

La présente étude se focalisera sur les dépôts secs à l'origine possible de nuisances par déposition. Les remises en suspension seront également à considérer du fait du contexte urbain de la zone d'étude.

II.6. Composition chimique des aérosols

Les propriétés physiques des particules ne permettent pas toujours de distinguer leurs sources d'émissions. En complément, des recherches sur la composition chimique des particules sont nécessaires.

Contrairement aux polluants gazeux, les particules ne constituent pas une espèce chimique unique et homogène. Les aérosols atmosphériques sont composés d'un mélange complexe de matière organique et inorganique.

II.6.1 Les espèces carbonées

Le carbone est présent sous deux formes : le **carbone élémentaire** (aussi appelée carbone suie ou Black Carbon) et le **carbone organique**. Les aérosols carbonés sont constitués d'un cœur de graphite entouré d'une pellicule composée d'un mélange complexe de composés organiques oxygénés. On parle de carbone suie lorsque le noyau de graphite prédomine, et de carbone organique lorsque, les fonctions organiques sont prépondérantes.

Le carbone élémentaire (ou suie) est principalement d'origine anthropique. Il est issu de toutes les combustions utilisant des combustibles fossiles (charbon, gazole, essence, fioul, ...) ou renouvelables (bois, biomasse).

C'est la couleur noire qui domine. C'est donc un bon traceur du trafic routier.

La suie individuelle est émise sous forme de sphère de quelques dizaines de nanomètre qui s'agrège rapidement à d'autres suies pour former des chapelets de suies.

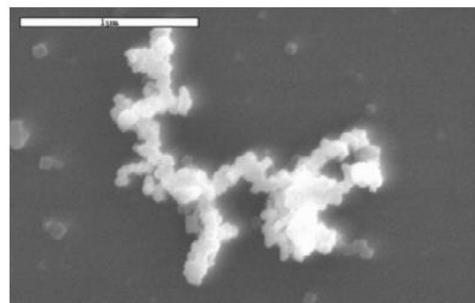


Figure 3 (ci-contre) : Chapelet de suie observé au Microscopie électronique à Balayage

Le cœur de l'aérosol, constitué de carbone élémentaire, est donc généralement entouré d'une pellicule composée d'un mélange complexe de composés organiques. Cette matière organique peut comporter une grande variété de familles organiques (hydrocarbures, esters, PCB, ...) dont certaines sont très toxiques (cf. chapitre suivant).

L'analyse spécifique de certains composés organiques peut s'avérer nécessaire pour identifier l'origine des particules.

II.6.2 Les espèces non carbonées

Les espèces non carbonées représentent généralement la fraction majoritaire des particules : 60% en milieu urbain à 90% pour les aérosols marins.

La fraction minérale est essentiellement composée :

- des poussières minérales, d'origine essentiellement terrigène (érosion des sols et remise en suspension) ;
- des sels inorganiques dont les plus abondants sont :
 - Les sulfates, les nitrates, les chlorures pour les anions ;
 - L'ammonium, le sodium, le potassium, le magnésium et le calcium pour les cations.
- des métaux (titane, fer, cuivre, plomb, zinc, ...) et éléments traces (vanadium, thallium, ...) qui permettent parfois de déterminer la source.

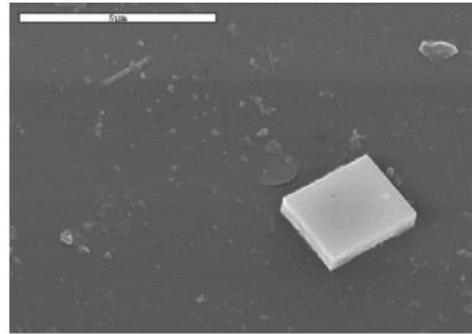


Figure 4 : cristaux de chlorure de sodium

II.6.3 Proportion des différentes espèces

Les espèces majoritaires sont le carbone élémentaire (5-15%), le carbone organique (15-25%), les nitrates (7 à 15%), les sulfates (5-20%), les sels d'ammonium (1-10%), les sels de mer (5-10%), les poussières minérales (10-20%) et l'eau.

Toutefois, la contribution relative de chacune des espèces dépend de l'origine des particules. Elle est donc variable dans le temps et selon la typologie et l'influence du site.

II.7. Sources d'émissions

Le tableau ci-après présente la répartition des émissions naturelles et anthropiques.

Tableau 1 : Estimation des émissions des sources naturelles et anthropiques de particules (Tg/an) [source : Seinfeld et Pandis, 1998]

Source	Estimated Flux (Tg yr ⁻¹)			Particle Size Category ^a
	Low	High	Best	
NATURAL				
Primary				
Soil dust (mineral aerosol)	1000	3000	1500	Mainly coarse
Sea salt	1000	10000	1300	Coarse
Volcanic dust	4	10000	30	Coarse
Biological debris	26	80	50	Coarse
Secondary				
Sulfates from biogenic gases	80	150	130	Fine
Sulfates from volcanic SO ₂	5	60	20	Fine
Organic matter from biogenic VOC	40	200	60	Fine
Nitrates from NO _x	15	50	30	Fine and coarse
Total natural	2200	23500	3100	
ANTHROPOGENIC				
Primary				
Industrial dust, etc. (except soot)	40	130	100	Fine and coarse
Soot	5	20	10	Mainly fine
Secondary				
Sulfates from SO ₂	170	250	190	Fine
Biomass burning	60	150	90	Fine
Nitrates from NO _x	25	65	50	Mainly coarse
Organics from anthropogenic VOC	5	25	10	Fine
Total anthropogenic	300	650	450	
Total	2500	24000	3600	

^aCoarse and fine size categories refer to mean particle diameter above and below 1 μm, respectively.
Note: Sulfates and nitrates are assumed to occur as ammonium salts. Flux unit: Tg yr⁻¹ (dry mass).

D'après ces estimations, les poussières du sol et les sels marins seraient les sources majoritaires de particules naturelles.

Les sources anthropiques sont dominées par les émissions de particules secondaires et notamment des sulfates.

II.8. Effet sur la santé, l'environnement

II.8.1 Les effets sur la santé

Parmi les polluants atmosphériques, ce sont les **particules en suspension** qui ont « le plus d'effets sur la santé » ; en effet, un lien causal entre l'exposition aux particules et la mortalité est désormais admis par la communauté scientifique à travers les nombreuses études épidémiologiques réalisées ces dernières années.

Par exemple en France, une étude Santé Publique France estime que 48 000 décès prématurés par an seraient attribuables à la pollution particulaire.

Comme on l'a déjà mentionné :

- la taille des particules est un facteur important : plus elles sont fines, plus elles sont nuisibles car elles pénètrent profondément dans les voies respiratoires.
- C'est également la nature chimique des composés absorbés à la surface des particules qui va déterminer leurs effets sur la santé.

En ce qui concerne les **poussières sédimentables** bien qu'il soit admis qu'elles ne peuvent pas être inhalées du fait de leur diamètre aérodynamique important, elles peuvent néanmoins avoir des effets néfastes sur la santé. Elles peuvent être ingérées de manière indirecte par le biais de la consommation de fruits ou de légumes exposés aux retombées et provoquer des effets liés à leur éventuelle toxicité.

En ce qui concerne les effets des particules fines sur la santé, deux mécanismes principaux sont à retenir :

- Une inflammation au niveau de l'appareil respiratoire directement liée à la taille des particules, les plus fines d'entre elles pénètrent plus profondément dans l'organisme ;
- Un passage dans la circulation sanguine, au niveau des échanges pulmonaires, des composés organiques qui vont être adsorbés à la surface des particules. Pour donner un exemple, il est possible de citer les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont certains d'entre eux comme le benzo(a)pyrène, sont classés cancérigènes par l'OMS. De ce fait, ces composés toxiques peuvent atteindre l'ensemble des organes du corps humain.

II.8.2 Les effets sur les écosystèmes et le bâti

Outre les impacts sur la santé, la pollution particulaire peut également avoir une influence sur l'environnement, notamment sur les écosystèmes avec un impact majeur sur le processus d'évolution des plantes. En effet, le dépôt des particules sur les végétations, qui dépend principalement de la distribution de la taille de celles-ci, provoque un réchauffement radiatif étouffant les plantes et qui peut ainsi réduire la photosynthèse.

Le processus d'altération des bâtiments résulte de l'action combinée des différents éléments atmosphériques ayant pour effet d'altérer les matériaux des bâtiments. Les particules essentiellement carbonées sont responsables du noircissement des façades.

Les poussières sédimentables participent également à un impact sur le bâti par **salissure des bâtiments**.

II.9. Synthèse

Au vu de ces éléments et de l'objectif de l'étude fixé, les recherches devront être focalisées sur la mesure des particules fines (PM10) sur le plan sanitaire et des particules sédimentables pour les aspects nuisances.

Concernant la recherche des sources possibles des particules sédimentables, la méthode proposée devra permettre de les différencier d'un point de vue morphologique (taille, forme, couleur) et chimique.

On s'intéressera particulièrement à la contribution des particules primaires naturelles (poussières du sol et sels marins) et anthropiques (sources industrielles, transport, chauffage) au sein des poussières sédimentables. Les particules secondaires étant majoritairement présentes dans la fraction fine des aérosols.

III. Description de la zone d'étude

Ce chapitre décrit succinctement le territoire de l'étude ainsi que ses émissions atmosphériques.

Bien que la demande soit notamment portée par l'agglomération de St Malo, nous avons fait le choix de concentrer nos prélèvements et mesures sur la commune de St Malo. En effet, celle-ci concentre la majeure partie des habitants de l'agglomération (56% d'après le recensement de la population en 2014) sur seulement 15% du territoire, mais également la majorité des établissements recevant du public (hôpitaux, structure d'accueil pour personnes âgées, crèche, école, etc.).

La description de la zone d'étude réalisée dans ce chapitre est donc focalisée sur la commune de St Malo.

III.1. Contexte local

III.1.1 Localisation

La ville de Saint-Malo est située dans le département d'Ille-et-Vilaine (35), au Nord-Est de la Bretagne, plus précisément entre la baie de Saint-Brieuc à l'Ouest, et la baie du Mont-Saint-Michel à l'Est. Saint Malo est largement ouvert sur le littoral, ce qui lui confère une vocation très maritime avec la pêche, l'ostréiculture et la conchyliculture, le fret et le transport maritime. Le secteur a connu un fort développement touristique.

Saint-Malo constitue une 'unité urbaine' qui, au sens de l'INSEE, correspond à une commune ou un ensemble de communes, présentant une zone bâtie qui compte au moins 2 000 habitants où aucune habitation n'est séparée de la plus proche de plus de 200 mètres.

En 2010, l'INSEE définit l'unité urbaine de Saint-Malo comme étant 'ville isolée' c'est-à-dire ne présentant pas de continuité urbaine avec des communes limitrophes. De ce fait, la commune de Saint-Malo et son unité urbaine compte le même nombre d'habitants.

D'après le dernier recensement disponible de l'INSEE (2014), la population de l'unité urbaine de Saint-Malo s'élève à 45 980 habitants pour une densité moyenne de 1 257 habitant/km².

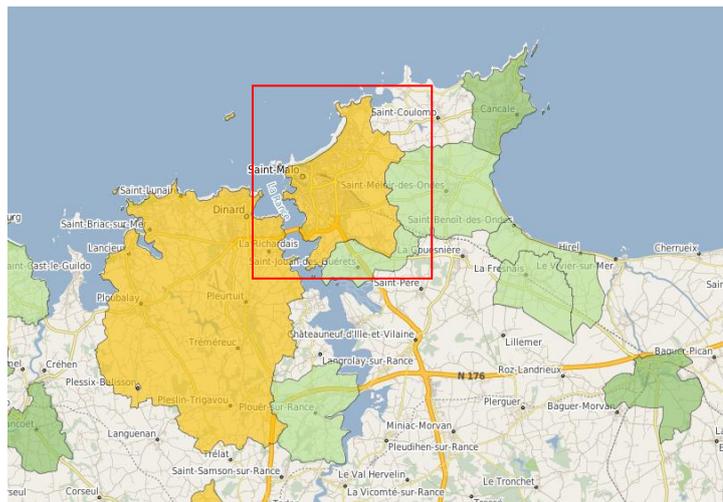


Figure 5: Carte de délimitation de l'unité urbaine de Saint-Malo [GéoBretagne].

III.1.2 Topographie

La morphologie du secteur est caractérisée, pour sa partie continentale, par des plateaux collinaires de faible altitude (généralement moins de 50 m) et par la côte, représentée par des falaises du côté occidental et par des zones plates et en partie marécageuse, de la baie du Mont-Saint-Michel et du golfe normand-breton, du côté oriental.

Enfin le troisième élément composant le paysage correspond à des points bas très importants en l'occurrence la vallée de la Rance. [Source : Notice explicative de la feuille géologique de Saint-Malo au 1/50 000 – BRGM 2009]

La commune de Saint-Malo présente une altitude comprise entre 5-10 mètres au niveau du port, et 40-50 mètres au Sud-Ouest (St Servan) et à l'Est (Paramé).

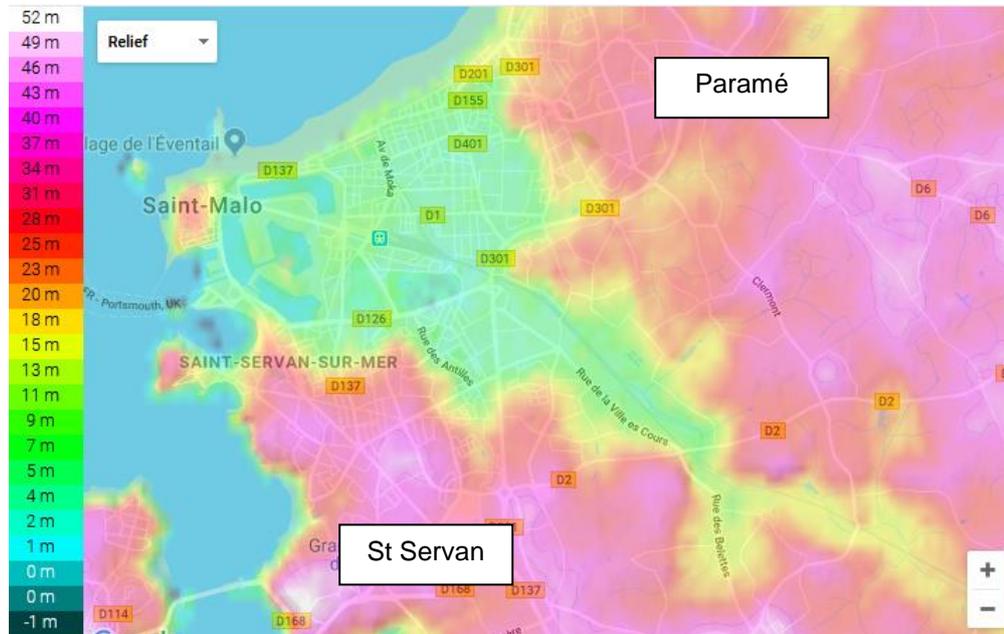


Figure 6: Carte topographique. Source : Topographic map

III.1.3 Les émissions atmosphériques – résultats de l'inventaire spatialisé des émissions (Air Breizh année 2014)

➤ Les particules :

En 2017, Air Breizh a mis à jour son inventaire régional spatialisé des émissions qui est construit sur la base d'une méthodologie de référence issue du Pôle de Coordination nationale des Inventaires Territoriaux (PCIT).

Au sein de l'agglomération, les émissions de la ville de Saint Malo représentent 27% des émissions totales de poussières (soit 108 tonnes/an), 38 % des émissions de PM10 (soit 94 tonnes/an) et 33% des émissions de PM2.5 (soit 55 tonnes/an).

La répartition des secteurs d'émissions des poussières totales (dites TSP) au niveau de la ville de St Malo est présentée sur le graphique suivant.

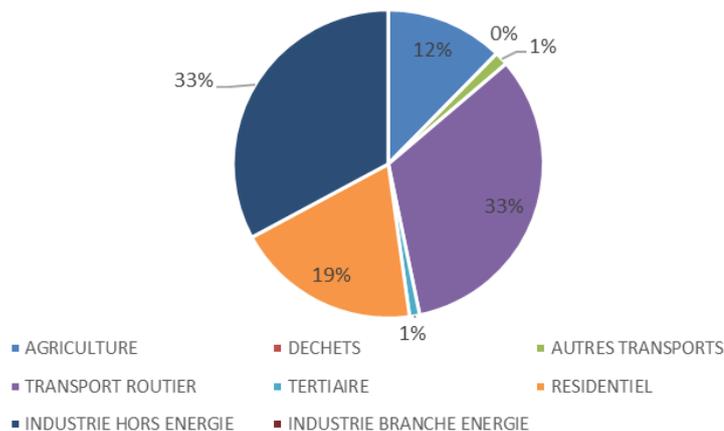


Figure 7: Répartition des émissions de poussières totales à l'échelle de la ville de Saint-Malo en 2014. [Source : Inventaire spatialisé d'Air Breizh 2014 v2]

Le transport et l'industrie sont majoritaires avec respectivement 34% et 33% des émissions totales, suivi du résidentiel tertiaire (20%) et de l'agriculture (12%).

➤ **Les autres polluants :**

D'autres polluants font également l'objet d'un inventaire dont les résultats pour la ville de St Malo sont les suivants :

- Le dioxyde de soufre (SO₂) : 55% des émissions sont liées au transport (dont 2% issus du trafic routier). Les émissions résiduelles étant liées aux secteurs industriel et au résidentiel/tertiaire
- Les oxydes d'azote (NOx) : 83% des émissions sont liés au transport (dont 29% du trafic routier).

A Saint Malo, les parts de chacun de ces polluants sont largement influencés par le secteur du transport (notamment maritime).

➤ **Limite méthodologique de l'inventaire spatialisé des émissions :**

L'inventaire présenté précédemment est basé, pour la part des émissions industrielles, sur les déclarations réalisées par les exploitants d'après les mesures réalisées au niveau des émissions canalisées de leurs installations.

La méthodologie actuellement disponible pour cet inventaire ne permet pas de prendre en compte les envols diffus sur les sites industriels et portuaires. Il peut s'agir par exemple des envols des zones de stockage de produits, des ré-envols sur les zones de circulation, des envols lors des phases de manipulation de produits, ...

III.1.4 Les zones d'activités, la zone portuaire et les principaux axes routiers à Saint Malo

Il existe plusieurs zones d'activités et zones industrielles réparties sur le territoire de la ville de St Malo. Elles sont localisées sur la carte ci-après. Les situations du port ainsi que des principaux axes routiers sont également précisées.

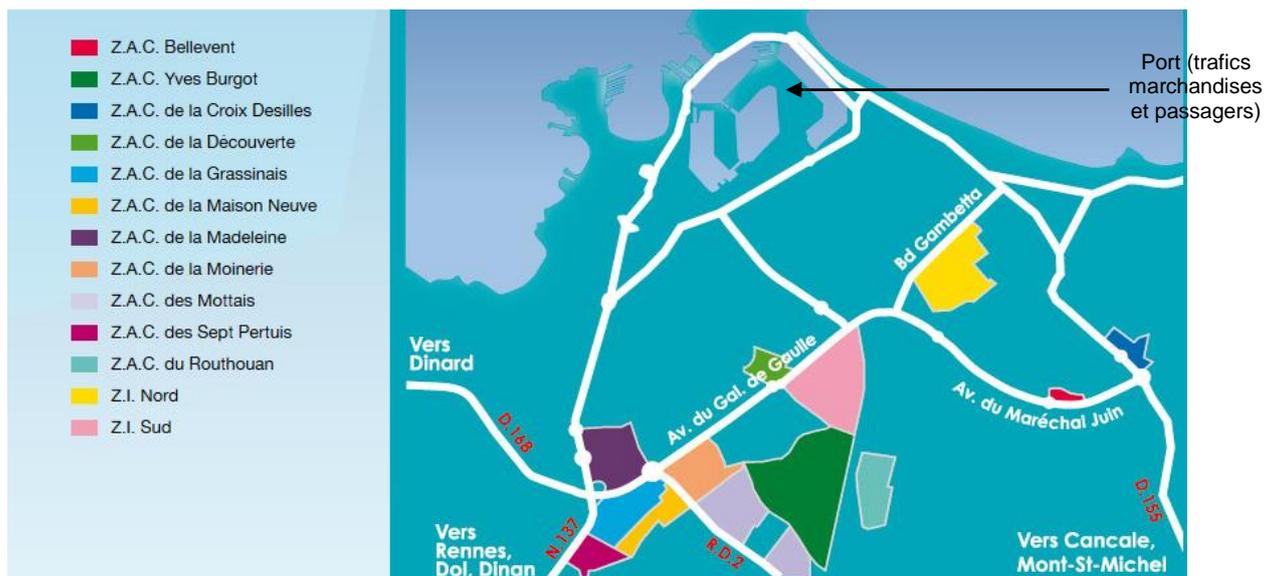


Figure 8 : Les zones d'activités et la zone portuaire à Saint Malo (Association des Propriétaires & Exploitants des zones Industrielles, Commerciales & Artisanales de St Malo)

Notons la présence de deux zones industrielles que sont la zone industrielle Nord et la zone industrielle Sud.

Les entreprises situées dans ces deux zones industrielles ainsi qu'au niveau de la zone portuaire sont reprises en annexe II.

III.1.5 Synthèse

Cette partie relative à la description de la zone d'étude et au recensement des sources d'émissions permet de révéler la contribution prépondérante des activités industrielles et de transport dans les émissions de la ville de St Malo.

IV. Synthèse des résultats des études précédentes réalisées par Air Breizh en 2006 et 2010

Rappelons en préambule que depuis 2001, une station de mesure permet de surveiller la qualité de l'air à Saint Malo pour deux paramètres réglementés que sont le dioxyde d'azote et l'ozone. Cette station fait partie du réseau de mesure régional d'Air Breizh. En complément, deux études ont été conduites par Air Breizh en 2006 puis 2010. Le protocole de ces études et leurs interprétations sont synthétisés dans le présent chapitre.

IV.1. Campagne de mesure de particules – août à novembre 2006

IV.1.1 Contexte

Suite à plusieurs plaintes au sujet d'une pollution particulaire visible sur l'agglomération malouine, la mairie de Saint Malo a sollicité Air Breizh pour mener une campagne de mesures des niveaux de particules fines PM10 et des particules totales en suspension (TSP).

IV.1.2 Méthodologie

Deux appareils de mesure en continu conformes aux exigences réglementaires ont été disposés au niveau du Stade Marville à St Malo du 2 août au 16 novembre 2006 soit une période de trois mois.

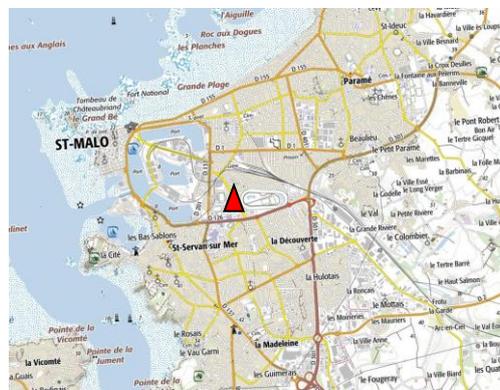


Figure 9 : Localisation du point de mesure [étude Air Breizh 2006]

IV.1.3 Synthèse des résultats et interprétations

Les niveaux en PM10 mesurés à **St Malo n'ont pas présenté de dépassement du seuil journalier d'informations (50 µg/m³) sur cette période.**

Ceux-ci étaient toutefois plus élevés que ceux d'autres stations urbaines de fond bretonnes comme Rennes (Triangle), Brest (Macé) et St Brieuc (Balzac) et du même ordre de grandeur que les niveaux mesurés à Lorient (CTM).

Les TSP (particules totales en suspension) avaient également fait l'objet de mesure.

Données en µg/m³

Paramètres	TSP	PM 10
Taux de représentativité	85	86
Moyenne	22,4	17,8
Valeur maximale horaire	212,0	166,0
Valeur maximale journalière	51,0	30,0

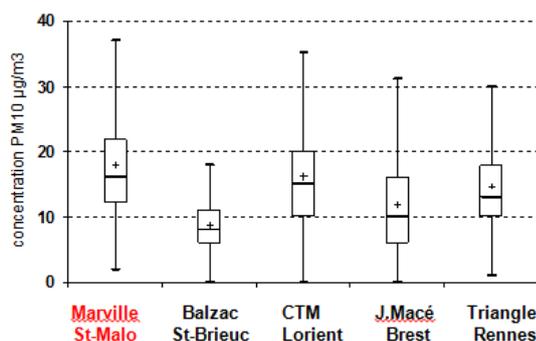


Figure 10 : Données de mesures PM10 et TSP de la campagne et comparaison des mesures en PM10 sur les différents sites de mesures bretonnes (étude 2006) – données en µg/m³

Les concentrations étaient fortement variables en fonction de l'heure considérée (niveaux les plus élevés entre 17h et 18h TU) et des directions du vent : **les vents issus du Nord/Nord-Est associaient les concentrations moyennes les plus élevées** et un rapport PM10/TSP plus faible.

L'influence de la zone portuaire avait également été étudiée mais l'impact n'avait pas été clairement établi en raison d'autres sources possibles comme les embruns marins, les émissions du transport, ...

A la lumière de ces éléments, des recherches complémentaires avaient été conseillées et notamment une analyse de la composition des particules pour affiner la recherche des sources possibles pour ces particules en suspension.

IV.2. Etude de la composition des particules dans l'air de St Malo mai à juin 2010

IV.2.1 Contexte

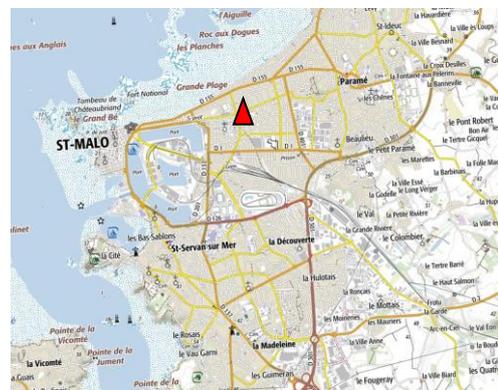
Dans la continuité de l'étude réalisée en 2006, Air Breizh a proposé de mener une campagne complémentaire afin d'analyser la composition chimique des particules en suspension et ainsi identifier les différentes sources d'émissions.

IV.2.1 Méthodologie

Un appareil de prélèvement avait été mis en place au niveau du cimetière Rocabey du 7 mai au 9 juin 2010.

Des prélèvements successifs avaient été réalisés sur filtre par période de 12 heures (8h à 20h et 20h à 8h) suivis d'une analyse spécifique en laboratoire (analyse multi-élémentaires) permettant d'obtenir les concentrations de 19 éléments et de calculer la fraction organique.

Figure 11 (ci-contre) : Localisation du prélèvement étude 2010 Air Breizh



IV.2.1 Synthèse des résultats et interprétations

L'analyse de l'évolution temporelle des concentrations des différents composés et la confrontation avec les paramètres météorologiques n'avaient pas permis de conclure quant à une influence significative du port sur les concentrations en PM10 relevées au cimetière de la Rocabey durant la période de mesure. Néanmoins, le préleveur n'avait été sous le vent du port que pendant 25% du temps.

Pour la période étudiée, les résultats des analyses chimiques avaient permis de mettre en évidence les sources suivantes de PM10 (par ordre d'importance) sur le point de prélèvement :

- 55% : les particules émises par les phénomènes de combustion (trafic, chauffage urbain et industriel), majoritairement carbonées (suies) complétées par les résidus soufrés ayant subi ou pas des transformations en sulfates.
- 15% : les embruns marins (Na, MgO, Cl) dont les corrélations des niveaux avec les vents de Nord-Ouest était évidente ;
- 12% : les sources industrielles dont les particules étaient de composition assez complexe du fait d'une multiplicité des sources ;
- 9% : les sources terrigènes avec une présence prépondérante d'aluminosilicates.

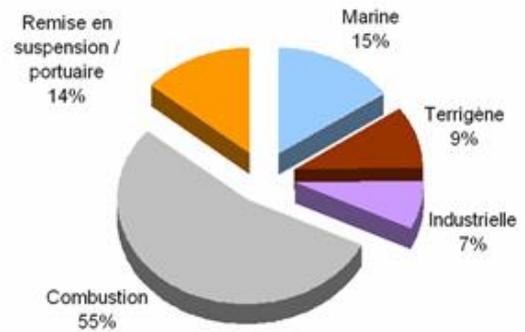


Figure 12 : Contribution des différentes sources d'émissions à l'empoussièrement en PM10 (étude Air Breizh 2010)

En outre, une source dite mixte représentait 14% de l'empoussièrement. Elle avait été identifiée comme un mélange de poussières issues des remises en suspension et de l'activité portuaire lors du déchargement de matériaux (granit identifié avec la présence de calcium).

D'autres sources n'avaient pas été clairement identifiées dans les prélèvements :

- La source automobile généralement mise en évidence par les émissions d'éléments issus des phénomènes de freinage (éléments métalliques) ainsi que des remises en suspension en plus de la partie carbonée liée à la combustion ;
- La source portuaire à travers les émissions de combustion des moteurs des bateaux et celles liées aux marchandises transitant (seul le granit a été mis en évidence).

IV.3. Synthèse des deux études Air Breizh réalisées en 2006 et 2010

La première étude conduite en 2006 a permis d'évaluer les niveaux en particules fines PM10 en contexte urbain de fond à St Malo sur une période de 3 mois à l'automne. **Des niveaux conformes au seuil d'information pour les PM10 avait été mesurés bien que ceux-ci soient supérieurs à ceux d'autres agglomérations.** Ce constat reste à vérifier sur plusieurs points de l'agglomération.

D'autre part, pour déterminer l'origine de ces particules en suspension, des recherches complémentaires ont été réalisées durant 1 mois au printemps 2010 par prélèvement en contexte urbain de fond à St Malo.

Les sources naturelles habituelles (source terrigène et marine) avaient été identifiées, ainsi que des **sources anthropiques, majoritaires au sein des particules PM10**, représentées essentiellement par les particules issues des phénomènes de combustion.

L'étude concluait sur des répartitions des sources au sein des PM10 cohérentes avec la littérature.

Les enseignements suivants sont à tirer de ces deux études :

- Taille des particules : les deux études ont porté sur les particules en suspension et particulièrement les particules fines PM10 du fait de leurs effets sanitaires avérés. Cependant, les particules de taille plus importante (sédimentables) n'ont pas fait l'objet de prélèvement bien que responsables des nuisances par déposition.
- Période de mesure : la seconde étude de caractérisation chimique des particules et d'identification des sources a été menée sur une durée d'un mois. Cette durée pourrait être allongée pour améliorer la représentativité des mesures et prendre en compte la variabilité temporelle des émissions ;

- Nombre de sites de mesure : les deux études précédentes ont été réalisées sur un site. Multiplier le nombre de sites de mesure sur l'ensemble de l'agglomération permettrait d'améliorer les connaissances sur les variabilités spatiales et la recherche de sources.
- Identification des sources d'émissions : après l'étude des sources de contribution de l'empoussièrement en particules fines, il s'agirait d'étudier les contributions des particules sédimentables. Cela permettrait peut-être d'identifier certaines sources non identifiées au sein des PM10.

L'ensemble de ces éléments ont été pris en compte dans le cadre du protocole proposé dans cette étude et détaillé dans le chapitre suivant.

V. Matériels et méthodes - campagnes de mesure 2017

Ce chapitre est réservé à la présentation du protocole et des moyens déployés dans le cadre de cette étude. Les éléments suivants sont notamment présentés successivement :

- Les paramètres mesurés et les valeurs repères ;
- Le protocole de mesure ;
- Les sites de mesure ;
- Les techniques de mesure ;
- La période de mesure.

V.1. Les paramètres mesurés, méthodes d'interprétation et valeurs repères

V.1.1 Les particules en suspension (PM10)

Les particules fines PM10 (diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 µm) ont été mesurées dans le cadre de cette étude. Cette fraction des particules fines dispose de valeurs limites dans l'air ambiant.

Ainsi les niveaux seront comparés dans cette étude aux valeurs réglementaires définies dans le code de l'environnement (article R221-3 – transposition de la directive 2008/50/CE) reprises ci-après.

Tableau 2 : Valeurs de référence réglementaires pour les PM10 [article R 221-3 Code de l'environnement]

Composés	Valeurs limites	Objectifs qualité	Seuil de recommandations et d'informations	Seuil d'alerte
PM10 ^[2]	50 µg/m ³ en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de trente-cinq fois par année civile 40 µg/m ³ en moyenne annuelle civile	30 µg/m ³ en moyenne annuelle civile	50 µg/m ³ en moyenne journalière	80 µg/m ³ en moyenne journalière

Les résultats seront également comparés aux mesures d'autres stations du réseau de surveillance breton (de typologie urbaine de fond²) à savoir :

- St Briec Balzac ;
- Brest Macé ;
- Lorient Bissonnet.

L'agglomération rennaise n'a pas été retenue car elle ne disposait pas de mesure en situation urbaine de fond lors de la réalisation de cette campagne.

Par ailleurs, une implantation littorale a été privilégiée afin de prendre en compte l'influence de la source marine.

V.1.2 Les poussières sédimentables

Les poussières sédimentables ont également été mesurées et prélevées pour analyse dans le cadre de cette étude.

A l'origine possible de nuisance par dépôt, nous avons choisi de les mesurer dans l'air ambiant. La difficulté réside dans le fait qu'il n'existe pas à ce jour, de référence réglementaire pour ces dépôts.

² Typologie urbaine de fond : implantation en zone urbaine dont les mesures sont représentatives de l'exposition de la population à la pollution de fond, c'est-à-dire non influencée par les sources à proximité (trafic particulièrement)

Nous présentons dans ce chapitre des valeurs repères qui nous permettront d'appréhender les niveaux mesurés dans le cadre de cette étude. Avant cela, il s'agit de comprendre le contexte et les techniques utilisées pour ces mesures.

Les particules sédimentables sont particulièrement mesurées dans le cadre des suivis de l'impact environnemental des carrières, pour lesquelles les niveaux dits d'empoussièrtements sont contrôlés autour des installations. C'est le suivi de la partie 'dépôt sec' des retombées totales qui est préconisé pour cette activité.

Par ailleurs, d'autres installations comme les usines de traitement de déchets font l'objet d'un suivi des dépôts totaux du fait notamment qu'ils peuvent véhiculer des polluants nocifs par ingestion qui peuvent s'accumuler dans les milieux (les dioxines notamment).

En raison d'une absence de valeur réglementaire, nous pouvons nous référer aux résultats d'autres campagnes de suivis réalisées. Différentes méthodes de mesure des retombées existent dont nous présentons ci-après les grands principes avant de déterminer par la suite les valeurs repères pour cette étude.

Deux méthodes normalisées existent et permettent de mesurer sur une durée de l'ordre d'un mois, les retombées de poussières. Elles sont présentées succinctement ci-après.

- Les plaquettes d'empoussièrtement :

Il s'agit d'une méthode normalisée (NFX43 007- décembre 2008) qui permet de collecter les dépôts secs. Les applications sont nombreuses (surveillance des carrières, des aciéries, métallurgie, stockage de pondéreux, ...). La durée d'exposition est généralement de l'ordre d'1 mois. A la fin de la durée d'exposition, les poussières accumulées sur la plaquette sont quantifiées et le résultat est exprimé, par convention, en retombées moyennes par jour (en mg/m²/jour).

- Les collecteurs de précipitations (les jauges Owen) :

Cette méthode fait l'objet d'un cadrage méthodologique par la norme NFX43-014 récemment mise à jour (novembre 2017). Elle permet le suivi des retombées totales (soit dépôts secs et dépôts humides). Elle présente également des applications nombreuses. La durée d'exposition est généralement de l'ordre d'1 mois. Au même titre que pour les plaquettes, les résultats sont exprimés en retombées moyennes par jour (en mg/m²/jour).

Ces différentes méthodes normalisées permettent de collecter les dépôts (secs et/ou humides) sur des périodes d'un mois.

Bien que non normalisée, la technique de mesure que nous avons choisi pour cette étude (détaillée dans le chapitre V.4) permet de suivre en continu les dépôts secs (à un pas de temps horaire) et donc de permettre de relier les résultats aux nuisances. Toutefois, nous ne disposons pas de valeurs repères pour une période d'échantillonnage inférieure au mois, du fait que les suivis les plus couramment mis en œuvre sont sur une période d'un mois.

Les données horaires et journalières de mesure des dépôts secs seront interprétées pour chacun des sites en étudiant leur variation temporelle sur la durée de la campagne.

Par convention, les résultats seront toujours exprimés en mg/m²/jr bien que calculés sur un pas de temps parfois différent (horaire ou mensuel).

Les données calculées sur un pas de temps mensuel pourront être comparés à d'autres résultats de suivis.

Toutefois, du fait de la diversité des particules et de leurs propriétés physiques différentes (taille, densité, aspect, couleur), ce comparatif des résultats avec d'autres suivis devra être réalisé avec prudence. De même la comparaison des niveaux mesurés entre les sites est délicate car ils ne sont pas sous les mêmes influences.

Ces valeurs repères ne pourront pas être utilisées pour définir un seuil de nuisance car elles sont dépendantes des propriétés des particules en fonction de leurs origines.

Le tableau ci-après recense les résultats d'autres suivis à titre indicatif.

Nous privilégions pour ces références, des suivis réalisés par la méthode des plaquettes qui permettent la collecte des dépôts secs (méthodes proche de la technique retenue dans cette étude) puisque les jauges Owen comprennent en supplément la collecte des dépôts humides.

Tableau 3 : Valeurs repères pour les particules sédimentables collectées sur une période d'un mois
(Résultats exprimés en mg/m²/jr)

Sources	Valeurs repères	Commentaires
Norme NFX 43 007 (décembre 2008)	Niveau faible 10 à 20 mg/m ² /jr	Concentrations minima habituellement rencontrées
Etudes Occitanie (Air Languedoc)	Niveau de fond 54 mg/m ² /jr	Empoussièremment de fond déterminé sur la période 2000-2014 à partir du réseau de suivi permanent (70 sites en suivi permanent)
	Niveau faible <150 mg/m ² /jr	Echelle d'interprétation utilisée Air Languedoc dans le cadre de l'interprétation des suivis des retombées Niveau faible basé sur des prélèvements en garigue et niveau moyen en milieu urbain
	Niveau moyen 150-250 mg/m ² /jr	
	Niveau fort >250 mg/m ² /jr	

Le réseau de surveillance régionale Occitanie (ex Air Languedoc) dispose d'un réseau de surveillance permanent sur 70 sites industriels d'activités variées (carrières, sablières, centres de stockage, industries).

L'échelle d'interprétation a été construite sur la base des données collectées.

D'autres valeurs de référence sont reprises dans les publications comme la norme allemande TA LUFT de 350 mg/m²/jr. Elle correspond à la limite acceptable pour la moyenne de 4 points formant un carré de 1 km de côté. Nous avons fait le choix de ne pas s'y référer dans le cadre de cette étude puisque celle-ci a été déterminée sur la base des résultats de mesures effectuées dans une région fortement industrialisée en Allemagne ce qui expliquerait sa différence significative au regard des valeurs repères ci-dessus. Elle est également très ancienne.

Ainsi dans le cadre de notre campagne, nous privilégions la comparaison des résultats par site.

A titre indicatif pour les cumuls mensuels, nous les comparerons aux valeurs repères du tableau précédent avec toutes les réserves présentées dans ce chapitre.

V.1.3 Dioxyde de soufre et Hydrogène sulfuré

En complément des mesures de particules, objet principal de cette étude, des mesures en dioxyde de soufre et hydrogène sulfuré ont été réalisées.

Les rejets de **dioxyde de soufre** (SO₂) sont dus en grande majorité à l'utilisation de combustibles fossiles soufrés (charbon, lignite, coke de pétrole, fioul lourd, fioul domestique, gazole, etc.).

A l'échelle du département, 86 % des émissions de SO₂ sont liées au secteur de l'industrie. Pour la ville de St Malo, cette répartition est différente puisque 55% des émissions sont liées au transport (dont seulement 2% pour le trafic routier), 21% au résidentiel/tertiaire, 17% à l'industriel et 7% à l'agriculture. [Inventaire des émissions Air Breizh 2014 v2]

Il s'agit d'un composé réglementé dans l'air ambiant. Du fait du contexte peu industrialisé de la région Bretagne, ce paramètre ne fait plus l'objet de mesure en continu. Il est surveillé via d'autres méthodes comme la modélisation ou l'inventaire.

Sur la base de ces éléments, l'agglomération a souhaité réaliser des mesures de dioxyde de soufre pour vérifier la conformité des niveaux au regard des seuils réglementaires disponibles. En cas de respect, d'autres outils comme la modélisation pourraient être utilisés par la suite.

Tableau 4 : Valeurs réglementaires pour le dioxyde de soufre dans l'air ambiant [article R221-3 Code de l'Environnement]

Composés	Valeurs limites	Objectifs qualité	Seuil de recommandations et d'informations	Seuil d'alerte
Dioxyde de soufre	<p>En moyenne journalière : 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an.</p> <p>En moyenne horaire : 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an.</p>	<p>En moyenne annuelle : 50 µg/m³</p>	<p>En moyenne horaire : 300 µg/m³</p>	<p>En moyenne horaire sur 3 heures consécutives : 500 µg/m³</p>

Le seuil olfactif du soufre est très élevé (environ 1400 µg/m³ selon l'INERIS).

Le **sulfure d'hydrogène** est un gaz incolore, plus lourd que l'air, d'odeur fétide caractéristique d'œufs pourris. Ce gaz est un sous-produit naturel de la décomposition organique. Il peut également être émis par certains procédés industriels.

Une mesure d'hydrogène sulfuré a été demandée en raison des nuisances olfactives ressenties par la population malouine. Conscient que ce dernier n'est pas le seul composé à l'origine possible d'odeur, les mesures permettront au moins d'écarter ou non sa contribution. D'autres mesures complémentaires pourraient être réalisées par la suite.

L'hydrogène sulfuré n'est pas réglementé dans l'air ambiant. On dispose toutefois de valeurs de référence qui peuvent permettre d'appréhender les gênes ou impacts sanitaires en fonction des niveaux rencontrés. Le tableau suivant présente les valeurs disponibles pour l'hydrogène sulfuré en différenciant trois types de valeurs :

- La valeur guide sanitaire ;
- Le niveau de gêne olfactive ;
- Le seuil de perception.

Tableau 5: valeurs repères pour l'Hydrogène sulfuré

Valeurs de référence pour le H₂S		source
Impact sanitaire	150 µg/m ³ sur 24 heures	OMS (2000)
Gêne olfactive	7 µg/m ³ sur une demi-heure	OMS (2000)
Seuil de perception	0.6 µg/m ³ 7.1 µg/m ³ 30 µg/m ³	Nagata et al (1990) ³ Leonardo et al (1969) INERIS

Au vu de ces valeurs notamment pour le seuil de perception, on constate que les seuils sont très différents selon les données disponibles. Le seuil le plus bas (Nagata) fait pourtant figure de méthode de référence dans la détermination des seuils olfactifs par dilution.

³ Nagata Y, Takeuchi N., *Measurement of odor threshold by triangle odor bag method*, Bull Japan Environ Sanitation center 17, 7789, 1990
Leonardos G., Kendall D., Barnard N. *Odor threshold determinations of 53 odorant chemicals*. J. Air Pollut. 19 (2), 91-95, 1969
INERIS fiche DRC 08 94398 - 10646 A -

Rappelons ici que pour l'espèce humaine, les seuils olfactifs peuvent varier d'un ou deux ordres de grandeurs entre deux personnes.

Ces valeurs seront utilisées pour l'interprétation des niveaux mesurés.

V.2. Protocole de l'étude

En préalable de la présentation du protocole, le schéma suivant permet d'illustrer les transferts possibles des polluants des points d'émissions aux récepteurs (population), ainsi que les voies d'expositions concernées et permet ainsi de mieux comprendre les mesures réalisées dans cette étude.

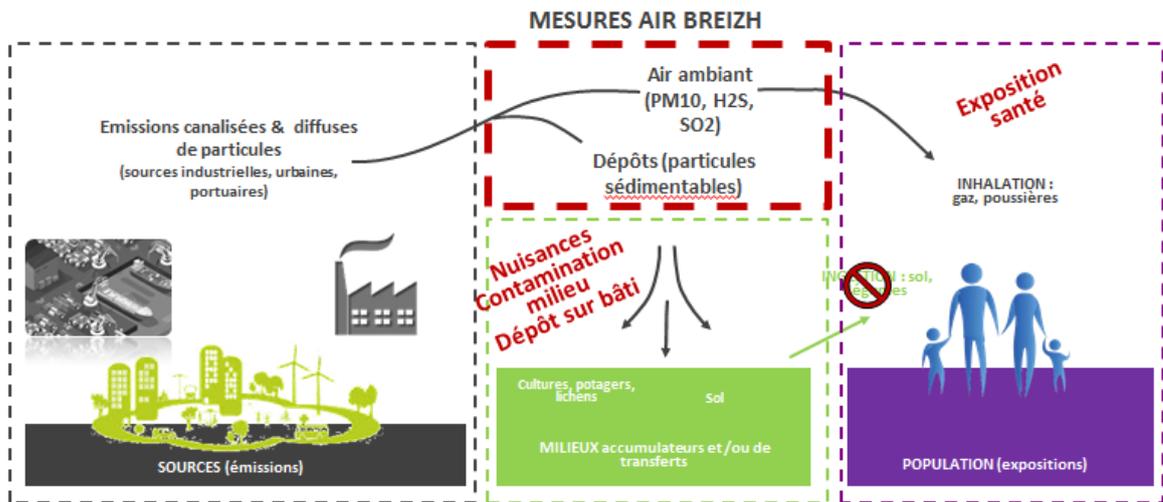


Figure 13 : Schéma conceptuel des transferts des polluants atmosphériques

Sur la base de la problématique, des études précédentes et des paramètres ciblés, le protocole de l'étude a été construit comme suit suivant deux approches complémentaires :

➤ **Une approche « sanitaire » par vérification du respect des seuils réglementaires disponibles**

Cette approche est basée sur la quantification de composés dans l'air ambiant afin d'évaluer leur niveau au regard des seuils réglementaires disponibles.

Les particules fines (PM10) ont été mesurées dans l'air ambiant, du fait de leur impact sur la santé et de leur pouvoir pénétrant dans l'arbre pulmonaire, ainsi que le dioxyde de soufre.

Ajoutons que parmi les quatre polluants réglementés⁴, le dioxyde d'azote et l'ozone font déjà l'objet de mesure à Saint Malo depuis 2002 au niveau de la station Courtoisville. De nouvelles mesures pour ces deux composés ont également été réalisées lors de cette même campagne pour valider le déplacement des appareils dans une nouvelle station qui sera créée en 2018 à St Malo. Ces résultats pour ces deux paramètres ne sont pas repris dans le présent rapport. Ils sont présentés dans un rapport spécifique relatif à l'installation de la nouvelle station.

➤ **Une approche « nuisance »**

Cette seconde approche est plutôt basée sur la recherche des sources à l'origine des nuisances ressenties par la population malouine à savoir essentiellement les dépôts secs de particules grossières.

Pour ce faire nous proposons la mesure en continu des particules sédimentables. Par ailleurs, afin de déterminer l'origine de ces dépôts, des observations à la loupe des échantillons collectés puis,

⁴ Selon article R221-1 du Code de l'Environnement

des analyses qualitatives pour une partie d'entre eux, seront réalisées par Microscopie Electronique à Balayage.

En outre, le dispositif utilisé pour le suivi en continu des dépôts secs permet également de collecter, par temps de pluie, les dépôts humides. Une analyse chimique de ces dépôts sera réalisée.

En complément, des mesures en continu d'hydrogène sulfuré ont été réalisées en un point du fait des odeurs possibles en sa présence.

Le schéma ci-après synthétise les milieux investigués, les moyens mis en œuvre et les méthodes de traitement des données.

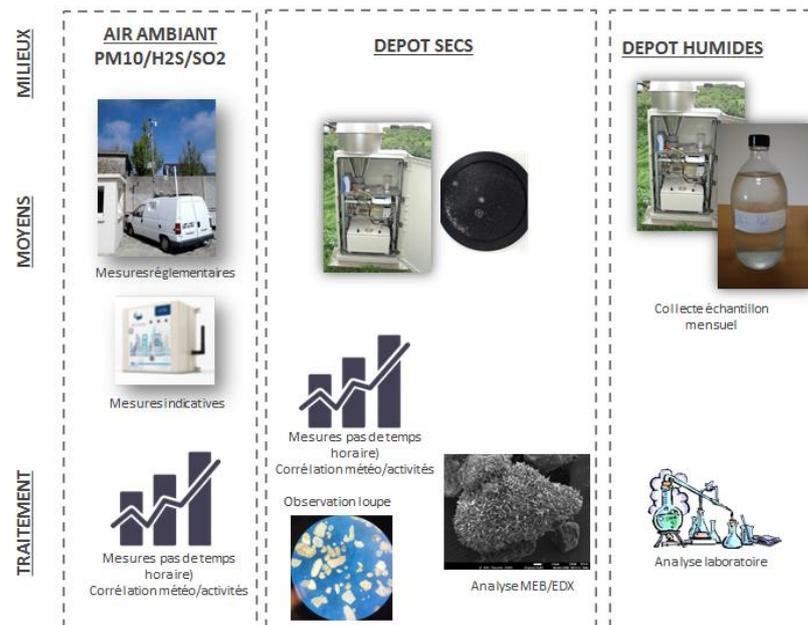


Figure 14 : Protocole de l'étude

Ainsi trois milieux seront investigués : l'air ambiant et les dépôts atmosphériques sous leurs formes sèches et humides (eaux de pluie).

Les chapitres suivants présentent successivement le dispositif utilisé pour ces mesures, les points de mesure et leurs caractéristiques ainsi que les périodes de campagne retenues.

V.3. Les sites de mesure

Pour étudier au mieux les niveaux de particules et ainsi répondre à la problématique posée, six sites de mesure répartis sur la zone d'étude, ont été choisis.

Plusieurs critères ont contribué à la détermination de l'implantation des sites de prélèvement tels que : la direction des vents dominants, la localisation des zones potentiellement émettrices de particules comme la zone industrielle et le port, les zones résidentielles, l'accessibilité et la sécurité, le niveau topographique, etc.

Ainsi nous avons choisi de disposer **trois points de prélèvements sur des zones urbanisées, dits 'urbain de fond'**⁵, afin d'appréhender les niveaux de fond pour les polluants mesurés sur la zone d'étude. L'emplacement de ces points répond à des critères stricts imposés au niveau national pour les stations de surveillance de la qualité de l'air, dont l'un d'entre eux concerne notamment un éloignement suffisant des sources d'émissions afin de caractériser les niveaux moyens auxquels la population est exposé.

⁵ Selon le guide d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA 2017)

Les trois points ont été répartis sur la ville de St Malo afin de couvrir au mieux la zone d'étude. Pour le choix de ces sites, nous avons également privilégié les zones les plus 'basses' (niveau topographique le plus faible) à St Malo, qui pourraient présenter les niveaux les plus élevés du fait d'une moins bonne dispersion des polluants atmosphériques.

Par ailleurs, nous avons souhaité mettre en place **trois autres points au niveau de zones supposées sous influence de sources de particules proches**. D'après l'inventaire des émissions présenté précédemment, deux secteurs majoritaires pour les particules ont été identifiés à savoir le transport et l'industrie. Notre connaissance de la zone d'étude nous a donc conduit à mettre en place des points au niveau de la zone portuaire et des installations industrielles voisines, ainsi que dans la zone industrielle Sud regroupant plusieurs types d'industries émettrices.

Trois partenaires ont accepté de mettre en place des dispositifs de mesure sur leur site :

- La Chambre de Commerce et d'Industrie pour la zone portuaire,
- Timac Agro pour les usines du Quai Intérieur et de la zone industrielle Sud ;
- Phosphea pour le bâtiment Hochelaga de l'usine Quai Intérieur et l'usine de la zone industrielle Sud.

Nous avons bien conscience que ces partenaires ne sont pas les seuls émetteurs de particules sur la zone d'étude. Par conséquent, notre étude ne se limite pas à l'impact de leurs activités mais bien à l'identification de l'ensemble des sources possibles notamment pour la partie particules sédimentables.

Les six points de mesure sont rappelés ci-après avec une brève description de leurs environnements respectifs :

- Découverte :

Il s'agit d'un site urbain de fond se trouvant dans le quartier de la Découverte, entre la zone industrielle et le port. Son environnement proche est principalement composé d'habitat collectif. Le point de prélèvement se trouve dans la cour de l'école de la Découverte, à une distance suffisante des voies de circulation très fréquentées pour que les mesures ne soient pas influencées exclusivement par leurs émissions. Les interprétations des niveaux de particules et de leurs origines sur ce point seront particulièrement intéressantes pour appréhender l'impact de l'ensemble des activités exercées au niveau de la zone industrielle voisine (à 500 mètres environ). La contribution des émissions liées au trafic routier sur l'avenue du Général De Gaulle, constituant l'une des principales voies d'accès au centre-ville de Saint Malo, devra également être prise en compte.

- Rocabey :

Il s'agit également d'un site urbain de fond qui avait déjà fait l'objet de mesures PM10 lors des études précédentes réalisées par Air Breizh. Il se trouve dans la partie Nord de la zone d'étude, à environ 500 mètres de la zone portuaire. Les mesures sur ce point sont donc susceptibles d'être influencées par d'éventuelles émissions au niveau de la zone portuaire par vents de Sud-Ouest, qui sont les vents majoritaires. Implanté au sein du cimetière du même nom, ce site dispose d'un environnement proche composé d'habitats pavillonnaires. A noter que ce point présente la particularité de se trouver à proximité du littoral (400 mètres). Les apports en particules de sources marines (embruns, sables) pourraient donc être plus importants sur ce point.

- Legatelois :

Ce site urbain de fond se trouve dans le quartier Paramé dont le niveau topographique est légèrement plus élevé que celui du reste de la ville. Il constitue le point le plus éloigné des zones suspectées pour les émissions à savoir le port (2500 m) et la zone industrielle (1800 m). Implanté dans la cour d'une école, le site présente un environnement proche composé d'un habitat de type pavillonnaire.

- ZI (zone industrielle) :

Une implantation au niveau de la zone industrielle Sud a été recherchée. Le site retenu se trouve en partie Nord-Ouest de la zone industrielle soit sous les vents de la zone industrielle par vents de

Sud-Est, conditions exposant également une majeure partie de la ville de Saint Malo aux émissions de la zone industrielle.

Le matériel a été implanté sur le site des usines exploitées par Timac Agro et Phosphea. L'environnement proche est composé d'une voie de circulation sur le site industriel, ainsi que des bâtiments accueillant l'activité des deux exploitants.

Les habitations les plus proches se trouvent à environ 250 mètres de ce point de mesure, de l'autre côté de l'avenue du Général De Gaulle.

- QI (Quai intérieur) :

Nous avons recherché pour ce point une situation sous influence proche de source de particules en provenance des unités industrielles proches du port, ainsi que de la zone portuaire. En complément d'un autre point (ci-après) situé plus au cœur de la zone portuaire.

Le point de mesure a été implanté sur l'emprise du site accueillant l'usine Quai Intérieur et le bâtiment Hochelaga, exploités respectivement par Timac Agro et Phosphea. Il se trouve à une distance de quelques dizaines de mètres des installations du site industriel et entre 500 et 900 mètres des zones de (dé)chargements du port.

Les premières habitations se trouvent à plus de 230 mètres de ce point de mesure.

- Port :

Une implantation sous influence proche de source de particules a été recherchée pour la zone portuaire. La difficulté pour cette zone résulte dans le fait qu'il existe de multiples sources d'émissions possibles dont la localisation est répartie sur une superficie importante. Nous avons fait le choix d'implanter le point de prélèvement à proximité du bassin Jacques Cartier, entre les zones déchargements et les premières habitations limitrophes situées à environ 200 mètres à l'Est. L'environnement proche de ce point est composé du chantier naval à proximité immédiate, de hangar accueillant des activités variées exercées en intérieur et d'habitations de type pavillonnaire. Il est sous influence des activités exercées au niveau du port par vents de secteur Sud-Ouest à Nord.

Parmi les 3 points de mesure considérés comme sous influence de sources proches, il constitue le point le plus éloigné des sources potentielles : 300 et 400 mètres des zones de (dé)chargement et à 200 mètres des premières habitations. Il présente donc une situation qui s'apparente à celle d'un site urbain de fond sans respecter de manière exhaustive l'ensemble des critères. Ce point devra être pris en compte lors de l'interprétation des résultats.

Les six points de mesure sont localisés sur la figure suivante :



Figure 15: Localisation des points de mesure

Les références des sites de mesure sont reprises ci-après.

Tableau 6 : Coordonnées GPS en DMS des 6 points de mesure [système WGS84]

Sites de mesures	Adresse / Zone plateforme	Latitude	Longitude
Découverte	Ecole publique de la Découverte 1 rue le gentil 35400 Saint-Malo	48°38'17.46"N	1°59'44.82"O
Rocabey	Cimetière Rocabey Avenue de Moka 35400 Saint-Malo	48°39'11.04"N	2° 0'9.66"O
Legatelois	Ecole Primaire Publique Legatelois 11 Rue Charles le Goffic, 35400 Saint-Malo	48°39'30.54"N	1°58'48.18"O
QI	Usine Timac Agro du Quai Intérieur (QI) et bâtiment Hochelaga exploité par Phosphea 27 avenue Franklin Roosevelt 35400 Saint-Malo	48°38'31.80"N	2° 0'44.22"O
ZI	Usines Timac Agro / Phosphea de la Zone Industrielle (ZI) 2 rue du clos du Noyer 35400 Saint-Malo	48°38'33.84"N	1°59'15.78"O
Port	Port de Saint Malo	48°38'47.58"N	2° 0'46.74"O

Tableau 7: Présentation et localisation des sites de mesure

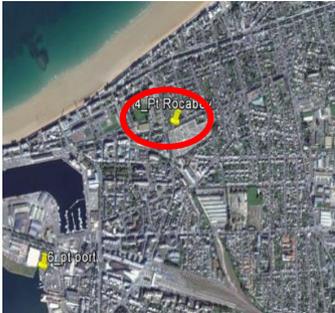
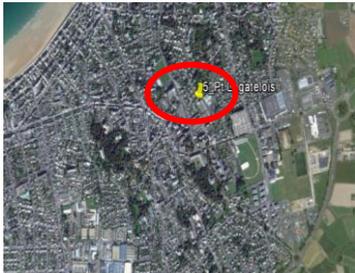
Sites	Localisation		
<p>Découverte</p> <p>Ecole primaire publique la Découverte</p> <p>Site Urbain de fond</p>			
<p>Rocabey</p> <p>Cimetière Rocabey</p> <p>Site Urbain de fond</p>			
<p>Legateois</p> <p>Ecole Publique Legateois</p> <p>Site Urbain de fond</p>			
<p>QI</p> <p>Usine du Quai Intérieur Timac Agro et Bâtiment Hochelaga Phospha</p> <p>Site sous influence proche</p>			
<p>ZI</p> <p>Usines exploitées par Timac Agro et Phospha au niveau de la Zone Industrielle (ZI)</p> <p>Site sous influence proche</p>			

Tableau 8 : Présentation et localisation des sites de mesure (suite)

Sites	Localisation	
Port	Port de Saint-Malo Site sous influence proche	 

V.1. Les techniques de mesure et d'analyse

Ce chapitre est réservé à la présentation des techniques de mesure retenues dans le cadre de cette étude.

V.1.1 Particules fines PM10 et des particules sédimentables

Les différents appareils employés pour la mesure des particules fines PM10 et des poussières sédimentables sont cités dans le tableau ci-après :

Tableau 9: Liste des appareils de mesure utilisés sur chacun des sites

Paramètres étudiés	Type de mesure	Appareils utilisés					
		Site QI	Site ZI	Site Port	Site Découverte	Site Legatelois	Site Rocabey
Poussières sédimentables	Mesure Automatique & Prélèvement journalier	Analyseur de déposition ADA MASS					
Particules fines PM ₁₀	Mesure automatique	Capteur e-PM (mesure non homologuée)				BAM1020 (mesure réglementaire)	

Pour la mesure et le prélèvement des particules sédimentables sur les six sites, **des analyseurs de déposition atmosphérique** ont été utilisés.

Développés exclusivement par la société française ALOATEC, ces appareils collectent les poussières en suivant le principe de la norme NF X43-007, c'est-à-dire par sédimentation naturelle sans aspiration de l'air ambiant. La section d'entrée est située à environ 1.70 mètre de hauteur et est constituée d'un cône lisse. En bas de celui-ci se trouve une chambre de sédimentation étuvée, les dépôts sont collectés sur une lame en plastique (coupelle) pendant 24 heures avant qu'une nouvelle soit mise en place automatiquement pour la journée suivante et ainsi de suite.

Un détecteur de pluie présent en dessous de l'appareil permet de retirer automatiquement l'échantillon lorsqu'une goutte de pluie est détectée. L'appareil change alors de mode de fonctionnement et collecte l'eau dans un mode de déposition humide.

Les données mesurées sont exprimées en mg/m²/j à un pas de temps horaire.

L'intérêt de cet appareil, par opposition à une jauge OWEN, est qu'une fois les mesures effectuées, ces dernières peuvent être croisées avec les données météorologiques relevées pour ainsi déterminer la provenance des particules sédimentables selon la direction du vent.

Pour les mesures **des particules de type PM10**, c'est-à-dire les particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 micromètres, la méthode de référence (norme EN12341) ne permet pas de répondre totalement aux exigences réglementaires, car elle est basée sur une méthode par prélèvement journalier suivi d'une analyse différée en laboratoire. Cette méthode ne permet donc pas d'informer les services de l'Etat en temps réel suite à un dépassement.

D'autres appareils ont été développés et validés par le LCSQA⁶. Ils sont basés sur la mesure en continu des PM10 et intègrent la quantification de la fraction volatile. Il s'agit notamment des jauges radiométriques BAM. C'est ce dispositif qui a été utilisé pour la mesure des particules PM10 dans cette étude. Ces jauges radiométriques sont également utilisées sur d'autres sites dans le dispositif de surveillance d'Air Breizh.

Pour l'ensemble de ces appareils, les données brutes sont des données quart-horaires.

Les caractéristiques de l'analyseur utilisé lors de cette étude sont les suivantes :

Tableau 10: Caractéristiques principales de l'analyseur de particules utilisé (réglementaire)

Modèle	BAM 1020
Gamme de mesure	0 - 1000 mg/m ³
Limite de détection	0.1 µg/m ³

Des **capteurs e-PM** ont été utilisés sur les cinq autres points mais aussi sur celui doté d'un appareil réglementaire (BAM 1020) pour doubler la mesure et être dans la capacité de corriger les données.

Les mesures effectuées par ce type de capteur sont dites 'indicatives' car ce dispositif ne fait pas partie de la liste des appareils approuvés type pour la mesure des PM10.

Le principe de mesure est le suivant : les particules présentes dans l'air ambiant sont aspirées à travers l'appareil par un flux forcé, elles passent ensuite devant un laser généré par une LED infrarouge. Les particules sont focalisées sur une photodiode et le signal de sortie est retranscrit sous forme de pourcentage de temps d'occupation des particules dans le capteur. A noter que les particules ayant un diamètre aérodynamique inférieur à 1 µm ne peuvent pas être détectées, **les mesures sont faites uniquement pour les particules de taille comprise entre 1 et 10 µm.**

Le tableau ci-dessous rappelle les caractéristiques générales des capteurs e-PM non homologués pour la surveillance réglementaire des PM10 :

Tableau 11 : Caractéristiques générales des capteurs e-PM (non homologués)

Paramètres	PM10
Gamme de mesure	0-200 µg/m ³
Limite de détection (taille)	1 µm
Limite de détection (concentration)	2 µg/m ³
Aérosol de calibration	Sable d'Arizona A1

V.1.2 Mesure du dioxyde de soufre (SO₂) et de l'hydrogène sulfuré (H₂S)

L'hydrogène sulfuré et le dioxyde de soufre ont été mesurés en continu à l'aide d'un analyseur installé dans une cabine. Les données brutes sont des données quart-horaires. Ces mesures ont été réalisées avec des dispositifs conformes aux normes en vigueur

Cette unité est dotée d'une station d'acquisition reliée au serveur d'Air Breizh par connexion GSM, permettant de suivre régulièrement l'évolution des mesures.

⁶ Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Les caractéristiques de cet analyseur permettant d'assurer la mesure du dioxyde de soufre et de l'hydrogène sulfuré sont les suivantes :

Tableau 12 : Caractéristiques principales de l'analyseur H₂S/SO₂

	SO ₂	H ₂ S
Modèle	APSA 370	APSA 370
Gamme de mesure	0-3000 µg/m ³	0-1500 µg/m ³
Limite de détection	1,4 µg/m ³	0,8 µg/m ³

V.1.3 Principe de l'analyse qualitative : MEB-EDX et loupe binoculaire

De manière à préciser l'origine des particules sédimentables collectées, des observations à la loupe binoculaire suivies d'analyses au microscope électronique à Balayage (MEB) ont été réalisées.

Le fonctionnement d'un MEB consiste à faire correspondre, en parfaite synchronisation, le déplacement d'un faisceau d'électrons **sur un échantillon** et le déplacement d'un faisceau d'électrons **sur un écran cathodique**. La totalité de l'image est constituée donc par le balayage complet de la zone observée.

Tout d'abord, l'échantillon collecté sur un plot est placé dans une chambre sous vide se trouvant en bas de l'appareil, selon la nature des échantillons à analyser des techniques de préparations diverses sont réalisées avant l'observation. Souvent, les plots subissent une étape de **métallisation** pour annuler les effets de charges qui perturberaient l'observation.

Le MEB possède trois types de détecteurs :

- Un détecteur d'électrons secondaires qui sont créés par le passage d'un électron incident près d'un atome ;
- Un détecteur d'électrons rétrodiffusés générés par la collision entre un électron incident et un atome de l'échantillon ;
- Et un détecteur de rayons X provoqués par la différence d'énergie due au remplissage d'électrons d'une couche externe vers ceux de la couche interne qui ont été éjectés.

Chacune de ces trois détections possèdent un rôle primordial dans l'observation au MEB. Les électrons secondaires de faible énergie (<50 eV) sont attirés et comme ceux-ci sont émis à très faible profondeur leur émission est sensible aux variations de surface. Ils permettent ainsi d'avoir des informations sur la topographie de la surface de l'échantillon.

Quant aux électrons rétrodiffusés qui sont diffusés dans une direction proche de celle du faisceau incident, dans le cas d'une surface plane et qui ont pratiquement la même énergie que celle des électrons incidents ($E \approx E_0$) leur émission dépend du numéro atomique de l'échantillon. Les informations obtenues grâce à ces électrons sont qualitatives et concernent les variations de la **composition chimique** de la surface des échantillons. Enfin, les rayons X permettent d'obtenir après analyse en dispersion d'énergie ou **EDS/EDX** (Energy Dispersive Spectroscopy) des informations sur la **nature chimique** de l'échantillon.

Cette analyse chimique permet donc de donner **une composition chimique** précise de l'échantillon analysé, en plus des informations sur la **caractérisation morphologique**.

Cependant, une étape d'observation des échantillons à **la loupe binoculaire**, effectuée par Air Breizh est nécessaire avant cette analyse MEB/EDX. En effet bien que celle-ci ne soit pas autant poussée techniquement que l'analyse MEB, elle permet de faire une première caractérisation basée sur la morphologie et la couleur des retombées atmosphériques. Elle permet ainsi d'orienter l'analyse MEB.

V.2. Les périodes de mesure

Deux campagnes de mesure ont été réalisées à des saisons différentes pour intégrer les différences de niveaux de concentrations en fonction des conditions climatiques et tenir compte de la variabilité des sources d'émissions. Le planning des deux campagnes est présenté ci-après.

La première a eu lieu du 19 avril au 26 juin 2017 (soit 10 semaines) et la seconde du 4 octobre au 29 novembre 2017 (8 semaines).

Pour faciliter la présentation des données par la suite, les semaines de mesures ont été numérotées comme suit du mercredi au mercredi :

- Campagne 1 : C1.1 à C1.10
- Campagne 2 : C2.1 à C2.8

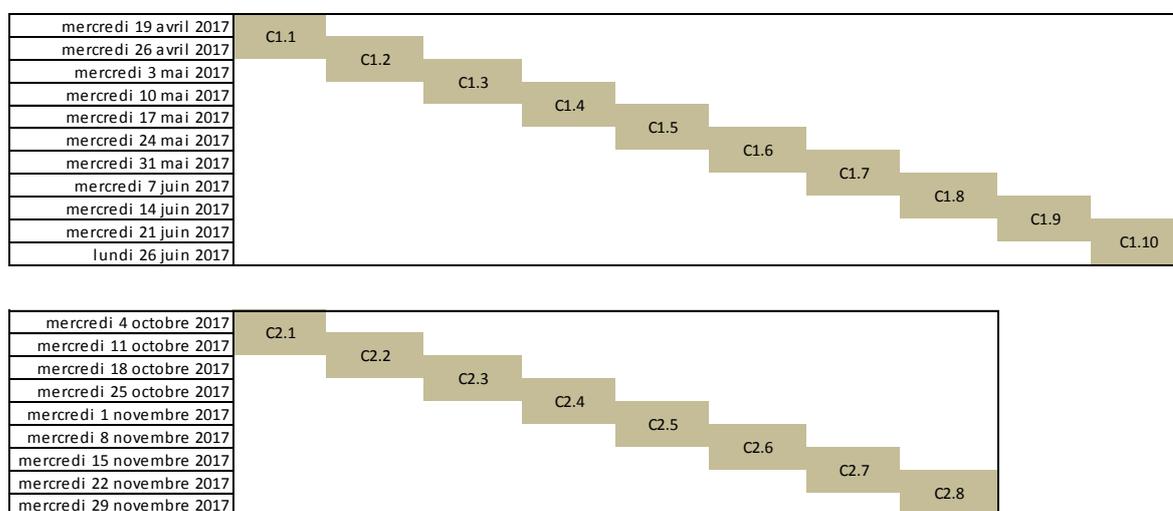


Figure 16 : Périodes de mesure en 2017

VI. Résultats et interprétations

Le présent chapitre est réservé à l'interprétation des données issues des prélèvements et mesures.

En préalable, une vérification de la représentativité des données est réalisée, suivie d'une analyse des conditions météorologiques durant les campagnes et des conditions d'activités exercées à proximité des sites dits sous influence proche.

VI.1. Représentativité des prélèvements et mesures

De manière à s'assurer d'une représentativité jugée correcte des prélèvements durant chaque série de mesure, une analyse des taux de couverture temporelle est présentée ci-après.

Notons que dans le cadre du suivi réglementaire, les Directives européennes (2004/107/CE et 2008/50/CE) préconisent une couverture temporelle de 85% de la période pour assurer une bonne représentativité.

Tableau 13: Couverture temporelle par campagne

Taux de couverture temporelles des mesures		Paramètres	Campagne 1	Campagne 2
Mesures PM10 (non homologuées) C1 : du 21/04 au 13/06/17 C2 : du 04/10 au 29/11/17	Découverte	PM10	99%	55%
	Legatelois	PM10	99%	85%
	QI	PM10	98%	81%
	ZI	PM10	96%	76%
	Port	PM10	70%	82%
Mesures laboratoire mobile (mesure réglementaire) C1 : du 21/04 au 13/06/17 C2 : du 04/10 au 29/11/17	Rocabey	PM10	98%	97%
		H2S	98%	99%
		SO2	98%	99%
		NO2	98%	99%
		O3	93%	99%
Mesures sédimentables ADA-MASS C1 : du 19/04 au 26/06/17 C2 : du 04/10 au 29/11/17	Découverte	Poussières sédimentables	100%	87%
	Rocabey		93%	99%
	Legatelois		99%	99%
	QI		99%	99%
	ZI		95%	91%
	Port		85%	97%

Durant les deux campagnes, les mesures en continu des poussières sédimentables présentent des taux de couverture supérieurs ou égal à 85% des périodes ce qui est très satisfaisant du point de vue de la représentativité des données.

Pour la mesure des particules fines PM10 à l'aide des analyseurs non homologués, les taux de couverture de la première campagne sont également satisfaisants excepté pour le capteur du port qui présente un taux de fonctionnement de 70%. Un dysfonctionnement de ce dernier est à l'origine de ce résultat.

Pour la campagne 2, les taux de couverture sont au voisinage du minimum requis excepté pour le point découverte (55%) du fait d'un problème technique sur l'appareil à partir du 8/11/17 et jusqu'en fin de campagne.

Les différentes mesures conformes aux exigences réglementaires qui ont été effectuées par le laboratoire mobile au niveau du site Rocabey présentent des taux de fonctionnement largement supérieurs à la couverture temporelle préconisée par les directives citées ci-dessus.

Les représentativités des mesures sur les campagnes 1 et 2 sont jugées globalement correctes excepté toutefois les deux mesures des points Port (en campagne 1) et Découverte (en campagne 2) qui ne couvrent pas l'ensemble de la période. Pour ces points, les interprétations seront réalisées sur les périodes couvertes par les mesures.

VI.1. Contexte météorologique

La concentration des polluants mesurés dans l'atmosphère dépend essentiellement de deux facteurs, les émissions et les conditions météorologiques.

Pour une campagne de mesures de la qualité de l'air ambiant, il est donc important d'étudier les conditions météorologiques au cours des périodes instrumentées.

Afin de mieux interpréter les résultats, différents paramètres météorologiques ont fait l'objet d'un suivi pendant les deux campagnes. Ils sont issus de la station météo France la plus proche de la zone d'étude, qui se trouve à Dinard.

Ces données sont détaillées dans les chapitres suivants.

VI.1.1 La pluviométrie et la température

La température est un paramètre influent sur les teneurs en polluants atmosphériques. Un important écart thermique entre la nuit et le jour, associé à des températures froides, favorise les phénomènes d'inversion thermique qui contribuent à l'accumulation des polluants au niveau du sol (phénomène couramment rencontré au printemps).

Quant aux précipitations, elles sont favorables à un lessivage de l'atmosphère, permettant une diminution des concentrations.

a) Comparaison aux normales saisonnières

Le graphique ci-après présente le cumul des précipitations mensuelles et les températures moyennes mensuelles durant les mois de mesures en comparaison aux normales sur la même station Météo France à savoir celle de Dinard.

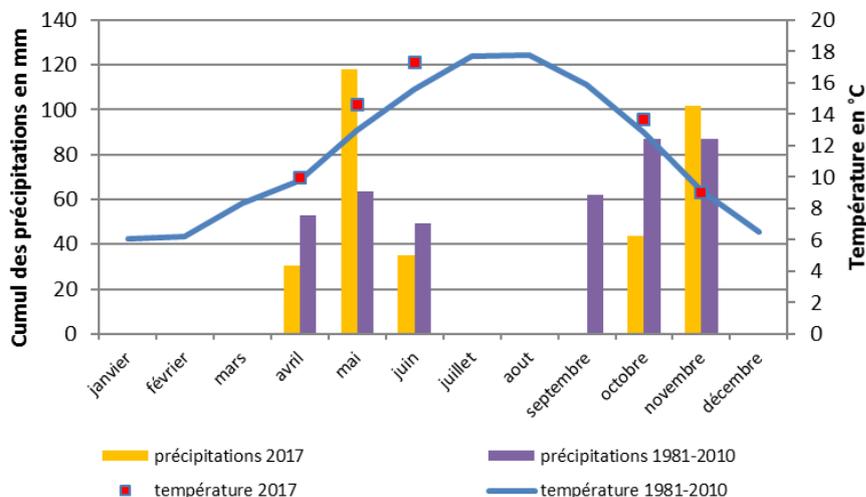


Figure 17: Température et précipitations durant les campagnes de mesures [Station Météo France de Dinard (35)]

Les températures moyennes relevées sur les deux périodes sont relativement proches des normales bien que les températures des mois de mai et de juin soient légèrement supérieures aux normales saisonnières (14,6°C en 2017 contre une normale de 13°C pour le mois de mai et 17,3°C en 2017 contre une normale de 15.6°C pour le mois de juin).

En ce qui concerne les précipitations, pour le mois de mai elles ont été beaucoup plus abondantes que les normales de Météo France avec un cumul de 118 mm contre 64 mm pour les normales soit près du double.

De même, nous remarquons également une légère abondance des précipitations au mois de novembre par rapport aux normales saisonnières.

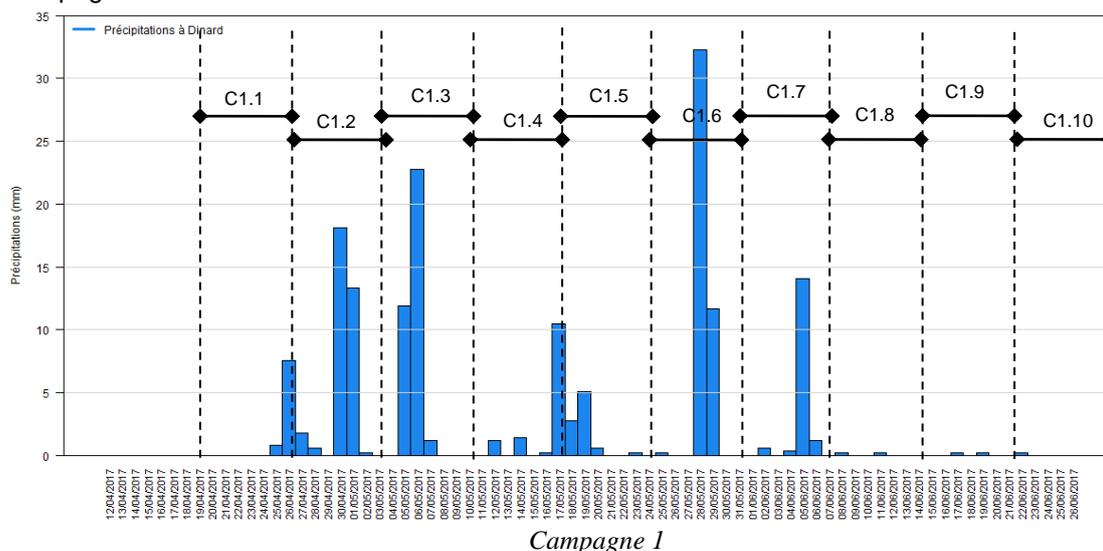
En revanche, les précipitations mesurées pour les autres mois compris dans les deux périodes de mesures (avril, juin et octobre) sont légèrement inférieures aux normales de Météo France sur le même site.

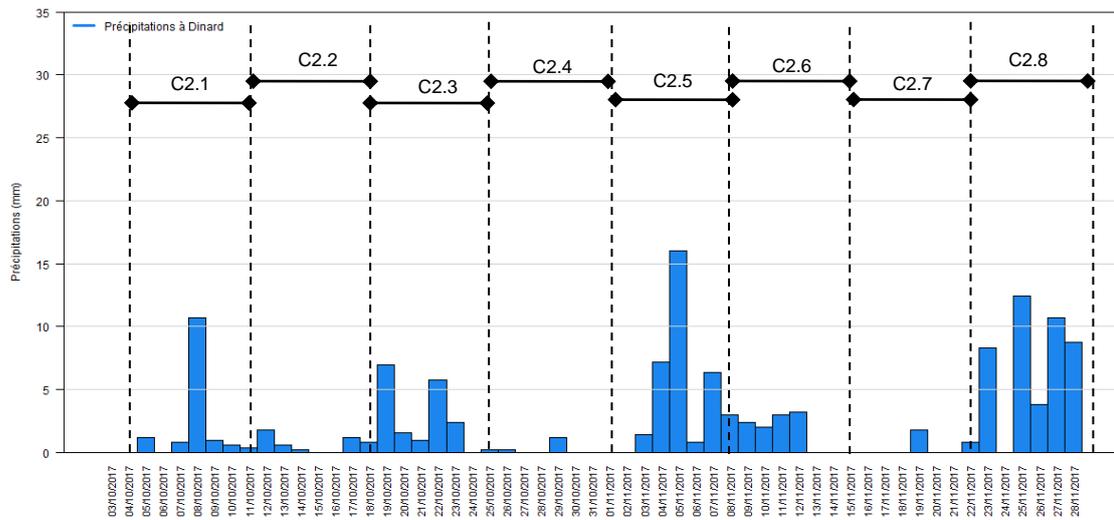
Cette analyse des données de précipitation et de température met en évidence des conditions météorologiques globalement représentatives des normales, excepté pour les précipitations du mois de mai qui ont été beaucoup plus abondantes durant cette année 2017.

En complément une analyse détaillée des précipitations journalières est présentée ci-après.

b) Cumuls journaliers des précipitations

Les graphiques suivants présentent l'évolution des cumuls journaliers des précipitations durant les campagnes.





Campagne 2

Figure 18 : Evolution des cumuls journaliers des précipitations sur la période de mesure en 2017 [données Météo France Dinard]

Durant la campagne 1 (cumul de 162 mm sur 75 jours), seules 8 journées ont présenté des précipitations journalières supérieures à 10 mm (cumul jugé significatif) avec une journée à 32.3 mm (le 28/05).

Durant la campagne 2, les précipitations ont été plus régulières mais moins abondantes (cumul de 133 mm sur 56 jours). Seules 4 journées ont présenté des cumuls journaliers supérieurs à 10 mm. La dernière semaine (C2.8) a été très pluvieuse.

La présentation sous forme de cumul hebdomadaire permet de regrouper les semaines en fonction des précipitations en vue notamment des interprétations des données de mesures de poussières (le cumul de la semaine C1.10 n'est pas présenté car les mesures n'ont pas été réalisées sur une semaine entière).

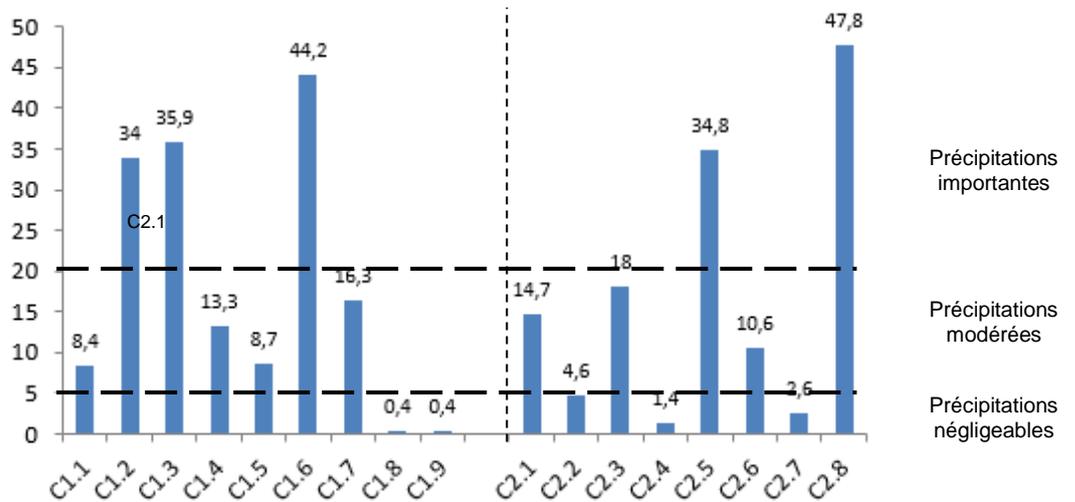


Figure 19 : Cumul hebdomadaire des précipitations durant les deux campagnes [données MF Dinard]

Au total sur les deux campagnes, 6 semaines ont présenté des cumuls de précipitations négligeables (<5 mm) favorables aux envols de particules.

Par opposition, 5 autres semaines ont présenté des cumuls jugés importants (> 20 mm). Ces précipitations pourraient expliquer des concentrations en poussières plus faibles durant ces semaines.

VI.1.2 Direction et vitesse du vent durant les mesures

Les conditions de direction et de vitesse du vent pendant une période sont souvent représentées par des roses des vents. Celle-ci permet de visualiser sur une période donnée :

- le pourcentage de vent pour chaque direction : ainsi plus la pâle est de grande taille plus les vents venant de cette direction ont été nombreux pendant la période,
- les vitesses des vents venant de chaque direction et leur occurrence : la couleur de chaque pâle indique la classe de vitesse et sa grandeur, le pourcentage de vent avec cette vitesse.

Ainsi par exemple, plus une pâle sera grande, plus les vents en provenance de cette direction seront fréquents (direction majoritaire) et au sein de cette pâle, plus les couleurs bleues seront foncées (ou orange pour la figure 21), plus les vents seront forts.

Les roses des vents de la station Météo France de Dinard (35) réalisées sur les deux périodes de mesures sont comparées ci-après à celles relevées entre 1986 et 2010 (dites normales des roses des vents).

➤ Campagne C1 (du 19/04 au 26/06/17)

La rose des vents réalisée à partir des données horaires de la station météo France de Dinard présente des vents majoritairement en provenance du Nord-Ouest à Nord-Est (soit du littoral) et du Sud-Ouest (des terres).

Bien que minoritaire, on note toutefois la présence de quelques vents d'Est à Nord-Est.

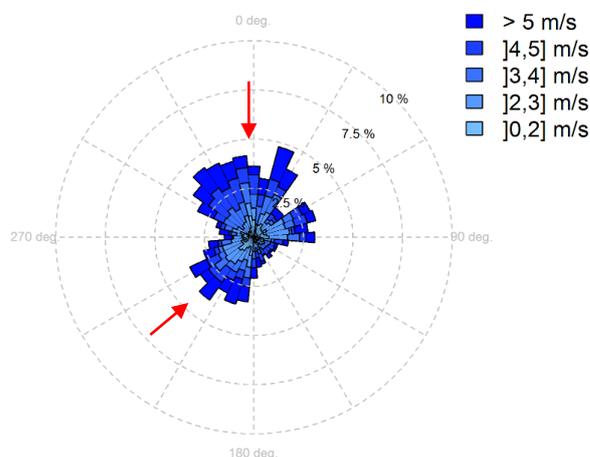


Figure 20 (ci-contre) : Rose des vents durant la campagne 1 d'après les mesures de la station météo France de Dinard

Cette rose des vents est comparée ci-après aux roses des vents normales des mois de avril et mai.

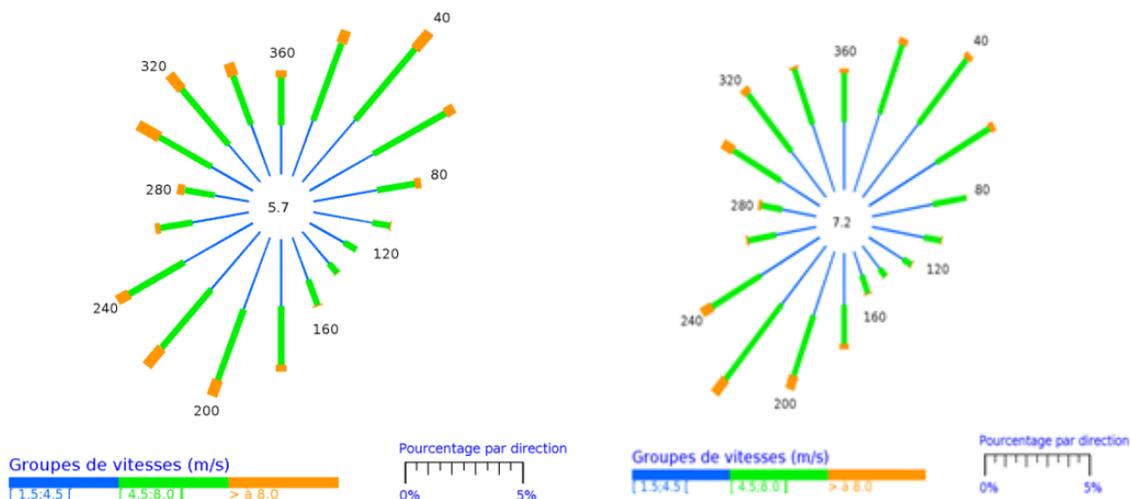


Figure 21: Normales des roses des vents relevées à Dinard pour un mois d'avril et de mai entre 1981 et 2010 (Source : Météo France)

Nous remarquons que les normales des roses des vents ci-dessus présentent également des vents majoritaires en provenance du Sud-Ouest mais aussi des vents de Nord-Ouest à Nord-Est.

Les conditions de vent durant la campagne 1 sont donc représentatives des conditions normales.

➤ **Campagne C2 (du 04/10 au 29/11/17)**

De même la rose des vents issue des mesures sur la deuxième campagne de mesures est présentée ci-contre.

La rose des vents de la campagne 2 révèle des régimes de vents quasi exclusivement issus du Sud-Ouest.

Ces conditions sont conformes aux normales comme présenté sur les figures suivantes

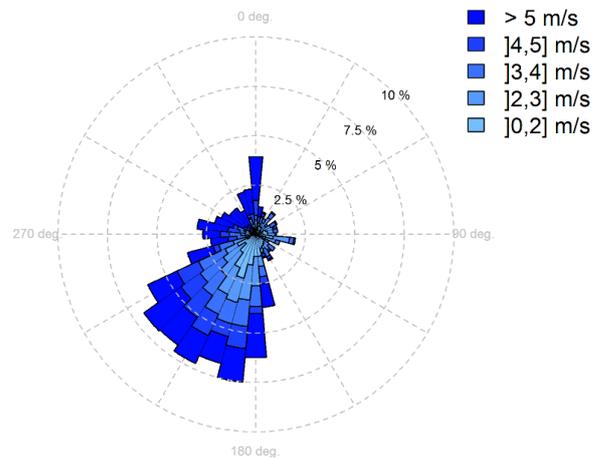


Figure 22 : Rose des vents durant la campagne 2 d'après les mesures de la station météo France de Dinard

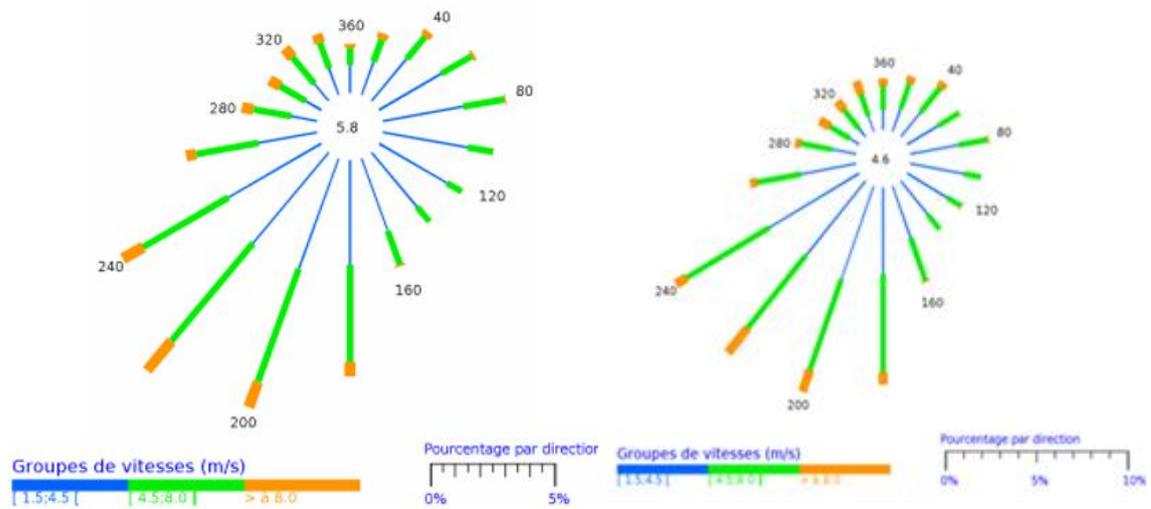


Figure 23: Normales des roses des vents relevées à Dinard pour un mois d'octobre et de novembre entre 1981 et 2010 (Source : Météo France)

Sur les normales de Météo France, les vents majoritaires sont également des vents issus du Sud-Ouest.

En synthèse de cette analyse des roses des vents, on constate que les conditions de vents durant les deux campagnes ont été significativement différentes mais toutefois conformes aux données normales sur ces mêmes périodes.

Ainsi la campagne 1 a été marquée par des vents issus principalement du Nord-Ouest à Nord-Est (littoral) et du Sud-Ouest (des terres).

La campagne 2 a quant à elle été dominée par des vents de Sud-Ouest en provenance des terres.

VI.2. Sources de particules durant les campagnes : description, représentativité des activités

La durée des deux campagnes a été portée respectivement à 11 semaines au printemps et 8 semaines l'hiver. Afin d'être en mesure d'interpréter les résultats de manière plus fine et notamment de corréliser des niveaux ou nature de particules à des activités, nous avons demandé aux trois partenaires associés à ce projet, de recenser les activités exercées qui pourraient être à l'origine d'envols significatifs de poussières. Toutefois, il est à noter que ces derniers ne sont pas les seuls concernés, de par la présence d'autres contributeurs potentiels sur les zones de l'étude.

Pour chacun des trois partenaires ayant participé au projet, il s'agit notamment des opérations suivantes :

- pour Saint Malo Agglomération : des opérations de travaux, des incendies, etc. ;
- pour les usines Timac Agro et Phosphea : des chargements/déchargements de matériaux, etc.
- pour le port : ses opérations de chargement/déchargement de matériaux.

Les données d'activités communiquées par les partenaires sont présentées dans les chapitres suivants.

En complément, voici une liste non exhaustive d'autres sources potentielles de particules dont nous avons connaissance sur la zone d'étude pour lesquelles il est plus complexe d'obtenir des données concernant la variabilité de leurs émissions :

- la remise en suspension dans l'air des particules déposées au sol sous l'action du vent, de la circulation sur les voies urbaines et sur les sites industriels (port, zone de stockage etc.);
- les émissions du trafic maritime⁷ ;
- les différents travaux non pilotés par l'agglomération ;
- les incendies ou feux de brûlage non déclarés pendant la campagne ;
- les embruns marins ;
- les particules importées lors d'épisodes de pollution généralisée.

VI.2.1 Recensement des activités potentiellement sources ponctuelles de particules sur l'agglomération de Saint-Malo pendant la campagne

a) Les travaux réalisés par les services techniques de la ville de St Malo

Saint-Malo nous a transmis le planning des différents travaux réalisés par la ville de St Malo qui se sont déroulés sur les deux périodes de mesure. Voici les typologies de travaux, considérés comme à l'origine possible d'émissions de particules, qui ont été retenus :

- Travaux de voirie,
- Travaux de mise en place de réseau : gaz, électricité, eau potable, assainissement,
- Travaux d'effacement de réseau (électricité, téléphone)

Après recensement de ces travaux, nous avons estimé les distances entre ces derniers et les sites de mesure et avons retenu une distance maximale de 300 mètres pour sélectionner les travaux qui auraient pu contribuer à une incidence ponctuelle sur les niveaux mesurés en particules sur chacun des points.

En première approche, le graphique ci-après présente le cumul des travaux réalisés par semaine durant les campagnes 1 et 2.

⁷ Réduire les émissions du transport maritime : les politiques publiques et leurs impacts sur les stratégies de compagnies maritimes de lignes régulières. *Thèse de doctorat de l'université de Paris-Est – mai 2015*

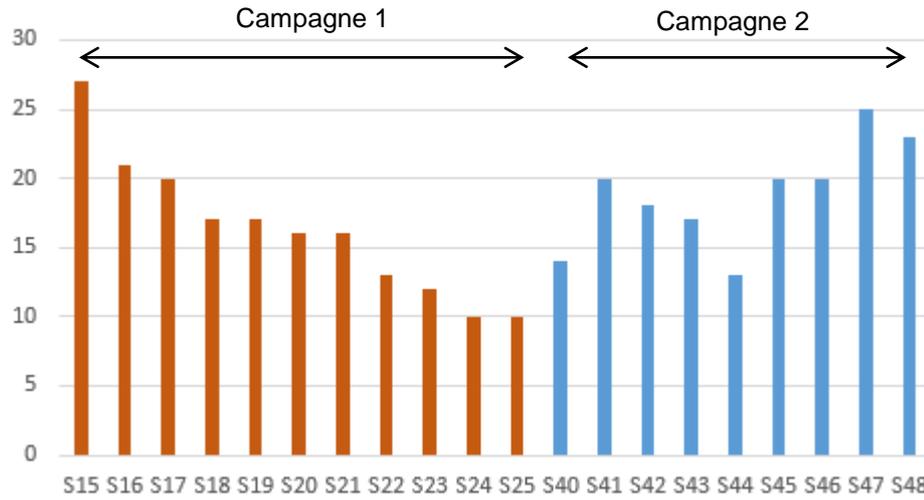


Figure 24 : Cumul hebdomadaires du nombre de travaux réalisés dans l'agglomération

La répartition du nombre de travaux suivant les semaines est assez variable. Notons une diminution des travaux avant l'été soit des semaines 22 à 25 de la campagne printanière. Ces données ne tiennent pas compte des durées respectives des travaux sur la semaine qui peuvent être parfois différentes.

Les tableaux ci-après présentent les travaux recensés.

Tableau 14 : Recensement des travaux exercés sur l'agglomération durant la campagne 1
[données St Malo Agglomération]

Secteurs	Nature travaux	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	Distance point de mesure le plus proche
A1	Impasse des forts	effacement de réseaux	X	X	X								> 1km
A2	Giratoire des Talards	voirie	X										350 m (pt Port)
A3	Rue du Four à Tabac	effacement de réseaux	X										400 m (pt QI) & 450 m (pt Port)
A4	Rue Anita Conti	Eclairage public	X										550 m (pt Port), 750 m (pt QI) et 800m (pt Rocabey)
A5	Giratoire Grève des Chasles/4 pavillons	voirie	X	X	X	X	X	X					300 m (pt QI)
		Eclairage public	X										
A6	Giratoire des Français libre/st Ideuc	gaz	X	X	X	X	X	X	X	X			1 km (pt Legateois)
A7	Rue Toullier	voirie	X	X									> 1km
A8	Avenue John Kenedy	gaz	X	X									> 1km
A9	Avenue Louis Martin	electricité	X										250 m (pt Port)
A10	Rue du Haut Puits	Voirie	X	X									> 1km
A11	Avenue Jean Jaurès	electricité	X	X	X	X	X	X	X	X	X		430 m (pt Port) & 800 m (pt QI)
A12	Rue des 6 frères Ruellan	voirie	X										250 m (pt Legateois)
A13	Rue Guy Louvel	voirie	X	X									> 1km
A14	Rue du 47 ème régiment d'infanterie	voirie (place PMR)	X										50 m (pt Rocabey)
A15	Bd gambetta	voirie	X										670 m (pt Rocabey)
A16	Place Rocabey	voirie	X	X	X	X	X	X	X	X	X		370 m (pt Rocabey)
A17	Avenue de la Teisserie/bd St Michel des sablons	Assainissement	X	X	X	X							> 1km
A18	Avenue Kruger (de Guernier à Lainé)	gaz			X	X	X	X	X				470 m (pt Rocabey)
		Assainissement	X	X	X								
		eau potable			X	X	X						
		effacement de réseaux	X	X	X	X	X	X	X				
A19	Rue chanoine Lainé	Assainissement	X	X	X								470 m (pt Rocabey)
		eau potable		X	X	X	X						
		effacement de réseaux						X	X	X	X		
A20	Carrefour Umbricht/chateaubriand/Pasteur	Assainissement			X	X	X						600 m (pt Rocabey)
		eau potable			X	X	X						
A21	Bd Chateaubriand	effacement de réseaux	X	X									> 1 km
		Eclairage public	X										
		voirie	X	X	X	X	X	X					
A22	Rue Savéant	voirie						X	X				600 m (pt Rocabey)
A23	Rue Chabrier	effacement de réseaux		X	X	X	X						600 m (pt Rocabey)
		voirie								X	X		
A24	Rue Pierre Certain	Assainissement	X	X									> 1 km
A25	Rue Pierre Loti	Assainissement			X	X	X	X	X				> 1km
		voirie								X	X	X	
A26	Rue Dixmude/rue Jules Haize	Assainissement							X	X	X	X	> 1 km
A27	Parking de la Galère	voirie		X									890 m (pt Port)
A28	Rempart bastion st louis	voirie					X	X	X				820 m (pt Port)
A29	Croisement Salengro/Cottage	voirie										X	700 m (pt ZI), 880 m (pt Rocabey et 950 m (pt Découverte),
A30	Voie du Tribunal	voirie				X	X	X	X				
A31	Rue de l'Arabie	voirie					X	X	X				100 m (pt Découverte)
		Eclairage public							X				
A32	Stade marville	voirie									X	X	350 m (pt QI) et 700 m (pt Port)
A33	Avenue Aristide Briand	electricité									X	X	550 m (pt Rocabey)
A34	Rue de la Mare Litré	voirie								X	X	X	600 m (pt ZI)
A35	Parking du Manoir Jacques Cartier	voirie			X	X	X	X					> 1 km
		Eclairage public					X	X					
A36	Avenue Kruger (de Guernier à Villers et de Lainé à Gambetta)	gaz							X	X	X	X	350 m (pt Rocabey)
		Assainissement						X	X	X	X	X	
		eau potable						X	X	X	X	X	
A37	Rue du Commandant l'Herminier	effacement de réseaux	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	> 1 km

Tableau 15 : Recensement des travaux exercés sur l'agglomération durant la campagne 2
[données St Malo Agglomération]

Secteurs		Nature travaux	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	Distance point de mesure le plus proche
B1	Rue du commandant l'Herminier	effacement réseaux		X	X	X						> 1 km
		Voirie	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Eclairage public		X	X							
		Assainissement	X									
		eau potable	X									
		Electricité	X									
B2	Giratoire Burgot/capitain	effacement réseaux	X	X	X	X						320 m (pt ZI)
B3	Giratoire Greve de Chasles/4 pavillons	voirie	X	X	X	X	X	X	X	X		300 m (pt QI)
B4	Stade Francis Lemarié	Voirie	X	X								>1km
B5	Square Curie	Assainissement			X	X	X	X				400 m (pt Rocabey)
B6	Avenue du Clos Cadot	Assainissement	X	X	X	X	X	X	X	X	X	280 m (pt Rocabey)
		eau potable	X	X	X	X				X	X	
B7	Bd de l'Aurore, rue du Héron	Assainissement	X	X	X	X	X	X	X	X	X	850 m (pt Découverte)
		eau potable			X	X	X	X	X			
		Voirie								X	X	
B8	Cimetière de Paramé	Voirie		X	X	X						660 m (pt ZI)
B9	Rue du haut Puits	Voirie		X								1 km (pt Découverte)
B10	Allée Vincent Van Gogh	Voirie	X	X								>1km
B11	Allées d'Aurigny, du Buron, de l'île de Serq	eau potable	X	X	X	X	X	X	X	X	X	> 1 km
B12	Avenue du général de gaulle et giratoire des anciens combattants	Eclairage public	X	X								> 1km
B13	Parking Manoir Jaques Cartier	voirie									X	> 1 km
B14	Allée des Ehbien, de l'île Harbour, de l'île Agot, rue de Cézembre	eau potable	X	X	X	X	X	X	X	X	X	950 m (pt Legatelois)
B15	Bd des talards	Eclairage public		X								330 m (pt Port & pt QI)
		voirie		X								
B16	Giratoire des Français libre - St Ideuc	gaz		X	X	X						1 km (pt Legatelois)
B17	rue du Clot Poucet (bassin)	Assainissement		X	X				X	X		> 1km
B18	Rue st Benoit (intra)	eau potable		X	X	X	X					> 1km
		Eclairage public						X	X	X	X	
B19	Avenue Jean Jaurès et Avenue Aristide Briand	Enedis			X	X	X	X	X	X	X	400 m (pt Port)
B20	Rue de la Tesserie, avenue de la Varde, rue de la Bigne, rue du Goeland	Assainissement			X	X	X	X	X	X	X	> 1km
		eau potable							X	X	X	
B21	Bourg de St Ideuc	eau potable			X	X	X	X				600 m (pt Legatelois)
B22	Quai Duguay Trouin	Voirie				X						575 m (pt Port)
B23	Rue du tertre (Beaulieu)	eau potable						X				820 m (pt ZI)
		Voirie						X				
B24	Rue de la Ville Chesnaie	ilots						X		X		550 m (pt Legatelois)
		Voirie						X	X	X	X	
B25	Place des frères Lamenaïs	Eclairage public						X		X		> 1 km
		Voirie						X		X		
B26	Rue de la Gardelle	Voirie						X	X			280 m (pt Legatelois)
B27	Grande Porte et place du Poids du Roi	voirie						X	X	X	X	830 m (pt Port)
		eau potable						X	X	X	X	
B28	Avenue de Kruger (de Guernier à villers)	eau potable							X	X	X	350 m (pt Rocabey)
		Assainissement							X	X	X	
B29	Parking gare maritime	Voirie								X	X	850 m (pt Port & pt QI)
B30	Voie verte Hochelaga/grève de Chasles/Talars (projet Roullier)	Voirie									X	350 m (pt QI)
		Voirie							X	X	X	430 m (pt Legatelois)
B32	Allée du Marégraphe	eau potable							X	X		> 1 km
B33	Avenue Louis Martin SNSM	Voirie								X	X	210 m (pt Port)
B34	Giratoire Bardelière/Général de Gaulle	gaz								X	X	500 m (pt Découverte)

Durant la campagne 1, cinq travaux ont attiré notre attention du fait de leur distance inférieure à 300 mètres des sites de mesure. Ils sont repris dans le tableau de synthèse ci-après.

Tableau 16 : Synthèse des travaux exercés dans un rayon de 300 mètres autour des points de mesures (campagne 1)

Secteurs	Nature travaux	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	Distance point de mesure le plus proche
A5 Giratoire Grève des Chasles/4 pavillons	voirie	X	X	X	X	X	X						300 m (pt QI)
	Eclairage public	X											
A9 Avenue Louis Martin	electricité	X											250 m (pt Port)
A12 Rue des 6 frères Ruellan	voirie	X											250 m (pt Legatelois)
A14 Rue du 47 ^{ème} régiment d'infanterie	voirie (place PMR)	X											50 m (pt Rocabey)
A31 Rue de l'Arabie	voirie						X	X	X				100 m (pt Découverte)
	Eclairage public							X					

Trois d'entre eux se sont déroulés sur de courtes périodes, inférieures ou égales à la semaine (A9, A12 et A14). Ils ont été réalisés à proximité des sites Legatelois, Rocabey et Port à des distances approximatives des points de mesure respectivement de 250 m, 50 m et 250 m.

Au contraire, les travaux de voirie réalisés au niveau du giratoire de la Grève de Chasles ont duré plusieurs semaines. Cette zone de travaux se trouve à 300 mètres environ du point de mesure QI.

Enfin, les mesures du point Découverte ont pu être affectées par les travaux de voirie exercés au niveau de la rue de l'Arabie située à une centaine de mètres environ.

Durant la campagne 2, six travaux ont été recensés dans un périmètre de 300 mètres autour d'un des points de mesure.

Tableau 17 : Synthèse des travaux exercés dans un rayon de 300 mètres autour des points de mesures (campagne 2)

Secteurs	Nature travaux	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	Distance point de mesure le plus proche
B2 Giratoire Burgot/capitain	effacement réseaux	X	X	X	X						320 m (pt ZI)
B3 Giratoire Greve de Chasles/4 pavillons	voirie	X	X	X	X	X	X	X	X		300 m (pt QI)
B6 Avenue du Clos Cadot	Assainissement	X	X	X	X	X	X	X	X	X	280 m (pt Rocabey)
	eau potable	X	X	X	X				X	X	
B15 Bd des talards	Eclairage public		X								330 m (pt Port & pt QI)
	voirie		X								
B26 Rue de la Gardelle	Voirie						X	X			280 m (pt Legatelois)
B33 Avenue Louis Martin SNSM	Voirie								X	X	210 m (pt Port)

Les travaux sur cette période sont proches en nombre de ceux de la 1^{ère} campagne mais différents au niveau de leur durée. Il s'agit effectivement de travaux exercés majoritairement sur plusieurs semaines. Les mesures des sites ZI, QI, Port, Rocabey et Legatelois ont pu être ponctuellement affectés par ces travaux.

Ajoutons toutefois que dans le cadre de nos opérations de validation de données du réseau de mesures régional, nous remarquons que des influences potentielles exercées par ces travaux se traduisent souvent par des pics ponctuels, facilement identifiables sur des sites urbains de fond comme Legatelois, Découverte ou Rocabey.

Pour les autres sites, il est effectivement plus complexe de différencier ces pics de ceux engendrés par l'activité exercé sur le site.

En synthèse de cette partie, une liste d'une dizaine de travaux a été identifiée. Ces travaux concernent majoritairement l'environnement des points QI et Port, ainsi que Rocabey qui a subi des aménagements parfois importants courant 2017.

Ces éléments seront utilisés dans le traitement des mesures de particules mais également pour expliquer la composition des échantillons à l'issue des observations microscopiques.

b) Autres sources potentielles

En outre, nous avons mené des recherches sur d'éventuelles autres sources ponctuelles d'émissions de particules durant les campagnes. Les sources d'informations consultées ont été les suivantes : presse écrite, presse audio, témoignage, arrêtés municipaux, ...

Les évènements suivants ont été recensés :

- Incendie au niveau du port des Sablons le dimanche 30 avril (déclaré à 5h30). Ce lieu se trouve à plus d'un kilomètre du point QI,
- Travaux de démolition du bâtiment des Salins du Midi – Rue du Pourquoi pas – du 16/11 au 1/12. Ce lieu se trouve à 500 mètres du point QI.

Comparativement aux travaux traités dans le chapitre précédent, nous considérons d'après notre expérience, que le rayon d'influence de ces évènements peut être supérieur à 300 mètres.

Un regard vigilant sera porté sur les résultats des points port et QI (points les plus proches) en cas de pic sur ces deux périodes.

VI.2.2 Données d'exploitation des usines Timac Agro/ Phosphea

Les données d'activités des deux sites Quai intérieur et Zone Industrielle exploités par Timac Agro et Phosphea ont été communiquées par les exploitants. Elles sont reprises dans le présent chapitre après une brève présentation de leurs localisations et activités.

Pour tenter de rapprocher les données d'activités aux évolutions des mesures de particules sédimentables, nous nous focalisons ci-après sur les activités qui pourraient être à l'origine d'envois de particules « grossières » (sédimentables).

Les sources d'émissions canalisées (telles que les chaudières et sécheurs par exemple) ne sont pas considérées ici du fait de la mise en place de système de dépoussiérage notamment.

Comme expliqué précédemment, les échanges avec l'exploitant ainsi que nos observations sur site ont permis d'identifier une liste de sources susceptibles de générer des particules. Elles sont identifiées ci-après par site industriel.

a) Localisation des sites industriels et présentation succincte des activités exercées

La figure ci-après permet de localiser les deux sites exploités par Timac Agro et Phosphea à savoir :

- Le site Quai Intérieur (QI),
- Le site Zone Industrielle (ZI),

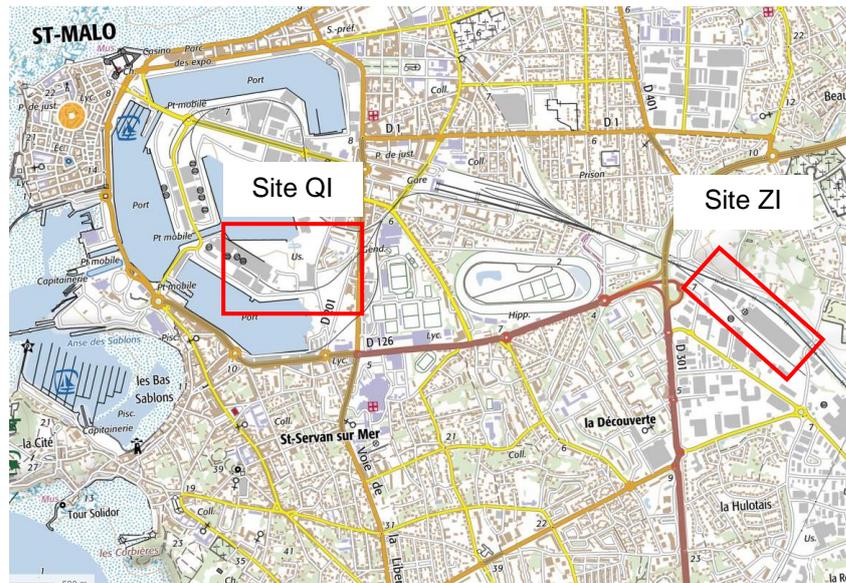


Figure 25 : Localisation des sites industriels

Les activités exercées sur ces deux sites sont présentées de manière succincte ci-après.

b) Description des activités du site Quai Intérieur (QI)

Le site Quai intérieur se trouve à proximité des installations portuaires, au Sud-Est de Saint Malo, entre les bassins Jacques Cartier et Bouvet.

Ce site comprend deux unités de production :

- L'unité de fabrication d'amendements et d'engrais (usine QI) ;
- L'unité de fabrication des pierres à lécher et micro-granulation (Pal-Mg)

Ces unités sont complétées par 4 magasins de stockage :

- Magasin Bouvet : stockage de produits finis en vrac en phase de mûrissement ;
- Magasin Charcot : stockage de produits finis sur palettes et en big-bags ;
- Magasin Hochelaga : stockage de matières premières pour la nutrition animale ;
- Magasin Vauban : stockage d'emballages vides et produits finis.

L'ensemble de ces installations est exploité par Timac Agro, excepté le magasin Hochelaga exploité par Phosphea.

L'usine du Quai Intérieur, qui fabrique des produits fertilisants solides sous forme de granulés sphériques de 2 à 5 mm de diamètre, est composée de trois ateliers principaux :

- Séchage matières premières (du calcium marin)
- Broyage matières premières (du calcium marin préalablement séché ou du phosphate naturel)
- Granulation produits finis consistant en l'agglomération de différentes matières premières en un granulé via l'adjonction d'eau et/ou de vapeur.

Les pierres à lécher sont des compléments minéraux d'alimentation à base de sel destinés aux bovins, ovins, porcins, et équidés. Les matières premières utilisées sont notamment : le calcium marin, les phosphates calciques et magnésiens, la magnésie, etc. Ces produits sont mélangés et pressés avant d'être conditionnés.

La microgranulation est une étape de production intermédiaire qui permet d'obtenir un sous-produit utilisé dans la fabrication des pierres à lécher.

Après échanges avec l'exploitant et sur la base de ces informations relatives aux conditions d'activités, des sources d'envols de particules ont été identifiées :

- Sources :
 - o Emissions diffuses liées au fonctionnement des unités de fabrication d'amendements et d'engrais (usine QI) et des pierres à lécher et micro-granulation (Pal-Mg)
 - o Envois au niveau des zones de stockage extérieures de matières premières (calcium marin)
 - o Envois liés aux opérations de chargements et de déchargements des matières premières (notamment au niveau du magasin Hochelaga)
 - o Circulation sur le site entraînant la remise en suspension des particules.
- Nature des envois (matériaux solides avec fraction pulvérulente) :
 - o magnésie,
 - o calcium marin,
 - o phosphate

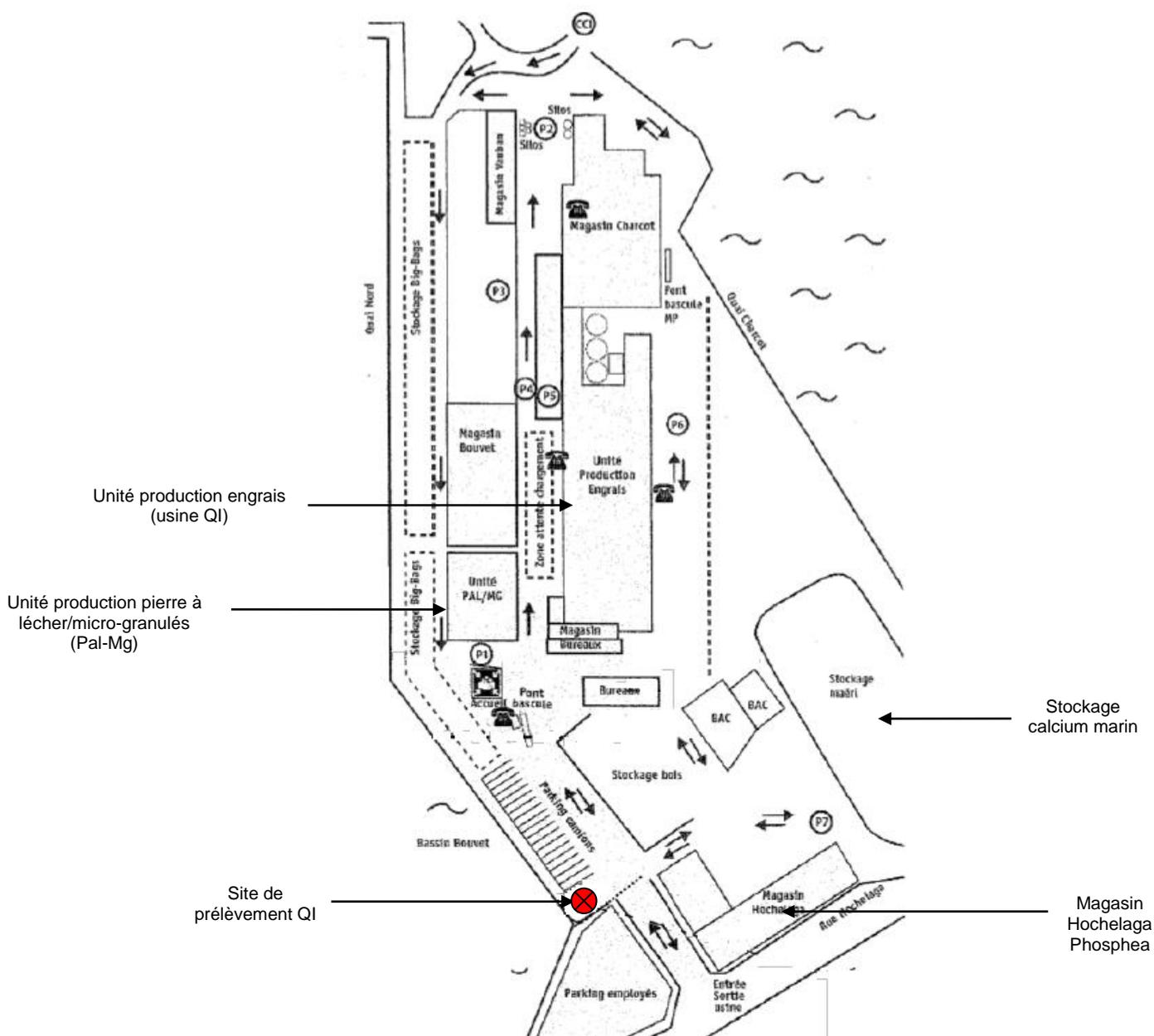


Figure 26 : Plan du site Timac Agro/Phosphea QI

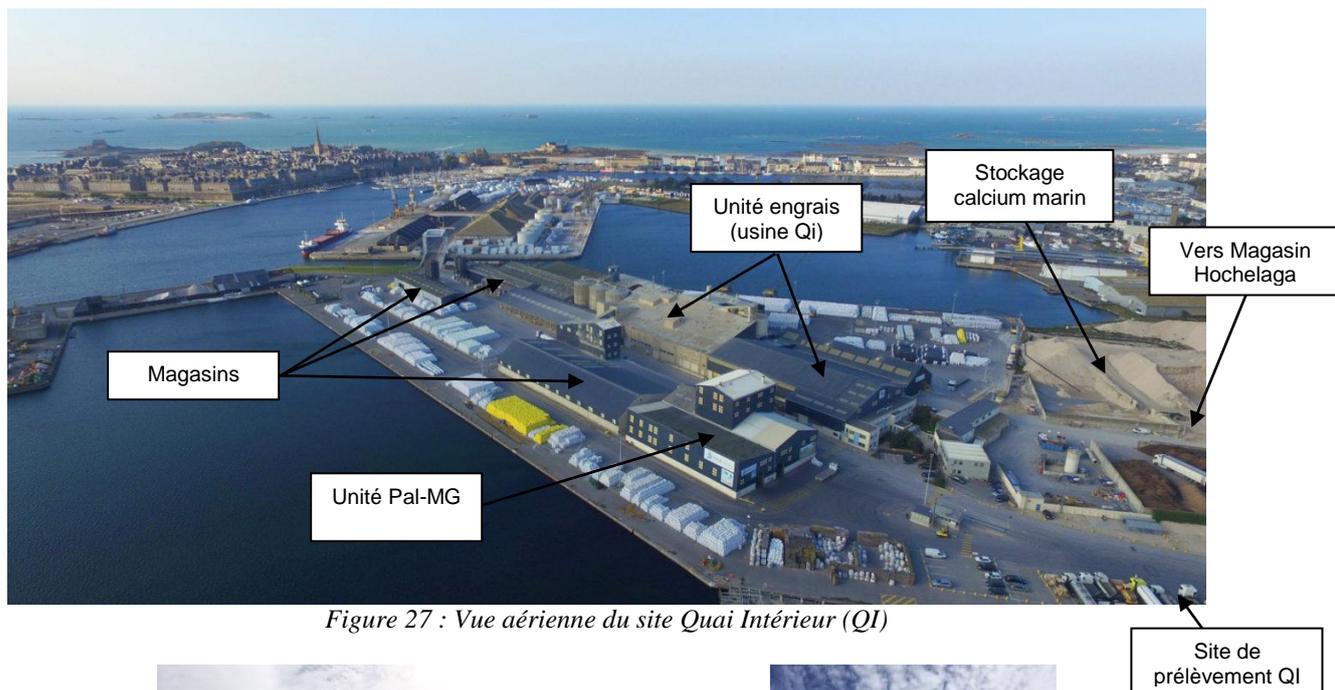


Figure 27 : Vue aérienne du site Quai Intérieur (QI)



Figure 28 : Vue en arrière-plan du magasin de stockage Hochelaga (stockage uniquement sous hangar)



Figure 29 : Vue du stockage extérieur de calcium marin

c) Description des activités du site Zone industrielle (ZI)

Le deuxième site industriel situé rue du Clos du Noyer dans la zone industrielle sud, est également exploité par Timac Agro et Phosphea.

Les différents bâtiments implantés sur ce site sont :

- L'unité de production d'engrais (Timac Agro),
- L'unité d'ensachage et de stockage de produits finis en vrac ou conditionnés (Timac Agro),
- La plateforme de stockage de produits de diversification (Timac Agro),
- L'unité de fabrication des phosphates alimentaires (Phosphea)
- Le bâtiment de stockage de produits de nutrition animale solides conditionnés en sac sur palettes (Timac Agro), en provenance de l'usine Phosphea.

Pour la production d'engrais (Timac Agro), les matières premières solides utilisées sont pour la plupart reçus en vrac sur le site et stockés dans des magasins prévus à cet effet. On peut citer notamment : le calcium marin, le phosphate naturel, la magnésie, ... Le procédé comprend deux ateliers dits « cave » et « granulation ».

Pour la partie production de phosphates alimentaires (Phosphea), les matières premières utilisées sont notamment les suivantes : chaux, carbonate de chaux, magnésie, ... Ces matériaux pulvérulents sont acheminés par camion et déchargés dans les silos par air pulsé. Ces

déchargements sont réalisés 5.5 jours par semaine (y compris le samedi matin). L'usine fonctionne en 3x8h et 7j/7.

L'unité de fabrication s'organise en trois sous-unités appelées U1/U2/U3 :

- U1 : cette unité permet de fabriquer de façon discontinue le phosphate bicalcique- DCP (sous forme de poudre blanche) à partir de chaux, carbonate de calcium et acide phosphorique ;
- U2 : cette unité permet de fabriquer des phosphates magnésien, monocalcique -MCP et bicalcique -DCP (sous forme de granulés blancs) à partir d'acide phosphorique, de chaux, de carbonate de chaux et de magnésie (MgO),
- U3 : permet de fabriquer des phosphates monobicalcique -MDCP et monocalcique - MCP, à partir d'acide phosphorique et de chaux

Cette revue des activités a permis d'identifier des sources d'envols de particules suivantes :

- Sources d'envols :
 - o Emissions diffuses liées au fonctionnement des unités de fabrication Phosphea (U1/U2/U3) et Timac Agro (usine ZI),
 - o Envols lors des opérations de chargements et déchargements des matières premières et des produits finis,
 - o Circulation sur le site entraînant la remise en suspension des particules
- Nature des émissions (matériaux solides avec fraction pulvérulente) :
 - o magnésie (ou oxyde de magnésium) brute ou broyée - MgO (matière première),
 - o calcium marin (matière première),
 - o phosphate (matière première),
 - o phosphate bicalcique – DCP (produit fini),
 - o phosphate magnésien – Mag 26 (produit fini),
 - o phosphate monocalcique – MCP (produit fini),
 - o phosphate monobicalcique - MDCP (produit fini).



Figure 30 : Vue des installations Timac Agro et Phosphea sur le site de la Zone industrielle (ZI)

d) Indicateurs de production des sites industriels

a) Site Quai Intérieur

Sur le site Quai intérieur, les taux de fonctionnement des trois unités ciblées comme étant à l'origine potentielle de source de particules sédimentables ont été estimés d'après les données communiquées par l'exploitant. Il s'agit :

- De l'unité de production d'engrais QI (poste Granulation)
- Du magasin Hochelaga
- Des déchargements fosse au niveau de l'unité Pal Mg.

Les activités exercées au niveau du magasin Hochelaga et de l'unité Pal-Mg ont été très proches lors des deux campagnes.

Pour la partie fabrication d'engrais (usine QI-Granulation), le taux de fonctionnement a été bien inférieur en campagne 1 par rapport à la campagne 2.

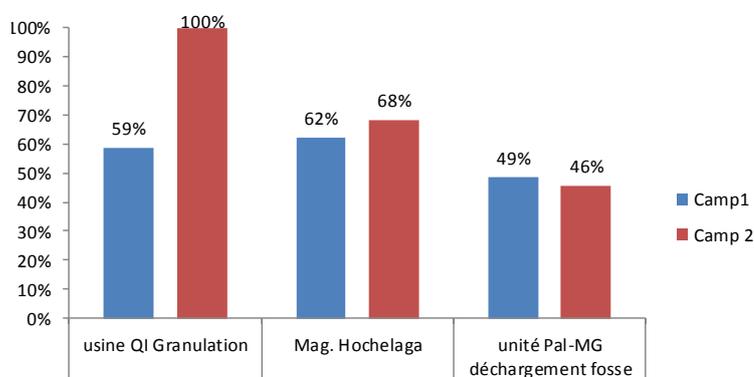


Figure 32 : Taux de fonctionnement des installations – site QI (journées travaillées)

Les figures ci-après permettent de mieux visualiser la répartition des activités durant les deux campagnes et donc identifier les périodes d'arrêt.

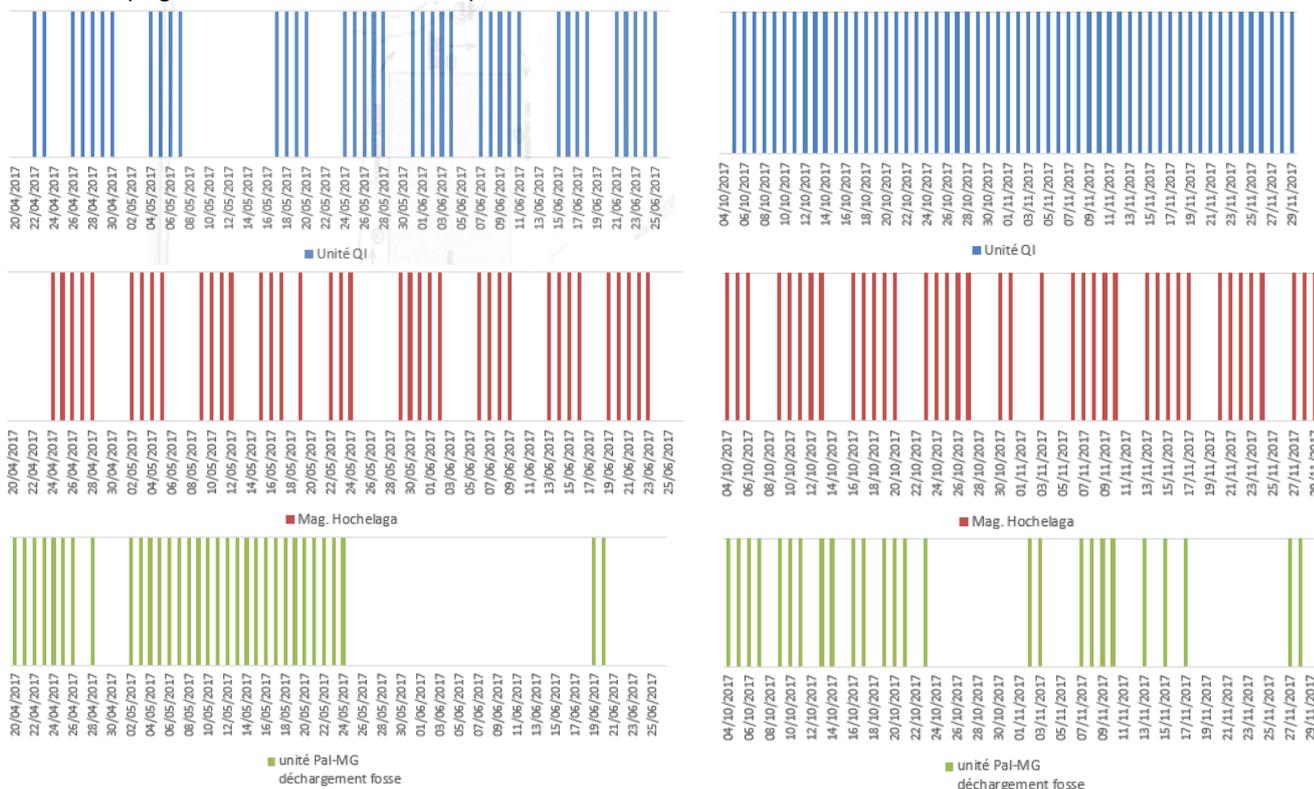


Figure 33 : Répartition des activités sur le site QI durant les campagnes de mesures (journées travaillées)

Pour l'unité de production d'engrais (Unité QI), en campagne 1, contrairement à la campagne 2, l'activité a été arrêtée les week-ends avec parfois un arrêt supplémentaire le lundi ou vendredi, ainsi que durant 1 semaine du samedi 6/05 au dimanche 14/05.

Pour le magasin Hochelaga, l'activité a été permanente en dehors des week-ends et jours fériés durant les deux campagnes. Les activités sont comparables entre les deux périodes.

Enfin, pour les déchargements 'fosses' au niveau de l'unité Pal-Mg, il s'agit d'activités ponctuelles durant de quelques minutes à quelques heures dont la répartition est plus aléatoire.

L'indicateur correspond au nombre de jours durant les campagnes durant lesquels a été exercée cette opération au moins une fois, quelle que soit sa durée.

Notons des phases d'absence de cette activité du 25/05 au 18/06 pendant la campagne 1, puis du 24/10 au 01/11 et du 18 au 26/11 durant la campagne 2.

b) Site Zone Industrielle

La figure suivante présente les taux de fonctionnement pour les deux campagnes, des 5 unités ciblées.

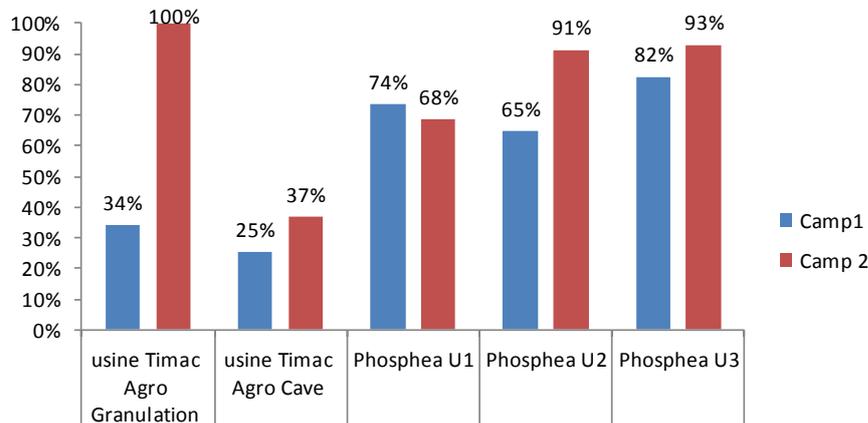


Figure 34 : Taux de fonctionnement des installations – site ZI (journées travaillées)

Les taux de fonctionnement des activités exercées sur ce site durant les deux campagnes révèlent les points suivants :

- Pour l'usine Timac Agro, les ateliers 'granulation' et 'cave' n'ont pas fonctionné durant le 1^{er} mois de mesure de la campagne 1 à savoir du 20/04 au 14/05. L'activité a ensuite été exercée en semaine pour les deux ateliers avant une nouvelle période d'arrêt des deux ateliers à partir du 17/06. L'atelier granulation a fonctionné en permanence durant la campagne 2 ce qui explique la différence significative de fonctionnement entre les deux campagnes pour cet atelier (+66%). Pour l'atelier 'cave', des arrêts importants ont également eu lieu en seconde campagne. Les taux de fonctionnement entre les deux campagnes pour cet atelier ne sont donc pas très différents (+12%).
- Pour l'usine Phosphea, :
 - o les fonctionnements de la ligne U1⁸ sont proches entre les deux campagnes (-6%).
 - o Les lignes U2⁹ et U3¹⁰ présentent des taux de fonctionnement supérieurs en campagne 2 par rapport à la campagne 1 avec des différences respectives de +26% et +11%.

⁸ Ligne U1 : fabrication phosphate bicalcique - DCP

⁹ Ligne U2 : fabrication de phosphates magnésien, monocalcique -MCP et bicalcique -DCP

¹⁰ Ligne U3 : fabrication de phosphates monocalcique -MDCP et monocalcique - MCP

Les figures suivantes présentent les répartitions des activités exercées durant les deux campagnes.

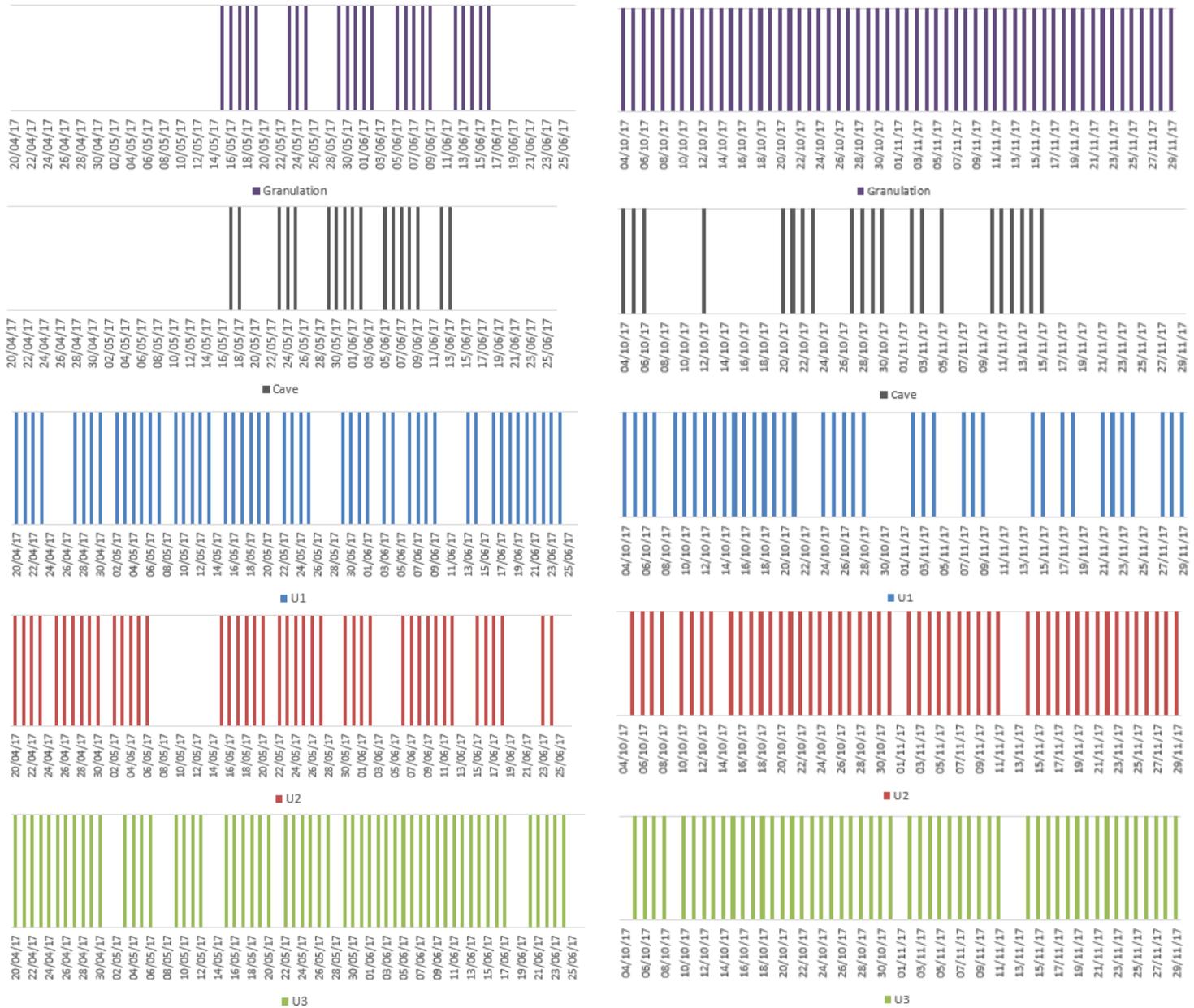


Figure 35 : Répartition des activités sur le site ZI durant les campagnes de mesures (journées travaillées)

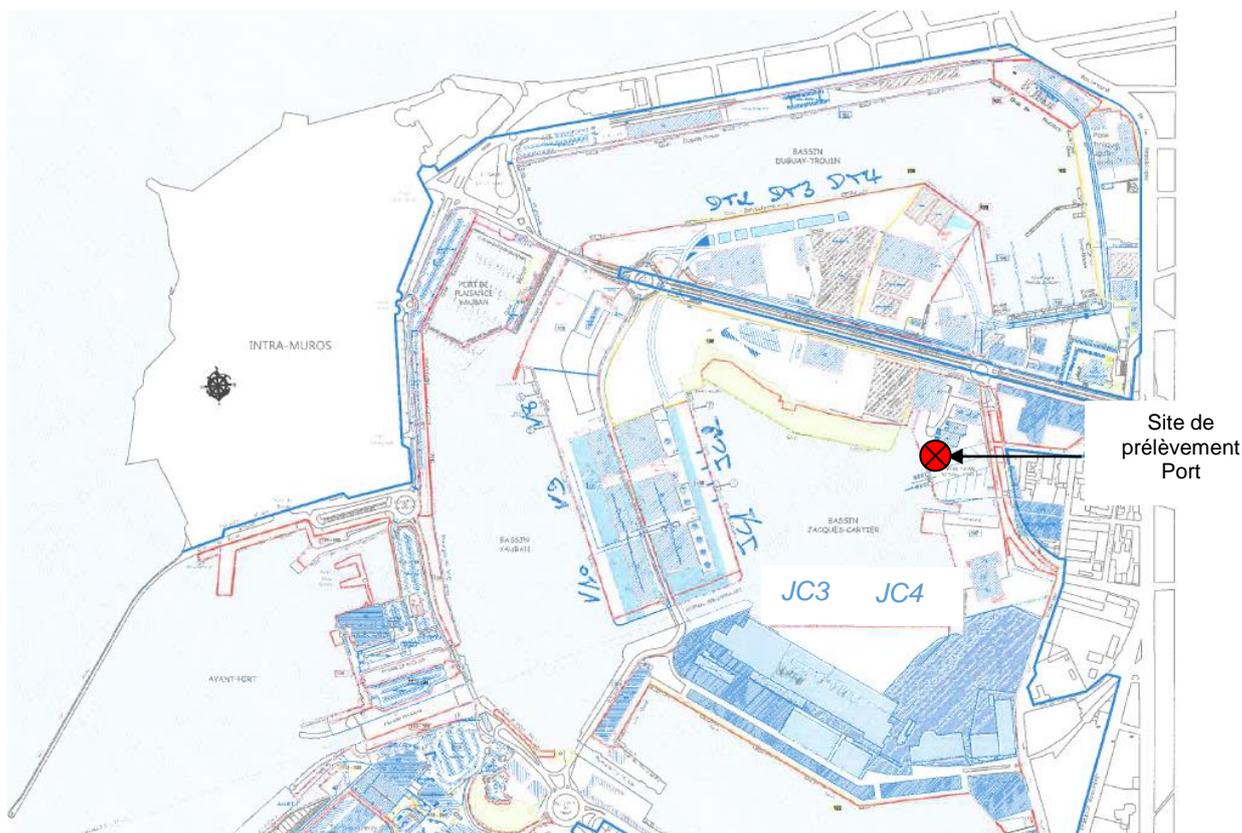
Les enseignements suivants sont tirés de ce chapitre pour les deux sites industriels QI et ZI exploités par Timac Agro et Phosphea :

- **Activité plus importante sur le site QI en campagne 2 par rapport à la campagne 1 (+41% pour l'usine QI Granulation) ;**
- **Activité plus importante sur le site ZI pendant la campagne 2 par rapport à la campagne 1 : +66% de temps de fonctionnement pour l'usine Timac Agro Granulation, +26% pour la ligne U2 Phosphea et +11% pour la ligne U3 Phosphea.**

VI.2.3 Données d'exploitation du port

a) Localisation des installations sur la zone portuaire

Le plan ci-après présente l'agencement du port de St Malo. La localisation du point de prélèvement est également précisée.



Le port est composé de 4 bassins disposant de zones de chargement/déchargement à savoir :

- Le bassin Duguay-Trouin : DT2, DT3 et DT4 ;
- Le bassin Jacques Cartier : JC1, JC2, JC3 et JC4 ;
- Le bassin Vauban : V8, V9 et V10 ;
- Le bassin Bouvet.

Le port dispose également de magasin pour le stockage des marchandises :

- 3 magasins totalisant 5 400 m² au niveau du bassin Vauban
- 9 magasins totalisant 10 500 m² au niveau du bassin Duguay-Trouin ;
- 3 magasins totalisant 9 200 m² au niveau du bassin Jacques cartier.

Rappelons ici également la présence d'un chantier naval à proximité immédiate du point de prélèvement.

Un relevé de l'ensemble des marchandises chargées et déchargées durant les deux campagnes de mesures a été communiqué par l'exploitant à savoir la Chambre de Commerce et d'Industrie (CCI). Les données sont présentées ci-après.

b) Evolution du tonnage total de marchandise durant les campagnes

Les données de chargement et de déchargement des marchandises communiquées par le Port de Saint-Malo, montrent que le trafic de marchandises en termes de tonnage a été plus important en

deuxième campagne par rapport à la première période de mesure (+34%), comme nous pouvons le voir sur le graphique ci-après.

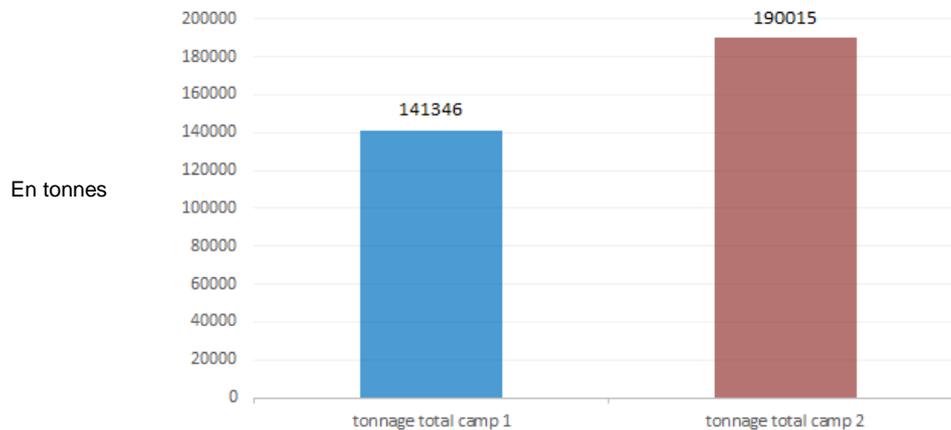


Figure 36: Comparaison des tonnages totaux entre les deux campagnes de mesures
[Source : port de Saint-Malo]

Ces données représentent le cumul des marchandises ayant transité durant chacune des périodes or une partie d'entre elles ne sont pas sources de particules (marchandises en phase liquide, ferraille, produits issus de la pêche, ...). Il s'agit dans le chapitre suivant de suivre l'évolution des tonnages entre les deux campagnes pour les marchandises susceptibles d'émettre des particules.

c) Evolution du tonnage entre les campagnes des marchandises susceptibles de générer des particules

Parmi l'ensemble des marchandises, les suivantes ont été identifiées comme potentiellement émettrices de particules :

- La drêche de maïs,
- Les tourteaux de tournesol,
- Les tourteaux de colza,
- Le calcium marin (matière première),
- La magnésie (ou oxyde de magnésium) (matière première),
- Le phosphate (matière première),
- Le phosphate monocalcique – MCP (produit fini),
- Le phosphate bicalcique – DCP (produit fini) *.

* Commentaire sur le phosphate bicalcique – DCP manipulé au port :

Nous avons détaillé précédemment l'activité exercée sur le site de la zone industrielle et notamment la fabrication de phosphate bicalcique – DCP par Phosphea. Ce produit fabriqué sur le site de la ZI est stocké en silo, et transféré dans des camions citernes pour être expédié directement chez les clients de Phosphea.

Le phosphate bicalcique – DCP acheminé par bateau au port est pris en charge par une société de manutention (en charge des opérations de déchargement et de stockage dans des magasins) avant d'être livré chez les clients d'un concurrent de Phosphea.

Il s'agit donc d'un même produit manipulé sur différents sites, à savoir le port et l'usine ZI, mais dont les exploitants sont différents.

Au total, parmi ces marchandises, 76 730 tonnes ont été manipulées lors de la campagne 1 et 75 976 tonnes en campagne 2. **La différence entre les deux campagnes n'est pas significative.**

Toutefois la nature des matériaux déchargés est différente comme le présente la figure suivante.

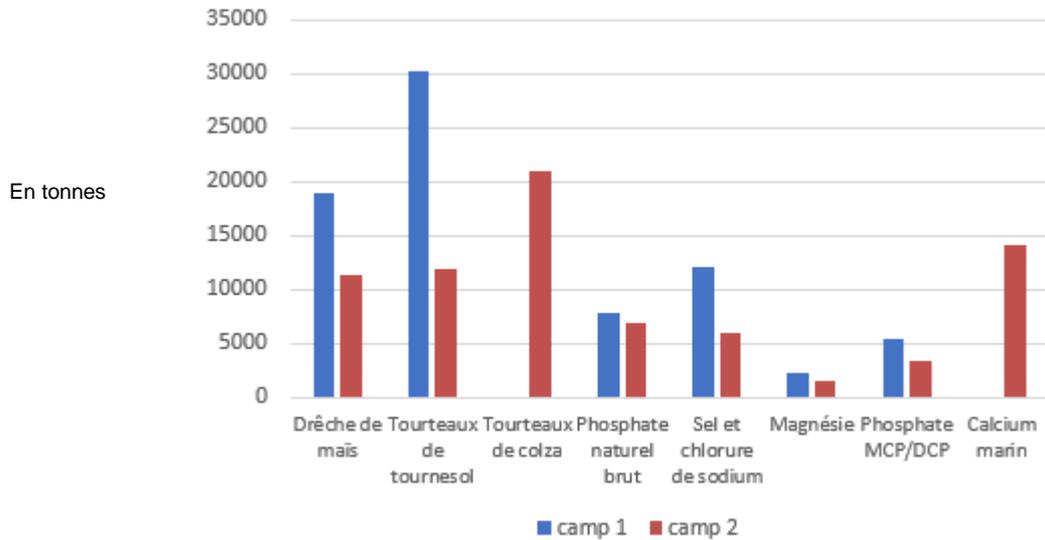


Figure 37: Comparaison entre les deux campagnes des tonnages des marchandises potentiellement émettrices de particules manipulées [Source : port de Saint-Malo]

Il en ressort que pour la majorité des sources échantillonnées, le tonnage est plus important en campagne 1 par rapport à la campagne 2. Les écarts varient de -12% pour le phosphate naturel à -61% pour les tourteaux de tournesol. Ce point se justifie par la saisonnalité des marchandises transitées.

Toutefois, il est à noter qu'au cours de la seconde campagne de mesures, nous avons deux marchandises avec des tonnages importants qui n'ont pas été chargées ou déchargées au port lors de la première période de mesures : le tourteau de colza et le calcium marin. Ces dernières possèdent des tonnages importants vis-à-vis de ceux des autres produits manipulés.

La répartition des marchandises manipulées par campagne est présentée ci-après. Cela permet notamment de constater les points suivants :

- lors de la campagne 1, 64% des marchandises déchargées correspondent à des végétaux (tourteaux de tournesol et drêche de maïs) ;
- lors de la campagne 2, la répartition entre les marchandises est plus équitable excepté toutefois le tourteaux de colza qui est majoritaire (28%).

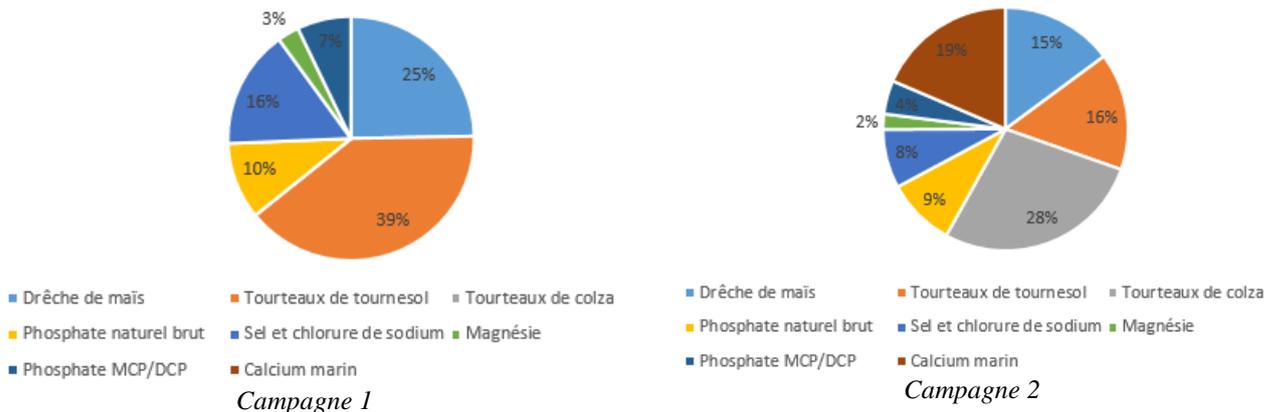


Figure 38 : Répartition des marchandises manipulées durant les deux campagnes

Une analyse a également été réalisée afin de localiser les sources potentielles de particules en identifiant le nombre de manipulation par quai de déchargement pour les produits susceptibles d'émettre des particules.

Les graphiques ci-après présentent le nombre de jours avec une activité de chargement/déchargement exercée sur tout ou une partie de la journée, par quai.

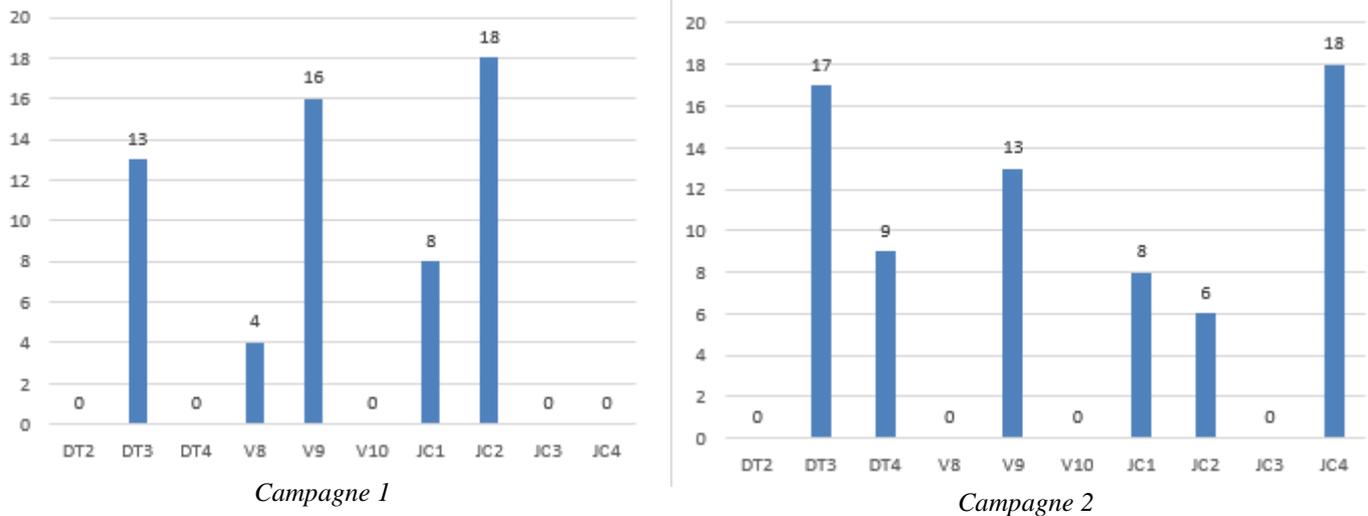


Figure 39 : Répartition des déchargements/chargements par quai durant les campagnes (pour les produits susceptibles d'émettre des particules)

Durant la campagne 1, seulement 6 quais ont été utilisés dont 3 majoritairement à savoir :

- DT3 : exclusivement pour les drêches de maïs,
- V9 : pour les tourteaux de tournesol, le sel et le phosphate naturel brut,
- JC2 : pour les tourteaux de tournesol, le sel et de la magnésie.

Les produits DCP et MCP ont été manipulés à trois reprises sur les quais JC1 et JC2 :

- Déchargement de DCP par société de manutention le 12, 15 et 16 /05 ;
- Déchargement de DCP par société de manutention le 16 et 17/06 ;
- Chargement de MCP par Phosphea le 22 et 23/06.

Durant la campagne 2, le nombre de quais utilisés a été supérieur. Trois sont majoritaires :

- DT3 : pour les drêches de maïs et tourteaux de colza,
- V9 : pour les tourteaux de colza et tournesol, drêche de maïs et phosphate,
- JC4 : exclusivement pour le calcium marin.

Les produits DCP/MCP ont été manipulés à deux reprises sur les quais JC1 et JC2 :

- Chargement de MCP par Phosphea le 20 et 21/10
- Déchargement de DCP par société de manutention le 3 et 4/11.

Les graphiques suivants présentent les répartitions des déchargements/chargements sur les périodes.

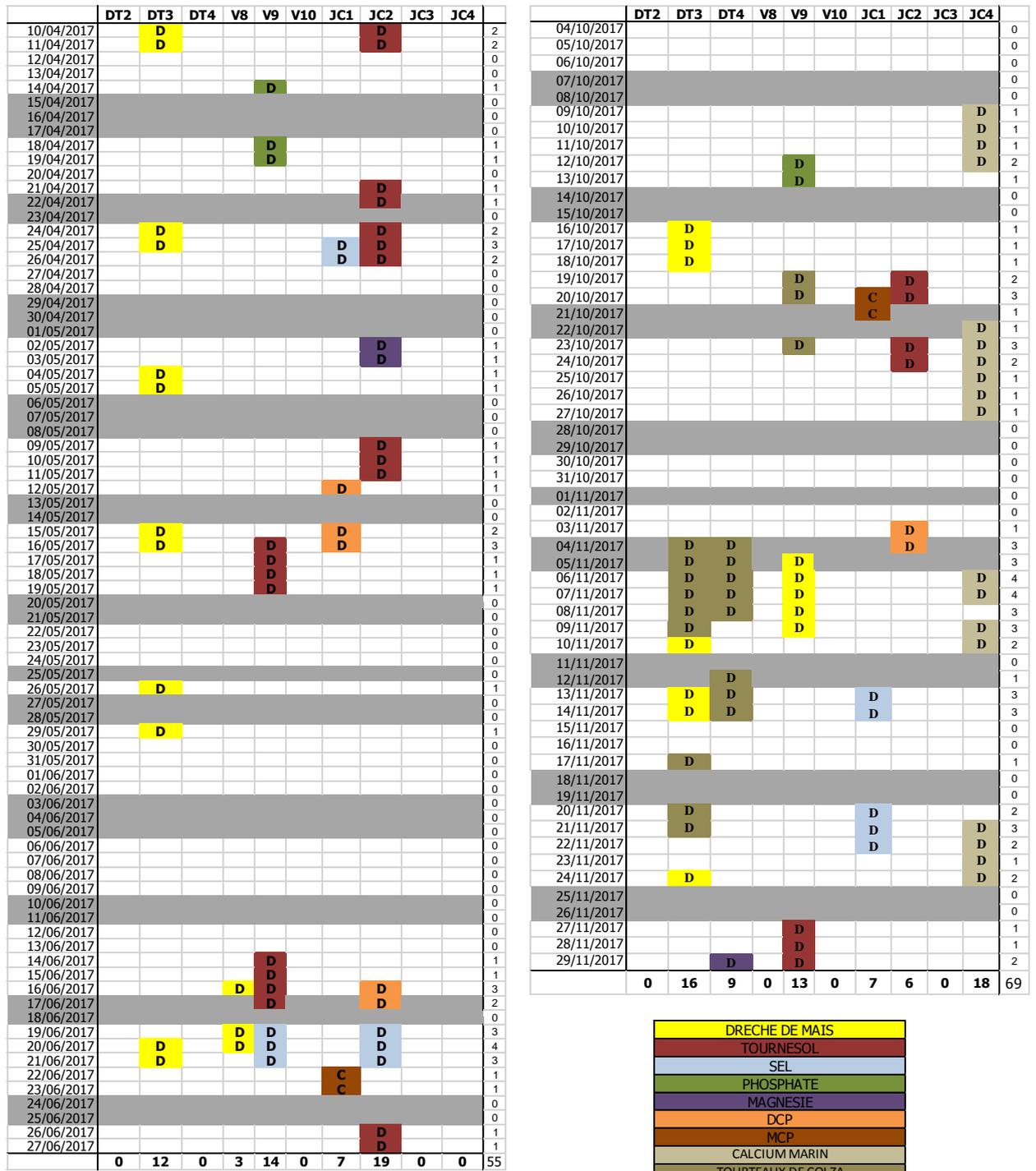


Figure 40 : Répartition des déchargements/chargements durant les campagnes (pour les produits susceptibles d'émettre des particules)

Ces éléments permettent d'apprécier les variabilités de l'activité suivant les semaines et sur l'ensemble de la campagne. Ainsi le nombre d'opérations a été bien supérieur en campagne 2 par rapport à la campagne 1 (+30%). Les opérations de déchargements sont majoritaires pour les produits sélectionnés : seul le phosphate monocalcique MCP est chargé en bateau.

Ces informations seront réutilisées lors de l'interprétation des résultats.

En synthèse de ce travail sur l'activité du port pendant les campagnes, les points suivants sont à retenir. Ils concernent seulement les produits sélectionnés susceptibles d'émettre des particules :

- Les opérations au niveau du port pour les produits sélectionnés concernent quasi exclusivement des déchargements. Seul le phosphate monocalcique MCP fait l'objet de chargement.
- Quatre quais ont été majoritairement utilisés dont un uniquement en campagne 2 : JC4 pour le calcium marin (proche de l'usine Timac Agro QI) ;
- Les tonnages de marchandises manipulées sont identiques sur les deux périodes mais de nature différente : la 1^{ère} campagne a été dominée par des déchargements de tourteaux de tournesol et de drêche de maïs alors que la seconde a présenté une répartition plus équilibrée entre les marchandises.
- Un calendrier des chargements/déchargements a été établi. Il permet de mettre en évidence des activités différentes suivant les semaines. La campagne 2 a fait l'objet d'un nombre d'opérations supérieur par rapport à la campagne 1. Ces informations seront réutilisées pour l'interprétation des mesures quantitatives et qualitatives des particules sédimentables.

Il est important de signaler que les émissions de particules au niveau du port ne sont pas exclusivement produites par les chargements et déchargements de produits. D'autres opérations comme les manipulations de produits en magasin, les chargements de camion pour expédition par voie routière, ... entraînent des envois de poussières. Ces données d'activités sont toutefois difficiles à collecter du fait du nombre d'interlocuteurs concerné.

VI.2.4 Sélection et échantillonnage des produits 'sources'

L'ensemble de ces chapitres relatifs à l'analyse des données d'activités des sites industriels et du port a permis de lister un certain nombre de produits manipulés, qui ont fait l'objet de prélèvements suivis d'observations à la loupe et d'analyses au Microscope Electronique à Balayage (MEB).

Ces prélèvements ont ainsi permis de faciliter le travail de détermination de l'origine des particules collectées sur chacun des sites.

Les échantillons collectés et analysés au MEB sont présentés dans le tableau ci-après avec des commentaires sur leurs sources possibles.

Tableau 18: Produits bruts susceptibles d'émettre des particules et sources possibles

Sources potentielles (dénomination industrielle)	Caractéristiques	Site industriel QI	Site industriel ZI	Port
1- « Phosphate monocalcique (MCP) »	Grains 2-3 mm - blancs	x	Produit sur le site ZI Phosphea	Chargement au port
2- « Phosphate monobicalcique (MDCP) »	Grains 1-2 mm - Blancs	x	Produit sur le site ZI Phosphea	x
3- « Phosphate bicalcique (DCP) »	Poudre blanche	x	Produit sur le site ZI Phosphea, exporté exclusivement par camion citerne	Manipulé par autre société concurrente (déchargement et export par camion)
4- « Phosphate magnésien (Mag 26) »	Grains très fins (<1 mm) - Beige/marron	x	Produit sur le site ZI Phosphea et exporté par camion	x
5- « Oxyde de magnésium (MGO) »	Poudre/grain - beige	x	Matière première utilisée dans process	Déchargé au port ?
6- « Magnésie »	Grains 1 mm – blancs Assimilable à du silicate de magnésium	Matière première utilisée dans process	Matière première utilisée dans process	Déchargé au port – Stockage magasin
7- « Phosphate naturel » (brut)	Grains très fins - noirs	Matière première utilisée dans process	Matière première utilisée dans process	Déchargé au port – Stockage magasin
8- « Calcium marin »	Sable coquillier	Matière première utilisée dans process	Matière première utilisée dans process	Déchargé au port – Stockage plateforme extérieur site QI
9- « Sel »	Gros sel - Alimentation animale	x	x	Déchargé au port – Stockage magasin
10- « Drèche de Maïs »	Pellets (jaune) - Alimentation animale	x	x	Déchargé au port – Stockage magasin
11- « Tourteaux de tournesol »	Pellets - Alimentation animale	x	x	Déchargé au port – Stockage magasin

VI.3. Résultats des mesures en Hydrogène sulfuré

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats des mesures durant les campagnes 1 et 2 effectuées au niveau du point Rocabey (urbain de fond).

Les résultats sont comparés aux valeurs sanitaires disponibles pour ce paramètre, ainsi qu'au niveau de gêne olfactif fixé à 7 µg/m³ sur une demi-heure.

Tableau 19 : Résultats des mesures en Hydrogène sulfuré sur le point Rocabey (en µg/m³)

Concentration H₂S (en µg/m³)	Valeurs de références toxicologiques	campagne 1 <i>du 12/04 au 13/06</i>	campagne 2 <i>du 04/10 au 29/11</i>
moyenne horaire	100 µg/m ³	0,02	0,03
maximum horaire	(VTR aigüe)	2,2	0,4
moyenne journalière	150 µg/m ³	0,02	0,03
maximum journalier	(valeur recommandée OMS)	0,32	0,29
% dépassement gêne olfactif OMS sur 1/2 h	7 µg/m³	0,0%	0,0%
% dépassement valeur recommandée OMS sur 24 h	150 µg/m ³	0,0%	0,0%

Durant ces 4 mois de mesure, la valeur maximale atteinte sur une heure a été de 2.2 µg/m³. Aucune valeur n'a dépassé le niveau de gêne olfactif défini par l'OMS ni les seuils sanitaires disponibles.

A titre de comparaison, la valeur horaire maximale mesurée lors d'une campagne menée durant l'été 2017 au niveau du port du Légué à St Briec, était de près de 50 µg/m³ avec un dépassement du seuil olfactif plus de 10% du temps lors de la période¹¹.

Si l'on considère maintenant les seuils de perception (de 0,6 à 30 µg/m³ suivant la bibliographie), l'odeur pourrait être ressentie sur des courtes périodes pour les personnes dont le seuil olfactif, pour ce composé, est assez bas. Il faut rappeler que pour l'espèce humaine, les seuils olfactifs peuvent varier d'un ou deux ordres de grandeurs entre deux personnes.

On conclut toutefois que les niveaux mesurés durant les campagnes 2017, proches des seuils de détection des appareils, ne sont pas susceptibles d'être à l'origine de nuisance olfactive pour la majeure partie de la population.

VI.4. Résultats de mesure en Dioxyde de soufre

De la même manière, des mesures en dioxyde de soufre ont été effectuées au niveau du point Rocabey durant les deux campagnes de mesure.

Les résultats, synthétisés dans le tableau ci-après, sont comparés aux valeurs réglementaires existantes.

¹¹ Campagne de mesure de la qualité de l'air – port du Légué St Briec – campagne de mesures 2017 - Rapport V1 du 5/12/17

Tableau 20 : Résultats des mesures en Dioxyde de soufre sur le point Rocabey (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Concentration SO ₂ (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeurs limites réglementaires	campagne 1	campagne 2
		du 12/04 au 13/06	du 04/10 au 29/11
moyenne horaire	VL 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an	0,01	0,03
maximum horaire		2,7	1,2
moyenne journalière	VL 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an	0,01	0,04
maximum journalier		0,29	0,63

Les niveaux mesurés en dioxyde de soufre durant les deux campagnes sont insignifiants (max horaires < à 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et voisins des limites de détection de l'appareil.

Les variations sont peu sensibles et non interprétables à ces niveaux du fait des incertitudes de mesures de l'appareil dans ces gammes de valeurs.

Les teneurs de fond en dioxyde de soufre sur l'agglomération malouine sont donc bien inférieures aux valeurs limites réglementaires.

VI.5. Résultats des mesures en particules fines (PM10)

Les particules fines en suspension ont été mesurées sur les six sites de mesure durant les deux campagnes. Un des points disposait d'un appareil de mesure conforme aux préconisations pour la mesure réglementaire.

Les autres points ont été équipés d'un dispositif non homologué, permettant d'apprécier les variabilités spatiales sur la zone d'étude.

Les résultats de ces mesures sont présentés dans ce chapitre.

VI.5.1 Mesure réglementaire en PM10 sur le point Rocabey (site urbain de fond)

Le point Rocabey, répond à une implantation dite urbaine de fond à savoir non influencée par une source proche (trafic ou industrielle notamment).

Il a été doté d'un appareil répondant aux préconisations en vigueur ; ses résultats sont donc comparables aux mesures des autres stations du réseau de surveillance régionale d'Air Breizh ainsi qu'aux valeurs limites réglementaires existantes.

Une analyse des résultats de ce point est réalisée ci-après et permet **d'étudier dans un premier temps les niveaux de fond de l'agglomération malouine au regard des seuils réglementaires et des niveaux d'autres agglomérations.**

a) Analyse des concentrations journalières

Pour les PM10, une moyenne journalière supérieure à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fait l'objet d'un déclenchement d'alerte préfectorale (dépassement du seuil d'information). La réglementation impose également de ne pas dépasser ce seuil plus de 35 fois par an.

Le graphique de la page suivante présente les résultats des moyennes journalières pour la campagne 1, comparés aux mesures sur d'autres stations de typologie identique (Brest, St Brieuc et Lorient).

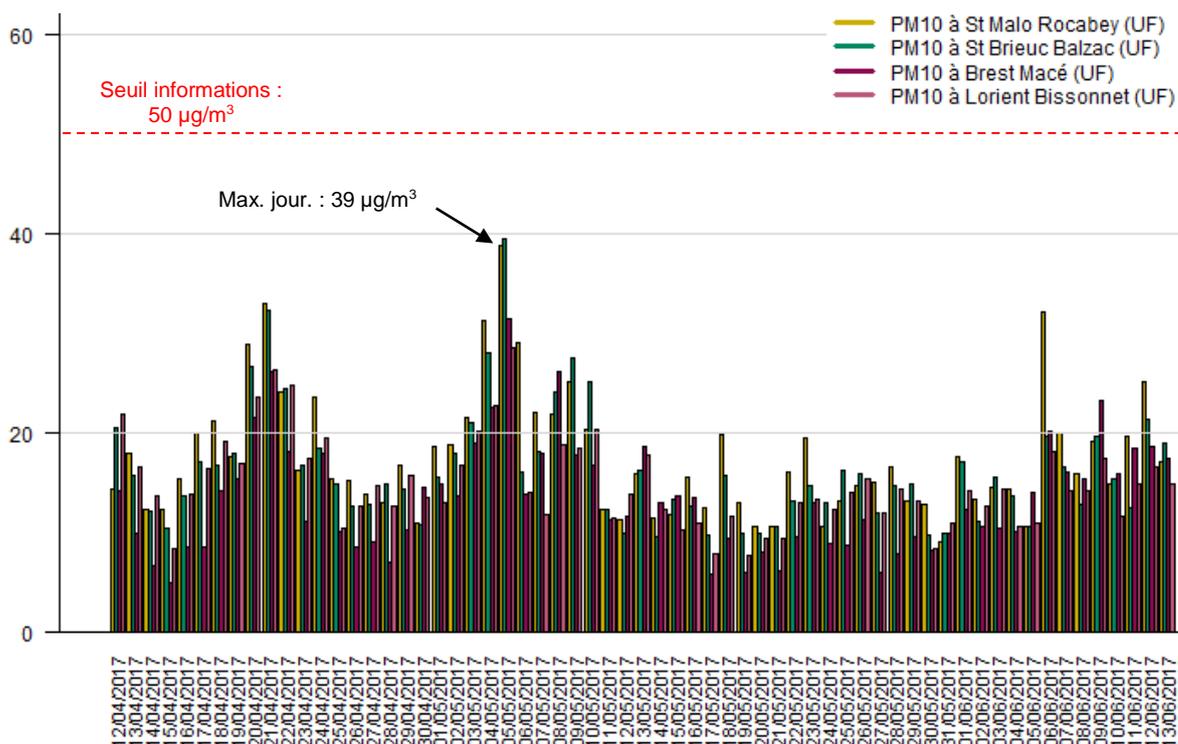


Figure 41 : Campagne 1 - Résultats des moyennes journalières en PM10 à Rocabey comparés à ceux d'autres stations bretonnes

Durant la campagne 1, la valeur maximale journalière observée sur le point Rocabey est de 39 µg/m³ (le 5/05/17). Une valeur semblable a été mesurée le même jour sur la station de St Briec Balzac ce qui témoigne d'une influence régionale.

Même si la lecture des données est difficile, elle permet en première approche de constater qu'aucun dépassement du seuil de 50 µg/m³ n'a été mesuré durant cette période pour le point 4 – Rocabey ainsi que pour les autres stations bretonnes.

Une corrélation des niveaux journaliers mesurés à Rocabey et les autres stations est présentée sur les graphiques suivants.

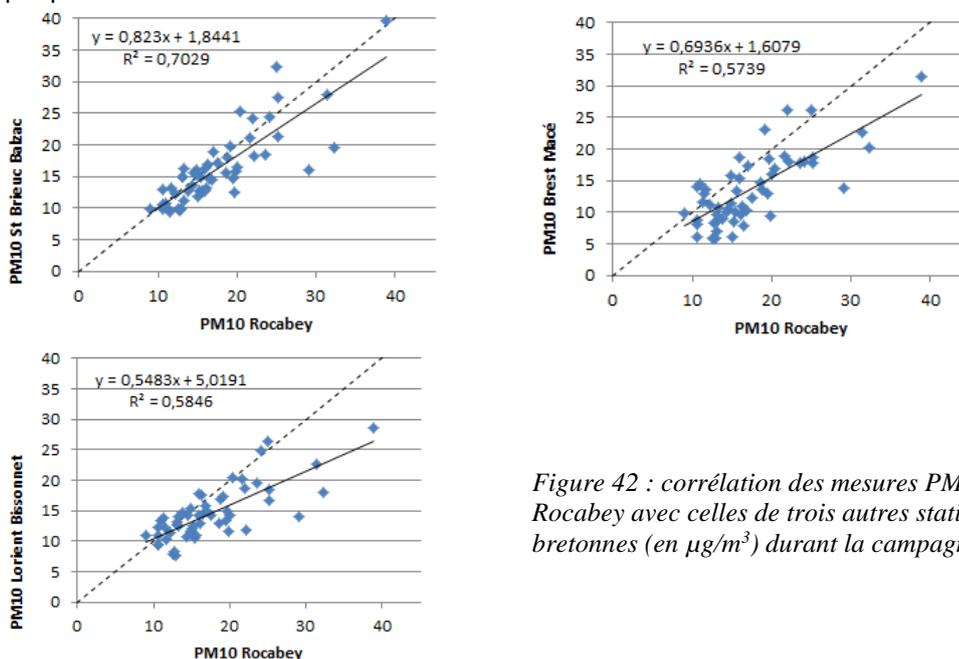


Figure 42 : corrélation des mesures PM10 à Rocabey avec celles de trois autres stations bretonnes (en µg/m³) durant la campagne 1

Sur cette campagne 1, la meilleure corrélation des niveaux est obtenue avec la station de St Briec (Balzac). Ceci étant probablement liée à sa proximité géographique. Les corrélations avec les autres stations sont moins significatives.

Dans tous les cas, les valeurs journalières mesurées à Rocabey semblent légèrement supérieures à celles des autres stations. La différence s'accroît nettement pour des valeurs mesurées à Rocabey supérieures à 10-15 µg/m³. Cette tendance pourrait signifier des influences ponctuelles à St Malo.

Le graphique suivant présente les résultats de la campagne 2 comparés à deux stations du réseau breton. Notons que sur cette période, la station de Lorient n'a pas fonctionné.

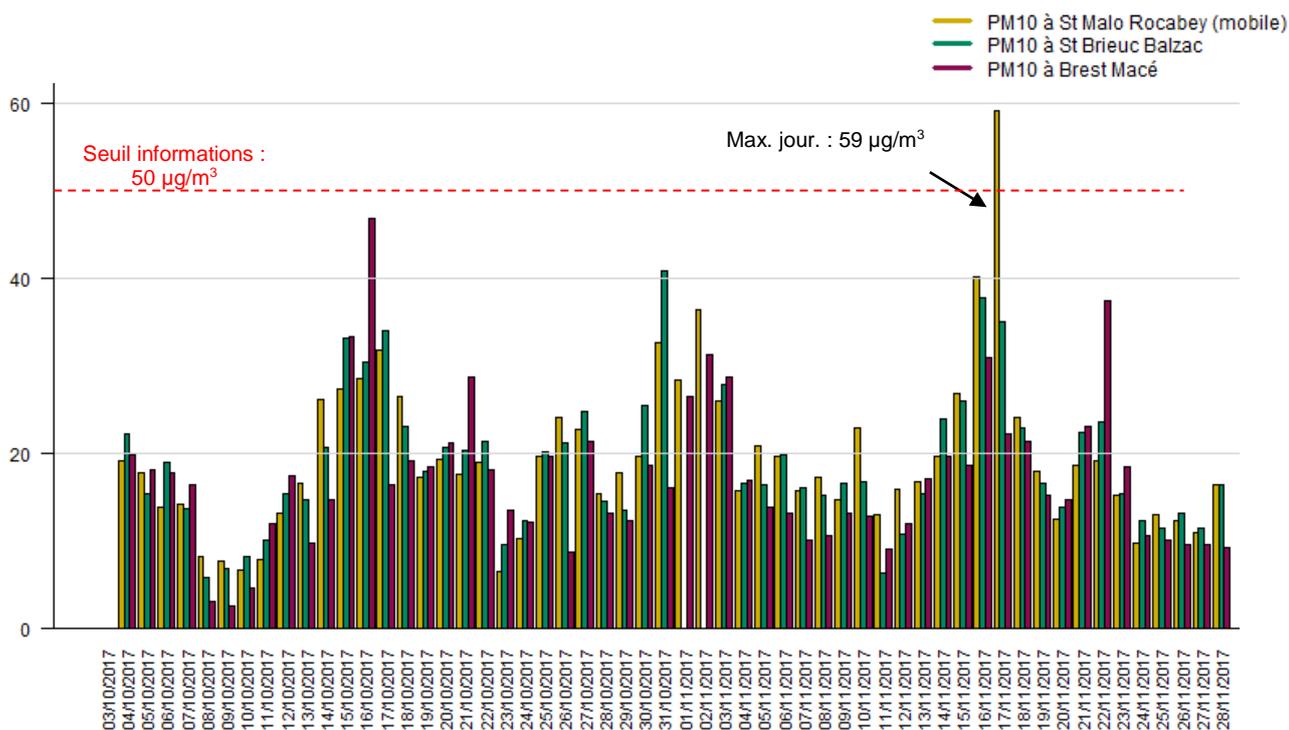


Figure 43 : Campagne 2 - Résultats des moyennes journalières en PM10 à Rocabey comparés à ceux d'autres stations bretonnes

Durant la campagne 2, le seuil d'informations a été dépassé à Rocabey pour la journée le 17/11/17 avec une valeur de 59 µg/m³. Bien qu'une élévation soit constatée sur les autres stations du réseau, celles-ci n'ont pas fait l'objet de dépassement. Cet épisode fera l'objet d'une analyse détaillée par la suite.

Les graphiques suivants présentent les corrélations entre les mesures à Rocabey et les deux autres stations du réseau, de manière à mieux appréhender les écarts.

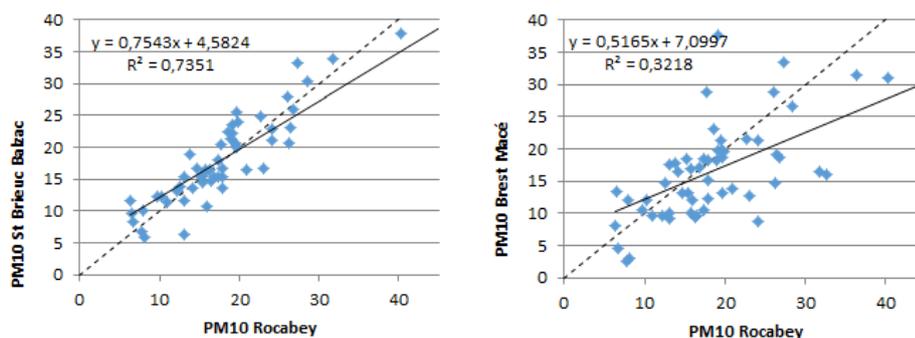


Figure 44 : Corrélation des mesures PM10 à Rocabey avec celles de deux autres stations bretonnes (en µg/m³) durant la campagne 2

Au même titre que lors de la campagne 1 voire même de manière accentuée, la corrélation entre les données PM10 de Rocabey et celles de St Briec Balzac est meilleure que celle réalisée avec les données de Brest.

Pour la corrélation avec les données de St Briec, la pente de la courbe de tendance est proche de celle de la campagne 1 (entre 0.75 et 0.8) ce qui témoigne de nouveau de mesures légèrement supérieures à Rocabey par rapport à St Briec.

Ce chapitre relatif aux concentrations journalières en PM10 mesurées à Rocabey durant les deux campagnes montre que le seuil réglementaire a été respecté sur la période au même titre que pour les autres stations du réseau.

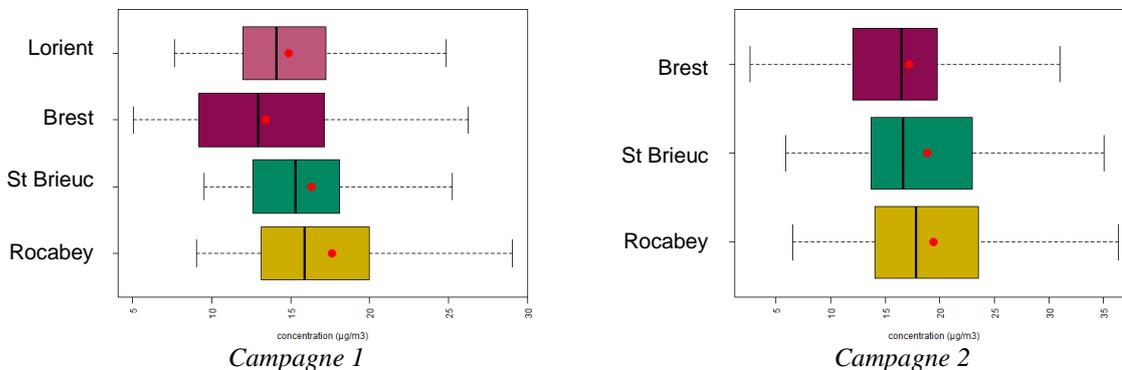
Une exception toutefois le vendredi 17/11/17 pour lequel un dépassement du seuil journalier de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été constaté contrairement aux autres stations (qui ont toutefois présenté une augmentation). Ce point fait l'objet d'une analyse détaillée dans l'un des chapitres suivants, pour tenter d'expliquer l'origine de ce dépassement.

Afin d'apprécier les écarts entre la station Rocabey de St Malo et d'autres agglomérations, une corrélation des niveaux a été réalisée. Les données de St Malo Rocabey semblent majoritairement supérieures à celles des autres stations et ce de manière amplifiée pour les plus fortes valeurs mesurées ce qui pourrait témoigner d'une influence locale et ponctuelle.

Ces propos seront précisés dans les chapitres suivants

b) Distribution statistique des données journalières

Pour compléter cette analyse, les données de mesures sont présentées ci-après sous forme de 'boxplot' permettant d'illustrer la distribution statistique des jeux de données. Les données brutes journalières ont été retenues pour cette analyse.



	Campagne 1				Campagne 2		
	St Malo Rocabey	St Briec Balzac	Brest Macé	Lorient Bissonnet	St Malo Rocabey	St Briec Balzac	Brest Macé
Médiane ¹²	15.9	14.9	13.0	13.9	17.9	16.7	16.7
Moyenne	17.5	16.2	13.7	14.6	19.6	19.0	17.5
Maximum	38.9	39.5	31.5	28.6	59.2	40.9	47.0

Figure 45 : Distribution statistique des données PM10 des deux campagnes de mesures (données journalières en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Pour la campagne 1, les données du site Rocabey St Malo sont légèrement plus élevées que celles de St Briec Balzac (+1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne). Pour la campagne 2, les résultats de ces deux stations sont plus proches (0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

¹² la moyenne est la somme des valeurs numériques divisée par le nombre de valeurs - la médiane partage la série de valeurs en deux parties de même effectif.

Pour la campagne printanière (camp. 1) et contrairement à la campagne hivernale (camp.2), l'écart entre la moyenne (symbolisée par le point rouge) et la médiane (trait noir) est plus important à St Malo Rocabey par rapport aux autres stations. **Cela indiquerait que pour St Malo Rocabey à cette période, la moyenne est augmentée par des valeurs ponctuellement plus élevées contrairement aux autres stations.**

c) Estimation des concentrations annuelles

La directive 2008/50/CE¹³ précédemment citée, prescrit également une valeur limite annuelle de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10.

Elle précise également que pour assurer la représentativité d'une campagne de mesure et le calcul de la valeur moyenne sur cette période et sa comparaison à la valeur limite annuelle réglementaire, une période minimale de mesure de 14% de l'année doit être respectée (soit 8 semaines), répartie uniformément sur l'année.

Cette couverture temporelle et répartition sur l'année ont été respectées dans le cas de cette étude. Par conséquent, une estimation de la moyenne annuelle à St Malo Rocabey est réalisée ci-après et comparée à celles des autres stations bretonnes et à la valeur limite réglementaire.

Tableau 21 : Résultats des moyennes annuelles en PM10

<i>PM10</i>	<i>St Malo Rocabey</i>	<i>St Brieuc Balzac</i>	<i>Brest Macé</i>
<i>Moyenne camp. 1 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	19.6	19.0	17.5
<i>Moyenne camp. 2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	17.5	16.2	13.7
<i>Moyenne annuelle 2017 estimée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	18.5	17.6	15.6
<i>Moyenne annuelle 2017 réelle (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	X	18.0	14.8
<i>Ecart relatif (en %)</i>	X	2.1%	5.3%
<i>Valeur limite annuelle (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>		40	

La période de mesure est bien représentative de l'année comme démontré par les écarts relatifs inférieurs à 5% entre les moyennes estimées et réelles des stations de Brest et de St Brieuc.

La moyenne annuelle estimée sur la base des deux campagnes de mesure à St Malo Rocabey est de 18.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

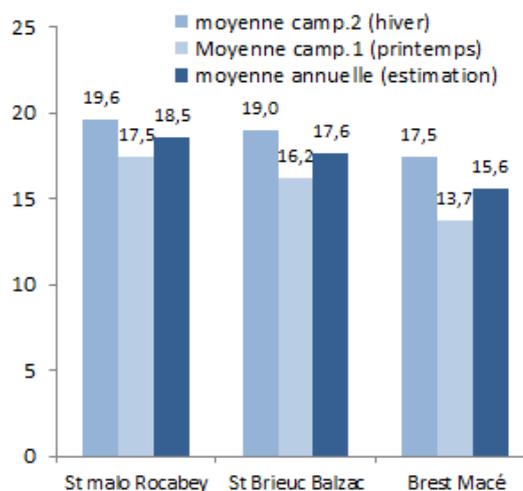
Celle-ci est légèrement plus élevée sur celle estimée sur les mêmes périodes à St Brieuc Balzac (+0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ soit +5%). L'écart est plus important avec la station de Brest Macé (+2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ soit +15%) ce qui confirme les propos précédents.

¹³ Transcrite dans le code de l'environnement – article R221-1

Le graphique ci-contre présente les différences entre les moyennes calculées sur les périodes de campagnes et estimées pour l'année 2017 pour les 3 stations.

La comparaison des résultats montre que la différence entre les saisons pour St Malo Rocabey est légèrement moins marquée comparativement aux autres stations : différence de -12% entre l'été et l'hiver à St Malo contre -16% à St Briec et -23% à Brest.

Figure 46 (ci-contre) : moyenne des concentrations PM10 par campagne et estimée pour l'année 2017 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



La moyenne annuelle en PM10 estimée pour 2017 d'après les mesures effectuées à St Malo Rocabey est bien inférieure à la valeur limite réglementaire ; au même titre que les autres stations bretonnes. La moyenne annuelle estimée d'après les mesures à Rocabey est toutefois plus élevée sur celles estimées à St Briec (-5%) et à Brest (-15%) sur la même période.

Ces écarts ne sont pas jugés significatifs au regard notamment des incertitudes sur les mesures et des microenvironnements de chacun des points de mesures qui peuvent être différent bien qu'appartenant à la même typologie de station.

Les variations saisonnières en PM10 sont moins marquées à St Malo ce qui pourrait s'expliquer par des valeurs plus élevées au printemps comparativement aux autres stations. Ce point sera étudié au chapitre suivant.

d) [Profils moyens hebdomadaires et journaliers](#)

Sur la base des données de mesure, des profils moyens hebdomadaires et journaliers ont été constitués à l'aide d'un logiciel de traitement statistique.

Ces profils sont présentés ci-après pour les deux campagnes. Ils représentent une journée et une semaine type durant chacune des campagnes.

Pour chaque station, la ligne continue représente la moyenne et la zone colorée la dispersion des données.

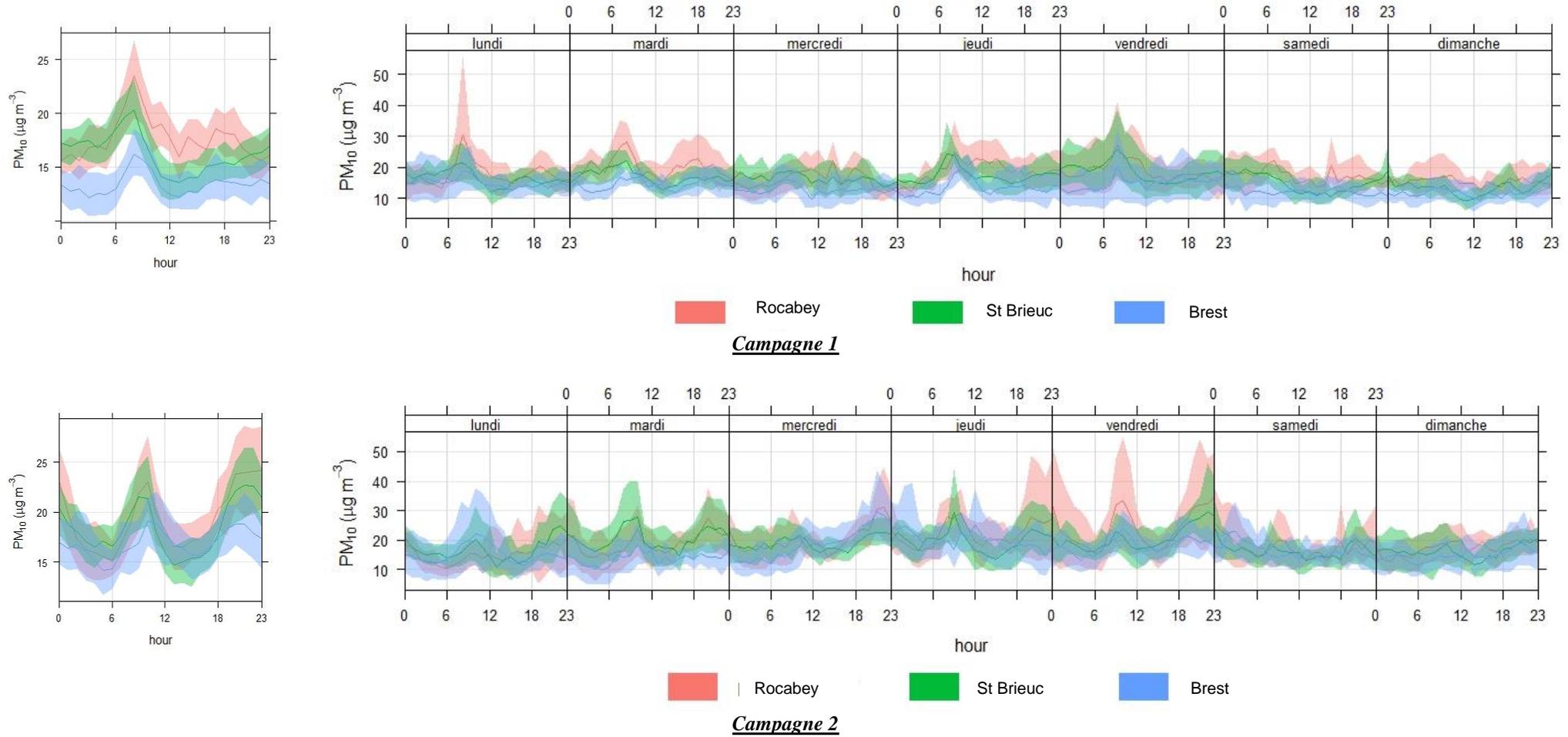


Figure 47 : Profils moyens hebdomadaires et journaliers en PM₁₀ (en $\mu\text{g/m}^3$) sur le site Rocabey St Malo

Concernant les profils journaliers (à gauche), le profil de St Malo Rocabey durant la campagne 2 (hiver) semble assez proche de ceux des deux autres stations avec deux pics dans la matinée et en soirée correspondant aux évolutions du trafic routier.

Durant la campagne 1, les deux pics journaliers sont moins marqués sur l'ensemble des stations ce qui pourrait être lié à des meilleures conditions de dispersion. En outre, le profil de St Malo Rocabey est assez différent des autres et ce surtout en journée, entre 6h TU (soit 8h locale) et 18h TU (soit 20h). **Ce constat semblerait mettre en évidence des émissions de particules fines plus importantes durant la journée à St Malo comparativement aux autres stations.**

Les profils hebdomadaires renseignent sur l'homogénéité ou non des concentrations en fonction des jours de la semaine.

Pour la campagne 1 (printemps), le profil moyen de la station St Malo Rocabey est souvent supérieur à ceux des autres sites y compris les week-ends lors desquels les niveaux semblent plus faibles.

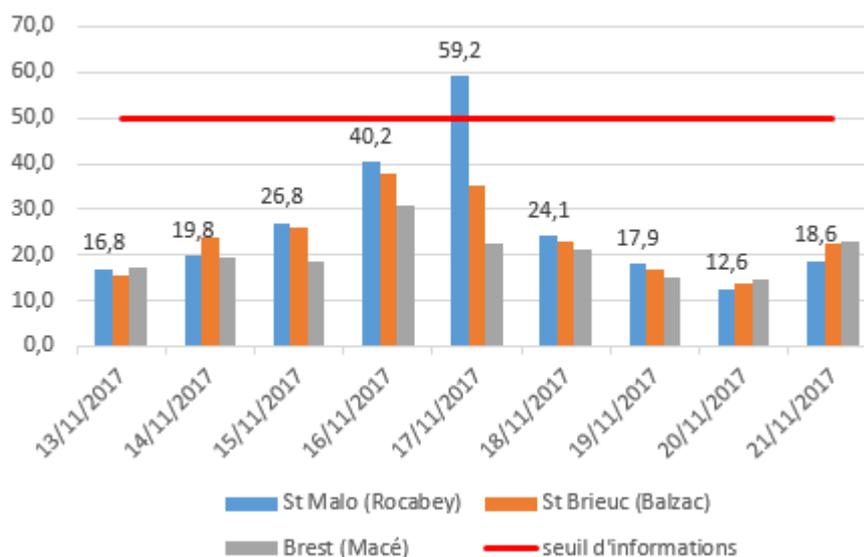
En campagne 2 (hiver), **les profils des trois stations se confondent**. Une exception le vendredi qui s'explique probablement par les teneurs élevées mesurées le vendredi 17/11 à St Malo (avec dépassement du seuil d'informations). Les concentrations mesurées les week-ends sont nettement moins élevées y compris à St Malo.

e) Analyse de la journée du 17/11/17

Comme présenté précédemment, les mesures PM10 réalisées avec le dispositif réglementaire sur le point Rocabey ont dépassé le seuil d'informations fixé à 50 µg/m³ sur la journée : la valeur atteinte était de 59 µg/m³.

Nous tentons dans ce présent chapitre de comprendre la raison de cette augmentation sur le point Rocabey.

Le graphique ci-après présente les moyennes journalières enregistrées du 13 au 21/11 sur les points Rocabey, St Brieuc Balzac et Brest Macé.



Contrairement aux jours précédents et suivants, le vendredi 17/11/17 présente une moyenne journalière bien plus élevée sur le point Rocabey par rapport aux autres sites de mesures (+24.2 µg/m³ par rapport à St Brieuc Balzac).

Rappelons toutefois que ce dépassement du 17/11 intervient dans une période d'augmentation du bruit de fond en PM10 sur l'ensemble de la région comme visible sur cette figure. Les modèles régionaux prévoient d'ailleurs un dépassement du seuil d'informations en PM10 pour la journée du 16/11 en Ile-et-Vilaine.

Le graphique de la page suivante présente l'évolution des mesures horaires en PM10 sur les 3 sites du 16/11 au 18/11.

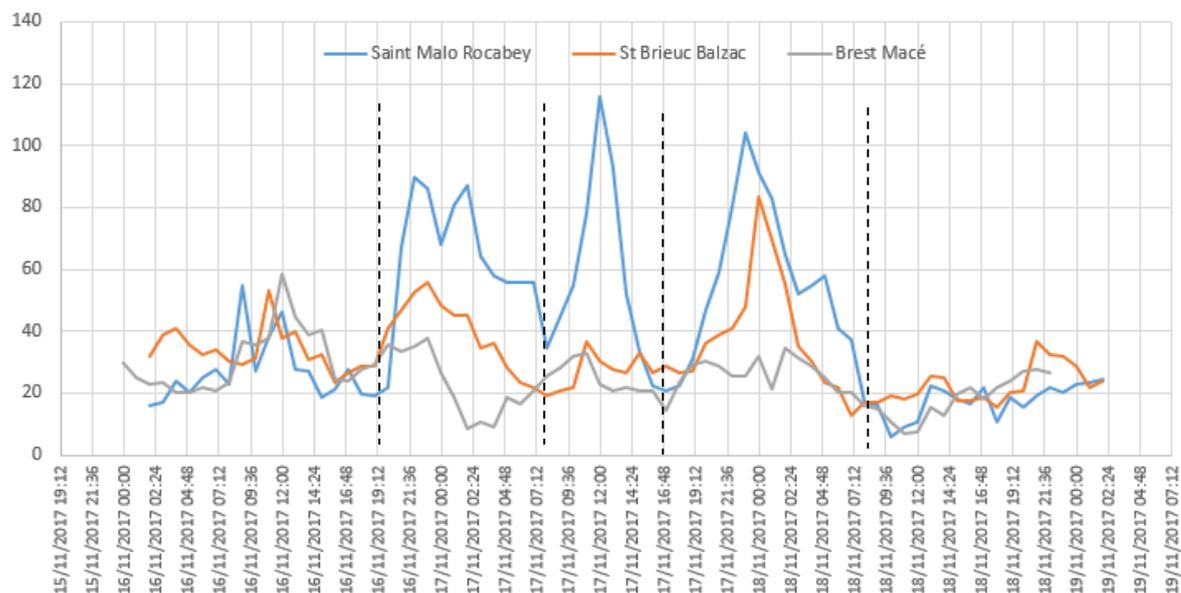


Figure 48 : Evolution horaire des mesures PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – heure locale)

Ce graphique permet de distinguer 3 périodes successives du 16/11 19h au 18/11 7h30, pour lesquelles les évolutions des mesures PM10 des sites sont différentes. En dehors de cette période, les mesures sont semblables et de l'ordre du bruit de fond.

- Période 1 du 16/11 20h au 17/11 8h.

Pour cette période nocturne du jeudi au vendredi, l'augmentation des niveaux de particules est observée sur les 3 sites de mesures mais de manière plus amplifiée sur le site de St Malo ;

- Période 2 du 17/11 8h au 17/11 16h.

Il s'agit ici d'une période diurne lors de laquelle seule les mesures de St Malo Rocabey révèlent une augmentation sous la forme d'un pic qui atteint $115,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui est significatif au regard des valeurs relevées habituellement sur des sites de typologie identique.

Il s'agit d'un pic qui est atteint sur plusieurs heures (de 8h à 12h) suivi d'une baisse. Le profil de la mesure sur cette période permet d'écarter la survenue d'un événement très ponctuel qu'il nous arrive d'observer sur des stations de fond et qui affecte une valeur horaire. Dans ce cas, la valeur est invalidée.

- Période 3 du 17/11 16h au 18/11 8h.

Après une diminution des niveaux pour Rocabey rejoignant les mesures sur les autres sites, une augmentation est de nouveau observée mais sur deux des trois sites.

Au regard de ces premiers éléments, il nous paraît intéressant d'analyser plus finement le pic observé lors de la seconde période à savoir de 8h à 16h le 17/11.

Le graphique suivant présente l'évolution des niveaux de PM10 mesurés à St Malo Rocabey comparés aux données de direction du vent.

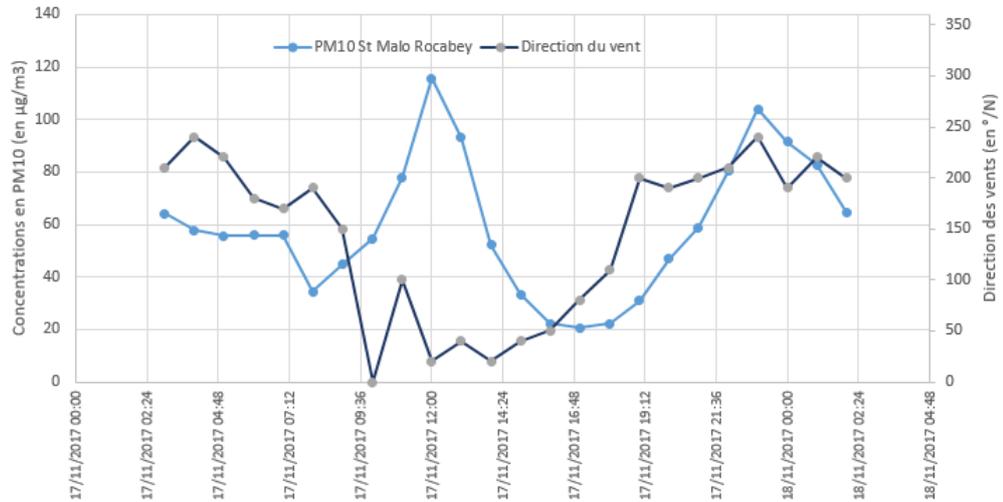


Figure 49 : Comparaison des concentrations en PM10 par rapport au direction du vent (données de la station MF de Dinard)

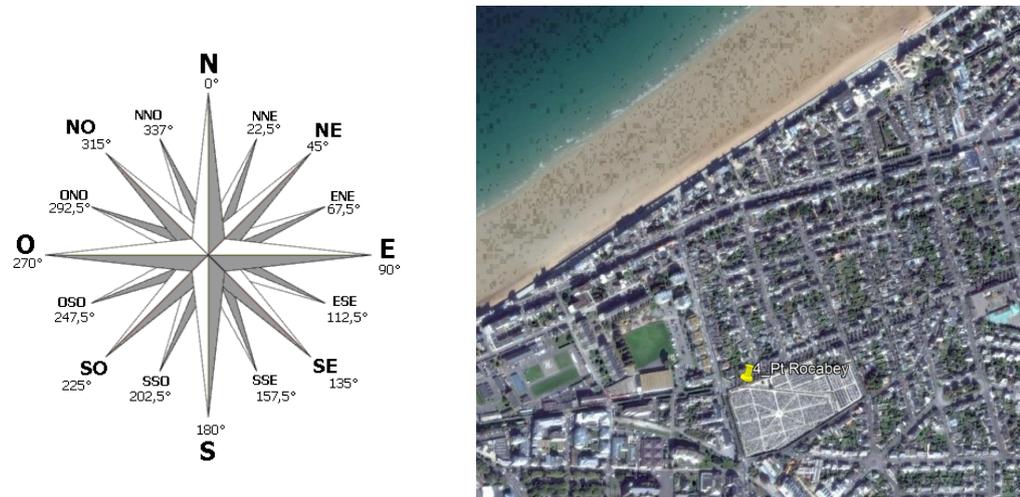


Figure 50 : Rappel de la localisation du point de mesure et de son environnement

On observe d'après les relevés des concentrations que celles-ci augmentent sur le point Rocabey lorsque la direction du vent change à savoir passage de vent de secteur Sud à Nord en début de matinée. Le flux de Nord correspond à des vents en provenance de la mer comme indiqué sur la figure ci-dessus. Les concentrations augmentent jusqu'à midi avant de diminuer brutalement. Ce changement rapide des concentrations ne coïncide pas avec un changement de la direction du vent. Un autre facteur intervient probablement dans ce phénomène.

Les horaires des marées pourraient être liées à ces évolutions puisque ce 17/11, la basse mer a été enregistrée à 13h05 à St Malo ce qui coïncide avec le pic mesuré.

Pour compléter cette analyse, nous avons demandé à l'agglomération si des travaux avaient été réalisés à proximité de la station ce jour-là ce qui n'a pas été le cas. Des travaux de démolition ont toutefois été réalisés à cette période au niveau du port (déconstruction des salines du midi – cf. VI.2.1.b) mais la direction du vent au moment du pic n'est pas favorable.

Notre analyse de cette journée du 17/11 est la suivante :

Sur cette période d'augmentation des niveaux de bruit de fond en PM10, comme souvent rencontrée en hiver lors de conditions anticycloniques, une élévation 'ponctuelle' des

niveaux en PM10 a été observée en journée sur le site de St Malo contrairement aux autres sites ce qui explique le dépassement sur la journée.

Au regard des conditions météorologiques, un passage de vents de Sud à Nord coïncide avec l'augmentation des concentrations. Toutefois la baisse des niveaux en PM10 n'est pas corrélée à un nouveau changement de la direction ce qui justifie la présence d'un ou plusieurs autres facteurs, intervenus lors de vent de Nord. Les horaires des marées pourraient être l'un d'entre eux.

Au vu des conditions météorologiques pendant les mesures, l'influence des activités industrielles est écartée.

f) Synthèse de l'analyse des données PM10 du site de fond St Malo Rocabey

Le site de mesure Rocabey a été choisi comme site urbain de fond à savoir non influencé par des sources proches.

Doté d'un dispositif de mesure réglementaire pour les PM10 (contrairement au deux autres sites urbains de fond également retenus dans cette étude), nous considérons que cette station représente les niveaux de fond dans l'agglomération que nous avons comparé à d'autres stations du réseau de surveillance breton de typologie identique.

Il ressort de cette analyse des niveaux moyens en PM10 supérieurs sur le site St Malo Rocabey comparativement à Brest ou St Brieuc. La moyenne annuelle estimée d'après les deux campagnes est 5 à 15% plus élevée à St Malo par rapport respectivement à St Brieuc et à Brest. Ces écarts sont jugés peu significatifs et pourraient s'expliquer par des différences de méthodes de mesures ou encore par des microenvironnements légèrement différents suivant les points. Les résultats de ces mesures à St Malo reste bien inférieurs à la valeur limite réglementaire.

Une analyse plus fine des différences entre les saisons montre que les écarts sont moins marqués pour St Malo, avec des niveaux qui sembleraient être plus élevées au printemps (campagne 1) à St Malo par rapport aux autres stations ce qui est moins vrai en hiver (campagne 2).

Les variations hebdomadaires révèlent des niveaux moins élevés le week-end par rapport à la semaine. Les baisses cumulées des activités et du trafic pourraient expliquer ces variations. La différence entre la semaine et le week-end est plus marquée en saison hivernale. Les usines Timac Agro et Phosphea fonctionnent 7j/7 sur cette saison hivernale. Site ce qui témoigne de la présence d'autres sources d'influences responsables de ces variations.

Au cours de la journée (8h à 20h), les profils moyens semblent mettre en évidence des concentrations plus élevées par rapport aux autres stations au printemps ce qui est moins le cas en hiver.

A ce stade, une influence locale (naturelle et/ou anthropique) pourrait entraîner une légère augmentation des niveaux de fond en PM10 sur l'agglomération. Les niveaux respectent toutefois les seuils réglementaires.

Ce constat avait déjà été mis en évidence lors de l'étude menée en 2006.

Une recherche de l'origine de ces particules fines avait été réalisée en 2011 sur le point Rocabey qui avait conclu sur une contribution majoritaire des sources de combustion (cf. chapitre IV). Les contributions des sources d'émissions industrielles et du port lors des chargements/déchargements semblaient moins significatives.

Pour compléter cette analyse, des mesures des niveaux de particules ont été réalisées en parallèle sur plusieurs points de l'agglomération et dans des configurations différentes à savoir : sites sous influence proche de sources et sites urbains de fond.

Les résultats sont présentés dans le chapitre suivant.

VI.5.2 Mesures en PM10 sur les autres sites urbains de fond et les sites sous influence proche

Pour améliorer la compréhension des variations spatiales des concentrations à l'échelle de la ville, nous avons disposé des appareils de mesures non homologués sur 5 autres points dont :

- 2 au niveau de 2 autres sites urbains de fond en complément du point Rocabey,
- 3 sur les sites dits sous influence proche de sources à savoir le port et les deux sites QI et ZI.

Du fait de la technique de la mesure retenue qui doit être considérée comme indicative, il est difficile de comparer les niveaux mesurés sur ces sites à la mesure réglementaire de Rocabey. Par contre, l'intérêt de ces mesures est de savoir si les sites retenus sont influencés par une ou plusieurs sources de particules fines PM10.

Pour répondre à cette interrogation, nous avons choisi la représentation sous forme de roses de pollution qui permet d'associer les niveaux concentrations en PM10 aux conditions météorologiques et ainsi en déterminer l'origine.

Ces roses des pollutions se lisent comme suit :

- Chaque pôle correspond à une direction d'où vient le vent ;
- La grandeur de la pôle indique le niveau de concentration dans cette direction ; ainsi plus la longueur de la pôle est importante, plus les concentrations dans cette direction sont importantes.

L'échelle des concentrations est identique pour chacune des roses de pollution afin d'être en mesure de comparer les sites entre eux.

Deux séries de roses des pollutions sont présentées successivement :

- La 1^{ère} série a été réalisée à partir de l'ensemble des données. Chaque pôle de ces roses représente la concentration moyenne en PM10 mesurée par vent en provenance de cette direction. Elle est donc utilisée pour traduire une éventuelle évolution du niveau de fond dans une direction via la présence de source 'continue' ou récurrente.
- La 2^{ème} série a été réalisée à partir des résultats des mesures les plus élevés pour chacun des sites (traitement statistique). Elle permet ainsi de mettre en évidence par direction, les concentrations les plus importantes mesurées durant la campagne 1 et donc la présence de source 'ponctuelle'.

Ces deux séries de roses sont présentées ci-après.

Pour chacune des séries, les roses des pollutions des sites de fond urbains sont présentées dans un premier temps afin de mettre en évidence la présence éventuelle d'une source de PM10 autour des points, puis dans un second temps les roses des pollutions des sites sources pour identifier sur ces derniers la présence ou non d'émissions de PM10 et leur localisation.

➤ **Roses des pollutions 'moyennes' :**

→ Les sites urbains de fond :

En campagne 1, les roses des pollutions moyennes des sites urbains de fond ne semblent pas influencées par des sources d'émissions proches. Ce point permet de confirmer la typologie urbaine de fond de ces sites sur cette période, avec des niveaux liés à la contribution de sources multiples.

En campagne 2, les niveaux de fond sont légèrement supérieurs ce qui peut s'expliquer par l'ajout des émissions liées au chauffage. Le site Legatelois ne semble pas influencé par des sources d'émissions.

Au contraire, les sites Rocabey et Découverte présentent des roses des pollutions légèrement différentes. Ainsi les concentrations en PM10 sont sensiblement plus élevées vers le Sud-Est pour le site Rocabey et vers le Nord-Est pour le site Découverte.

Pour le site Rocabey, rappelons que des travaux ont été réalisés au niveau de l'avenue Clos Cadot durant l'ensemble de cette campagne (280 mètres du point) ce qui pourrait expliquer les niveaux plus élevés lors de vents en provenance de cette direction. Les différences des niveaux suivant les directions pour ces deux points sont toutefois peu sensibles au regard des incertitudes liées à la mesure.

Malgré sa proximité à la mer, les niveaux en PM10 du point Rocabey ne semblent pas très influencés par vent de Nord-Ouest.

Sites urbains de fond

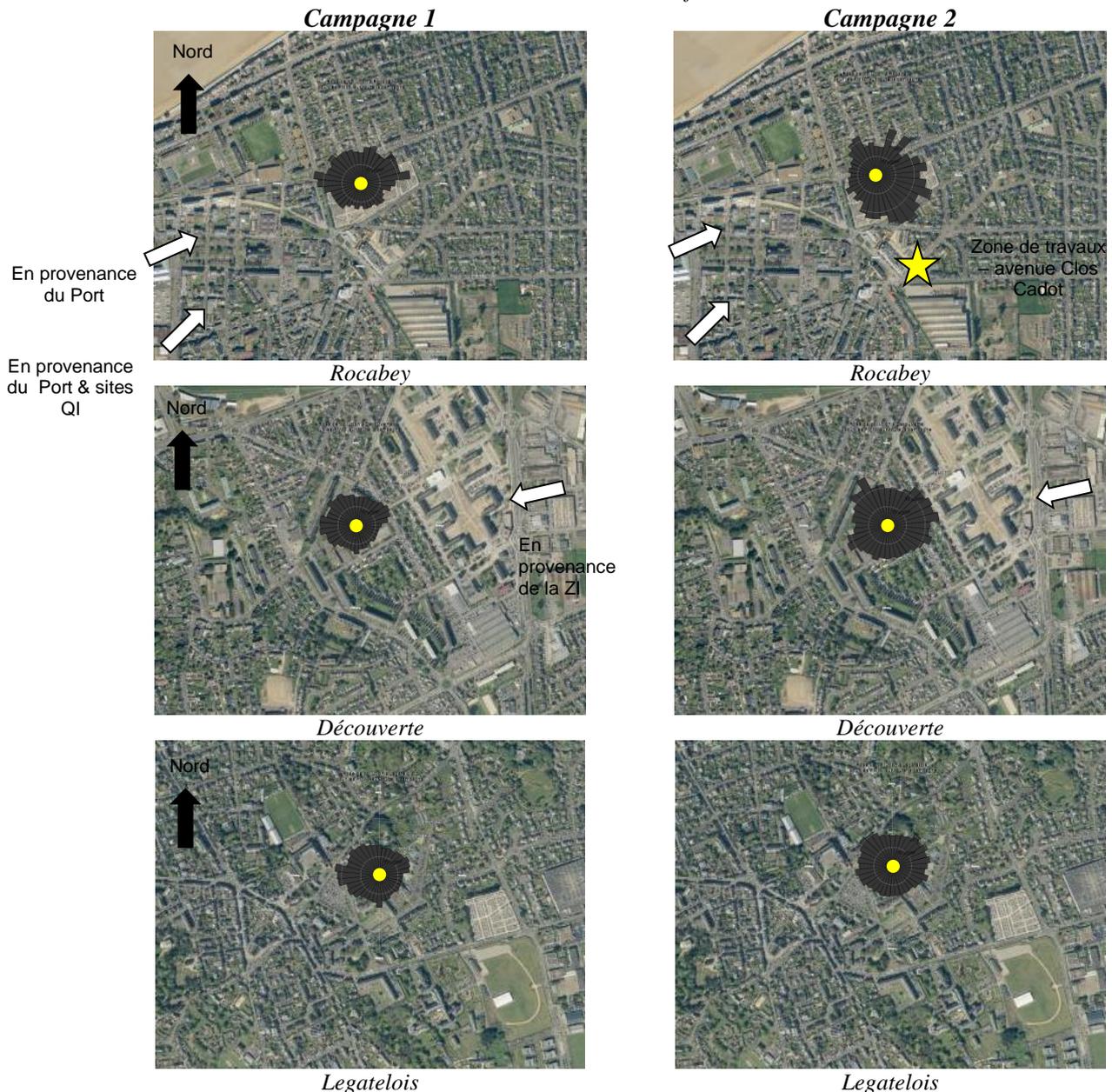


Figure 51 : Roses des pollutions en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les sites urbains de fond – concentrations moyennes par direction

→ Les sites sous influence proche :

Les roses des pollutions pour ces sites, supposés sous influence proche de sources de particules, sont logiquement différentes par rapport aux sites précédents du fait de leur positionnement. Ce point permet de confirmer la présence de sources de PM10 à proximité de ces points. De plus, elles présentent des similitudes entre les deux campagnes ce qui permet de confirmer l'origine de ces sources.

- Pour le site QI :

En campagne 1, les concentrations sont plus élevées lorsque les vents proviennent du quart Nord-Ouest soit en provenance : des installations de l'usine, des zones de stockage extérieures et du magasin Hochelaga et du port.

En campagne 2, les niveaux sont également plus élevés vers le quart Nord-Ouest mais également lorsque les vents proviennent des secteurs Nord à Nord-Est (soit de la zone de circulation, de la zone de stockage et du magasin Hochelaga).

- Pour le site ZI :

La campagne 1 révèle une légère influence des émissions par vents de Sud-Est soit du site. Ce point est confirmé en campagne 2 voire même étendu aux vents en provenance du quart Est/Sud-Est.

- Pour le site du Port :

En campagne 1, les concentrations semblent plus élevées par vents en provenance des secteurs Ouest à Nord-Est. Ce point n'a été clairement confirmé en campagne 2 pour laquelle les niveaux sont peu différents quel que soient les directions exceptées peut être vers le Nord-Est.

Sites sous influence proche

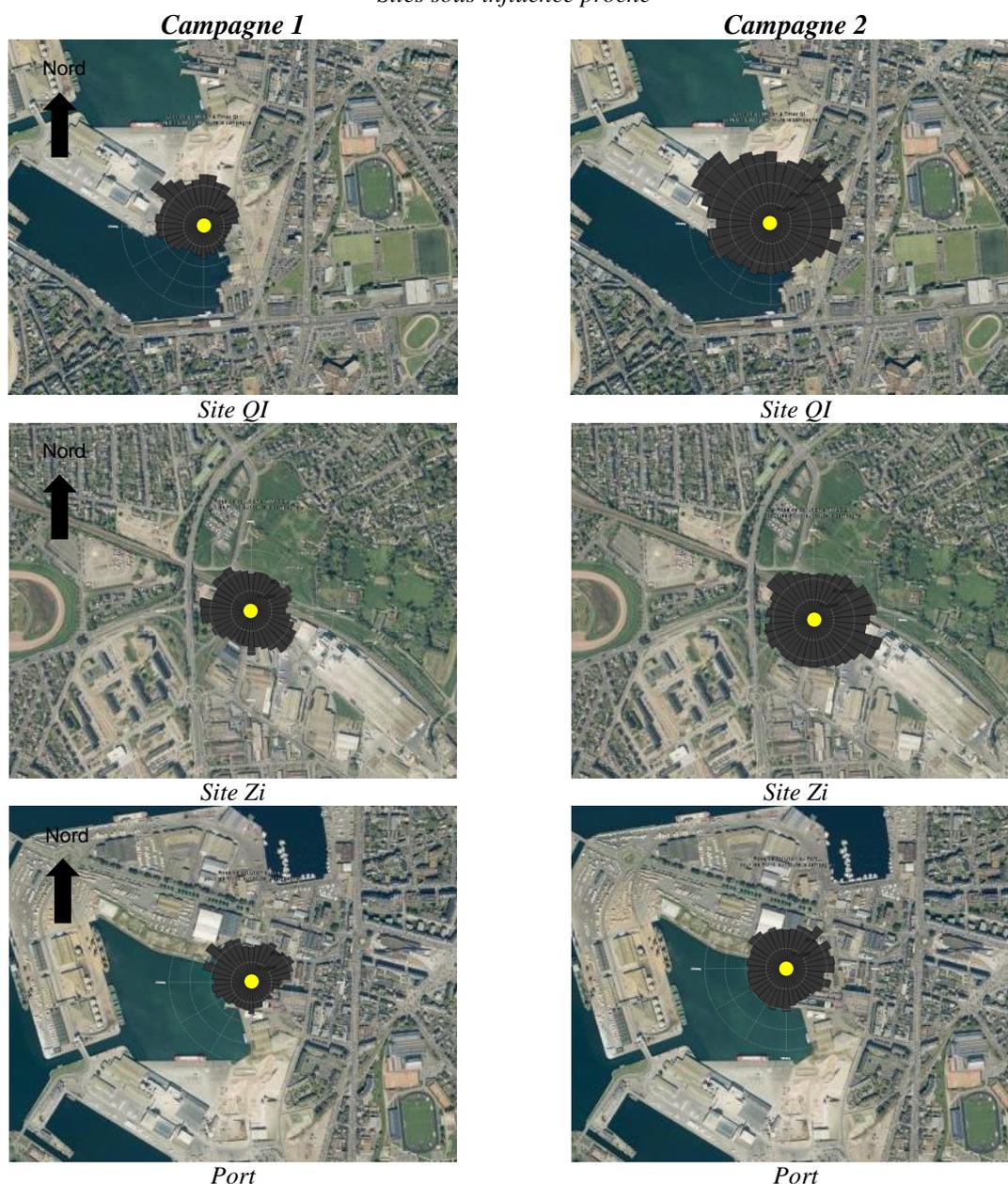


Figure 52 : Roses des pollutions en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les sites supposés sous influence proche – concentrations moyennes par direction

➤ Roses des pollutions des valeurs maximales :

Cette représentation permet d'identifier les sources d'émissions de particules à l'origine des concentrations les plus élevées pour chacune des directions.

Pour les sites urbains de fond, le site Legatelois ne présente pas d'influence particulière.

Au contraire, le site Rocabey présente les concentrations maximales par vents de secteur Ouest à Est en campagne 1 puis de secteur Sud-Ouest à Est en campagne 2. Ce changement entre les deux campagnes ne permet pas d'identifier une source de particules pérenne mais la contribution probable de sources multiples.

Le site Découverte présente des concentrations maximales par vents de Nord-Est, soit lorsqu'il est sous les vents de la zone industrielle. Ce point est plus marqué en campagne 2. Contrairement à la campagne 1, aucun chantier déclaré par la ville n'a été réalisé dans cette direction. Signalons également la présence de l'avenue du Général de Gaulle avec des niveaux de trafic importants, dont les émissions ont contribué aux niveaux mesurés lors de vents en provenance de cette direction.

Sites urbains de fond

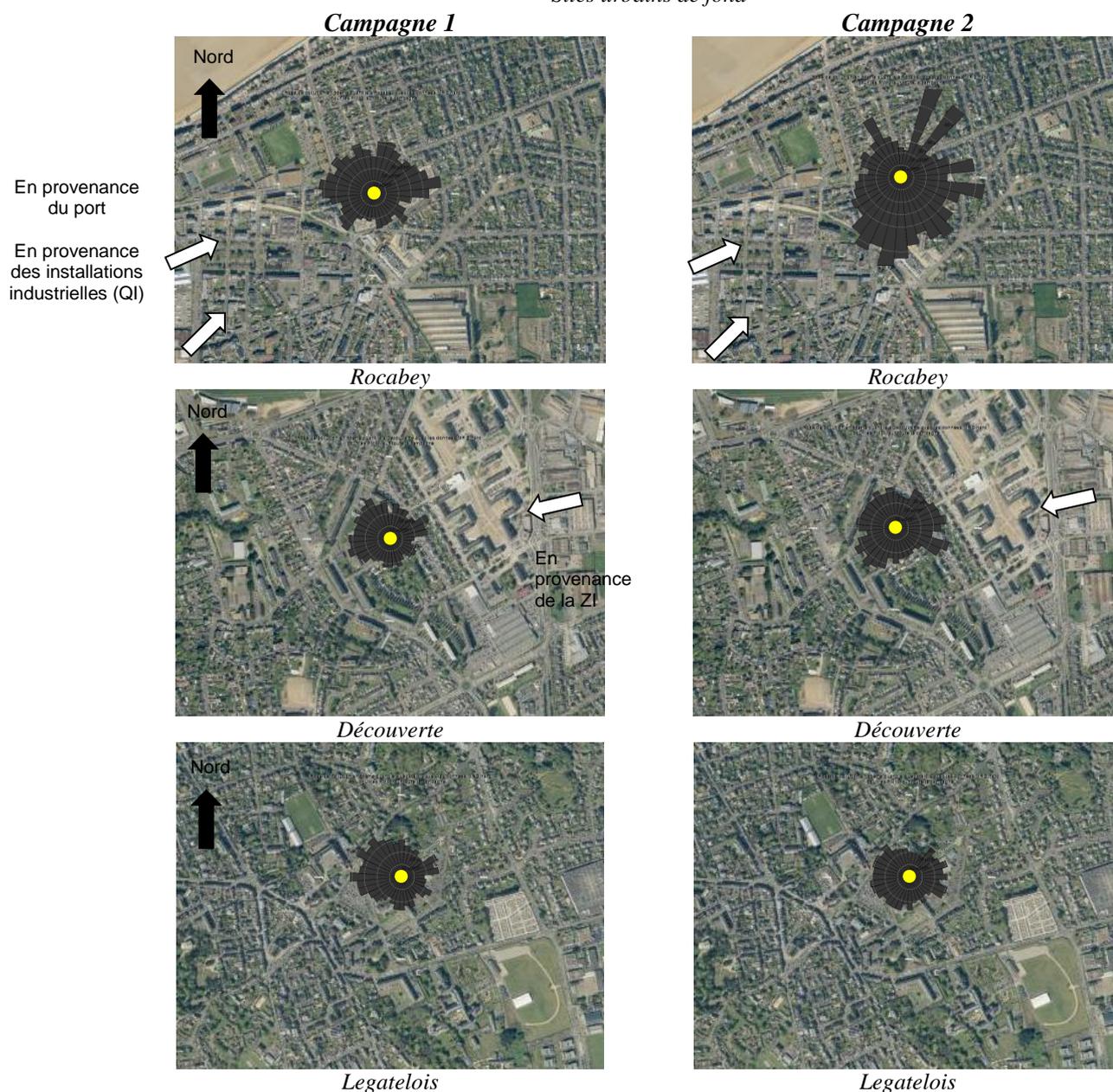


Figure 53 : Roses des pollutions en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les sites urbains de fond – concentrations maximales par direction

Pour les sites supposés sous influence proche, les différences de niveaux en PM10 en fonction des directions sont plus marquées (essentiellement en campagne 1 du fait de niveau de fond moins élevés), témoignant de la présence de sources ponctuelles autour de ces points.

Sites sous influence proche

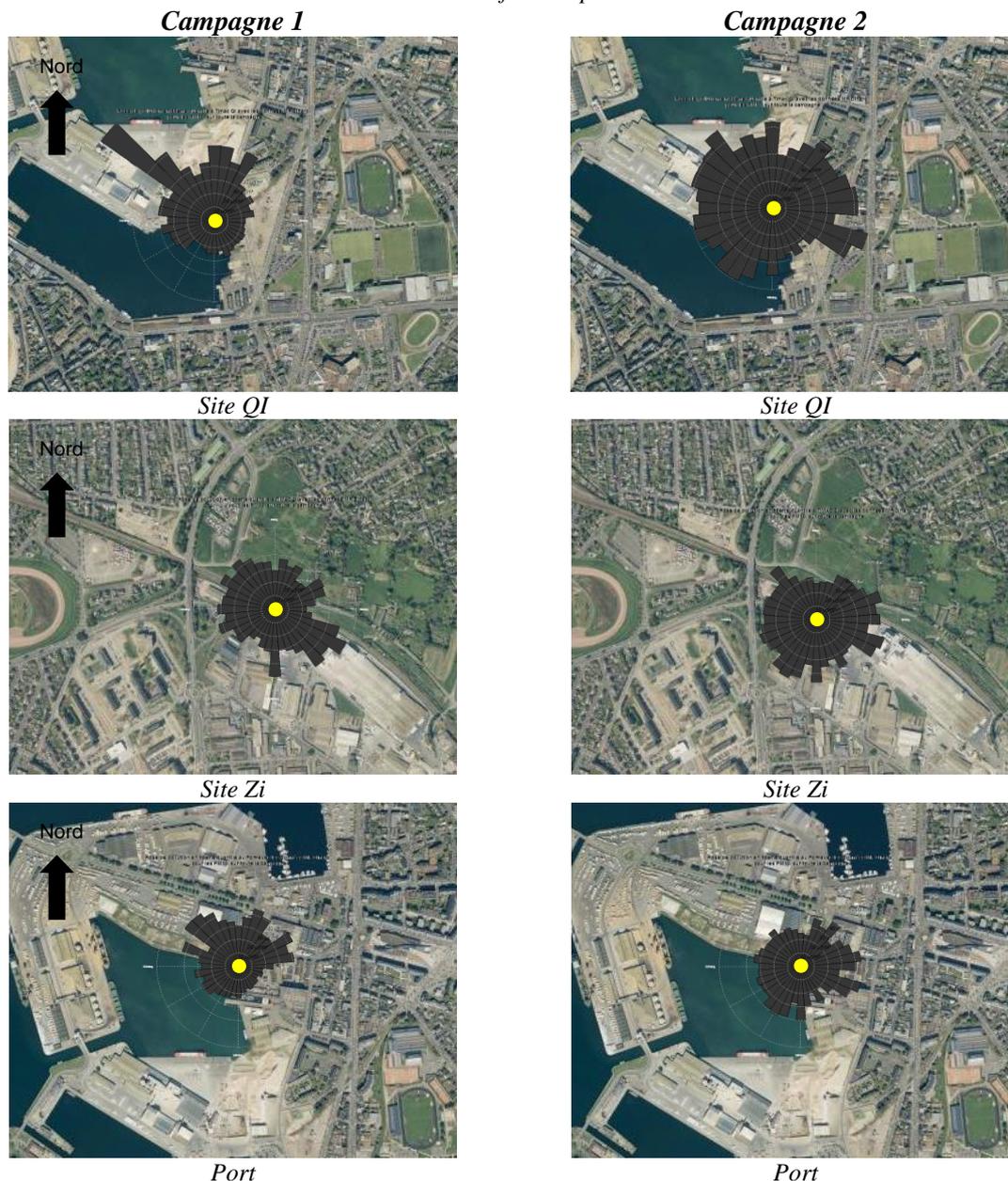


Figure 54 : Roses des pollutions en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les sites supposés sous influence proche – concentrations maximales par direction

Sur le site QI : les concentrations les plus élevées ont été mesurées par vent de Nord-Ouest à Nord.

Sur le site Zi : les concentrations sont les plus élevées par vent d'Est à Sud-Est soit en provenance de la zone industrielle et particulièrement du site industriel et de ses zones de circulation. Cela se traduit notamment en été par différences importantes en fonction des directions de vents. A noter également la contribution probable du trafic routier dans les niveaux mesurés sur ce point notamment par vent en direction du secteur Ouest à Nord-Ouest en provenance de l'avenue Général de Gaulle et du rond-point de la Bretelle).

Sur le point Port : les concentrations sont les plus élevées par vent de secteur Nord-Ouest à Nord-Est en campagne 1. En campagne 2, contrairement à la précédente campagne, les concentrations maximales ont été mesurées par vent en provenance du secteur Ouest/Sud-Ouest et Est. Ce point peut s'expliquer par des localisations différentes des activités (usage du quai JC4 en 2^{nde} période contrairement à la 1^{ère} campagne par exemple). L'influence du chantier naval pourrait expliquer les concentrations plus élevées lors de vents en provenance du Nord-Est.

VI.5.3 Synthèse des mesures PM10

Le dispositif suivant a été mis en place pour la mesure des particules fines PM10 dans le cadre de cette étude :

- 1 point de mesure réglementaire sur le site urbain de fond Rocabey :

L'objectif de ces mesures était de caractériser le niveau de fond en PM10 au niveau de la ville et le comparer au seuil réglementaire ainsi qu'aux mesures d'autres agglomérations bretonnes. En outre, cette campagne préliminaire avait également pour objectif de pérenniser ce point de mesure et l'intégrer au réseau de surveillance régionale.

- 5 points de mesure complémentaires dotés de dispositifs non homologués dont 2 en situation urbaine de fond et 3 supposés sous influence proche de sources possible de particules.

L'objectif de ces mesures indicatives était de voir si successivement les sites urbains de fond puis les sites sous influence supposée plus proche, présentaient des mesures impactées ou non par la présence de sources de particules PM10.

Sur la base des résultats de ces mesures, nos observations sont les suivantes :

- Les mesures réglementaires de PM10 de la station de fond Rocabey sont inférieures à la valeur limite annuelle bien que très légèrement supérieures à celles des autres stations bretonnes : l'écart relatif des moyennes annuelles estimées est de 5 % avec St Brieuc et 15% avec Brest.
- Une seule moyenne journalière dépasse le seuil d'information à savoir $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur les 110 jours de mesures en 2017) contrairement aux autres stations bretonnes : il s'agit du vendredi 17/11/17. Notre analyse de ce pic révèle la conjonction de plusieurs facteurs : des concentrations de fond particulièrement élevées, un changement des conditions de vents exposant le site aux vents en provenance de la mer. L'influence marine est privilégiée dans ce cas.
- L'approche sous la forme de rose des pollutions à partir des autres mesures réalisées sur la ville, a permis de révéler des influences multiples sur les sites urbains, caractéristiques de cette typologie de site. Le site Découverte présente des niveaux de PM10 légèrement plus élevés par vents de Nord-Est soit lorsque le site est sous les vents de la zone Industrielle et de l'avenue du Général de Gaulle. Le protocole déployé pour le suivi de ce paramètre ne permet pas de préciser la ou les source(s) pour ces particules fines.

Pour les sites sous influence supposée proche, des sources ont assez clairement été identifiées pour les sites QI et ZI.

Pour le port, l'éloignement des installations et leur répartition autour du point de mesures rendent plus difficile la distinction des sources même si elles semblent bien présentes.

Cette représentation permet de confirmer la présence d'émissions de PM10 dans les environs des points dits sous influence. L'impact de ces émissions n'a toutefois pas été démontré sur les niveaux enregistrés sur deux des trois sites de fond distants de 700 à 1000 mètres, ce qui n'exclut pas un impact à une distance plus faible.

L'un d'entre eux (Découverte) présente des niveaux en PM10 qui semblent toutefois influencés ponctuellement lorsque les vents sont provenance du Nord-Est soit de la zone industrielle (située à 700 m) mais également de l'avenue à fort trafic du Général de Gaulle.

Pour approfondir ce diagnostic au niveau de ce quartier, la réalisation d'une mesure réglementaire en PM10 sur le site urbain Découverte serait intéressante sans susciter toutefois d'inquiétude à ce sujet ni de remise en cause des conclusions de cette partie.

Au des réaménagements nombreux projetés dans les mois à venir dans ce quartier, il sera préférable de réaliser ces mesures après achèvement de ces travaux.

VI.6. Résultats des mesures et analyse des particules sédimentables (dépôts secs)

Ce chapitre est réservé à la présentation des résultats obtenus sur le paramètre « poussières sédimentables » collectées sur les six sites pendant les deux campagnes de mesure.

La méthode utilisée, à savoir la mesure en continu des dépôts secs, est identique sur l'ensemble des points.

Le protocole de traitement des résultats des mesures et des échantillons collectés est présenté dans le chapitre suivant.

VI.6.1 Méthode de traitement des résultats et des échantillons journaliers collectés

Grâce au dispositif utilisé, une mesure en continu des niveaux de retombées (données horaires) a été réalisée ainsi qu'une collecte journalière d'échantillon de retombées (dépôts secs) dans une coupelle.

Rappelons qu'en cas de pluie, l'appareil est conçu pour séparer les dépôts humides des dépôts secs.

L'objectif de ces mesures et de la collecte de dépôts secs est d'apporter les réponses aux questions suivantes :

- Les sites urbains de fond sont-ils impactés par des dépôts importants de particules sédimentables ?
- Quelle est la part des dépôts secs d'origine anthropique ?
- Quelles sont les sources de ces dépôts d'origine anthropique ?
- Quelles sont les variations spatiales et temporelles de ces dépôts d'origine anthropique ?

Pour répondre à ces deux objectifs, le traitement suivant des données et échantillons a été réalisé :

- 1- Analyse des données de mesure sur les sites urbains puis sur les sites jugés sous influence proche de sources ;
- 2- Observation de la nature des dépôts secs collectés pour les journées ayant présenté des dépôts jugés significatifs afin d'identifier les sources possibles.

Cette méthode de traitement est détaillée ci-après.

a) Analyse des données de mesure

Les capteurs enregistrent sur un pas de temps horaire les masses de dépôts secs collectés. Cette masse est pondérée par le temps d'exposition qui peut être inférieur à une heure dans le cas de période pluvieuse.

Cette masse horaire est usuellement ramenée à la journée et divisée par la surface de la coupelle. Les données de mesures horaires sont exprimées en mg/m²/jr.

Pour leur traitement, nous avons choisi d'analyser :

- Les retombées mensuelles des dépôts secs par site et pour les deux campagnes ;
- Les cumuls horaires des retombées.

L'analyse des retombées mensuelles permet de situer les résultats d'une part par rapport aux données bibliographiques (avec les réserves associées à la densité des particules collectées qui peuvent être différentes), et d'autre part entre les sites et entre les campagnes pour apprécier les variations spatiales et saisonnières.

L'analyse des cumuls horaires permet d'interpréter plus finement le profil des retombées sur les sites et d'identifier les caractéristiques des dépositions : continuité des dépôts, présence de dépôts ponctuels importants, répartition temporelle des dépôts à l'échelle de la journée, ...

b) Observation de la composition des échantillons journaliers

L'objectif de cette analyse qualitative est d'identifier la nature des dépôts secs collectés sur chacun des sites, particulièrement pour les journées susceptibles de provoquer des nuisances.

Pour ce faire, nous avons défini un seuil repère sur la base des critères suivants, tirés de nos observations visuelles des échantillons journaliers :

- Taux de recouvrement de la coupelle ;
- Couleurs des particules collectées ;
- Aspect naturel (familier) ou non des particules ;
- Morphologie et taille des particules : fines, grossières, ...

Le niveau repère a ainsi été fixé à 200 mg/m²/jr atteint à minima sur une heure durant chaque journée correspondant à un cumul horaire de 8 mg/m².

Nous avons considéré que le dépassement de ce niveau de retombées était corrélé à un taux de recouvrement suffisant pour entraîner une nuisance. Rappelons que ce seuil est propre au contexte de la zone d'étude et ne peut être utilisé pour d'autres suivis.

Afin d'illustrer ces propos, les figures suivantes présentent deux exemples de coupelles dont les niveaux sur la journée ont dépassé légèrement le seuil fixé. Il s'agit en quelques sorte des coupelles présentant les taux de recouvrement les plus faibles parmi celles retenues pour l'observation de la composition.



Figure 55 : Echantillons collectés lors de deux journées ayant présenté des niveaux légèrement supérieurs au seuil de 200 mg/m²/jr

En l'absence de pic horaire supérieur à 200 mg/m²/jr sur une journée, nous considérons qu'il n'y a pas eu de nuisances liées aux dépôts de particules sur cette période.

Pour les journées ainsi sélectionnées, nous ne faisons pas apparaître les niveaux de retombées atteints qui sont très liés à la nature des particules collectées (densité) et ne sont pas directement proportionnels au degré de nuisances.

Le graphique ci-après présente un extrait des relevés horaires des retombées avec identification des pics horaires supérieurs au seuil repère. Il s'agit pour exemple des relevés effectués sur le site QI. Les autres sites sous influence proche de sources présentent des profils semblables.

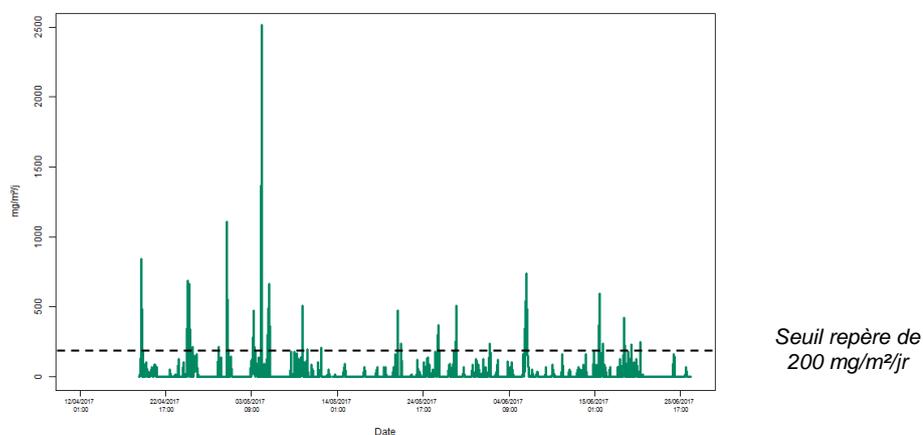


Figure 56 : Identification des pics de retombées de particules (relevés horaires exprimés en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jr}$)

Les tableaux des pages suivantes présentent les journées sélectionnées pour chacun des sites.

Tableau 22 : campagne 1 - Synthèse des échantillons journaliers retenus pour l'analyse qualitative

Campagne 1	Legatelois	Découverte	Rocabey	QI	ZI	Port
20/04/2017			X		X	X
21/04/2017					X	
22/04/2017	X		X			
23/04/2017	X		X		X	
24/04/2017			X			
25/04/2017	X		X	X		X
26/04/2017	X	X	X			X
27/04/2017	X		X			X
28/04/2017			X			
29/04/2017	X	X		X	X	
30/04/2017		X		X	X	
01/05/2017		X	X		X	
03/05/2017	X		X	X		X
04/05/2017	X	X	X	X		X
05/05/2017	X	X	X	X	X	X
08/05/2017			X			
09/05/2017		X	X	X		
10/05/2017		X	X		X	
11/05/2017	X	X			X	
12/05/2017	X			X	X	
13/05/2017		X	X		X	
14/05/2017	X				X	
15/05/2017					X	
16/05/2017					X	
17/05/2017	X				X	
18/05/2017	X		X			
21/05/2017				X	X	
22/05/2017	X				X	
23/05/2017			X			
25/05/2017	X	X			X	X
26/05/2017	X			X	X	
27/05/2017	X				X	
28/05/2017	X	X	X	X	X	X
29/05/2017		X				
30/05/2017					X	
31/05/2017			X		X	
01/06/2017				X		X
02/06/2017			X			
03/06/2017			X			
04/06/2017	X		X		X	X
05/06/2017	X	X	X		X	X
06/06/2017	X	X	X	X	X	
08/06/2017					X	
09/06/2017					X	
10/06/2001					X	
11/06/2017					X	
13/06/2017					X	
14/06/2017		X			X	X
15/06/2017				X	X	X
18/06/2017		X		X	X	X
19/06/2017	X			X		
20/06/2017				X	X	
24/06/2017						X
26/06/2017						X
	23	17	25	17	35	17

Tableau 23 : campagne 2 - Synthèse des échantillons journaliers retenus pour l'analyse qualitative

Campagne 2	Legatelois	Découverte	Rocabey	QI	ZI	Port
04/10/2017						X
05/10/2017	X			X	X	
06/10/2017	X			X		
07/10/2017				X		
09/10/2017	X					
10/10/2017				X		
11/10/2017	X	X	X		X	
12/10/2017	X			X		
15/10/2017	X				X	
16/10/2017					X	
17/10/2017	X			X		
19/10/2017	X				X	X
20/10/2017					X	
21/10/2017			X		X	
22/10/2017	X		X	X	X	
23/10/2017				X		
24/10/2017	X					
25/10/2017	X	X				X
27/10/2017		X				
28/10/2017		X		X		
29/10/2017		X				
03/11/2017			X			
04/11/2017			X			X
07/11/2017	X			X	X	
08/11/2017				X		X
09/11/2017		X			X	X
12/11/2017						X
13/11/2017				X		X
15/11/2017				X		
22/11/2017	X	X		X	X	X
27/11/2017	X					X
	14	7	5	14	11	10

Le tableau ci-dessous synthétise le nombre d'échantillons collectés ainsi que ceux ont fait l'objet d'une analyse qualitative du fait du dépassement du seuil repère de nuisance.

	Campagne 1	Campagne 2	TOTAL
Nombre d'échantillons journaliers collectés	393	335	728
Nombre d'échantillons journaliers avec analyse qualitative (> seuil repère de nuisance)	134 (34%)	61 (18%)	195 (27%)

Au total 195 échantillons journaliers ont fait l'objet d'une analyse qualitative, pour déterminer leur composition (soit 27% des échantillons collectés sur les six sites).

Cela représente un nombre de jours avec dépassement du seuil sur la campagne compris entre 13 et 28 jours pour les sites urbains et 21 à 38 jours pour les sites sous influence de sources proches.

Les analyses de composition ont été réalisées selon deux niveaux de traitement :

- Une observation à la loupe binoculaire pour tous les échantillons journaliers ;
- Une analyse fine au Microscope Electronique à Balayage (MEB) pour certains d'entre eux.

Ces deux niveaux de traitement des échantillons sont détaillés ci-après.

1. Observations à la loupe binoculaire

Cette phase d'observation à la loupe binoculaire a été réalisée par le personnel d'Air Breizh et avait pour objet de réaliser une description de la nature des particules collectées sur la journée selon leur morphologie, leur couleur et leur taille.

Les proportions de chaque typologie de particules ont également été estimées.

2. Analyse au Microscope Electronique à Balayage (MEB)

Pour certains échantillons, l'identification des particules de morphologie semblable, était difficile. Par conséquent, une analyse fine a été réalisée par Microscope Electronique à Balayage (MEB). Comme détaillé précédemment, cette technique analytique poussée permet de déterminer avec précision la nature des particules collectées et facilite donc la recherche des origines possibles. L'analyse MEB est considérée comme un moyen complémentaire pour la détermination des particules non identifiées à la loupe binoculaire.

Pour faciliter la détermination de l'origine possible des particules collectées, nous avons demandé aux partenaires associés au projet de réaliser des prélèvements sur des produits bruts susceptibles d'émettre des particules sédimentables (cf. chapitre VI.2.4).

Ces produits ont fait l'objet d'une observation à la loupe binoculaire et d'une analyse MEB. Pour ces produits, les éléments distinctifs du tableau de la page suivante ont notamment été identifiés.

Nos recherches sur les origines des particules collectées ne se sont toutefois pas limitées à cette liste de produits.

La méthode de traitement, notamment par analyse MEB, permet aussi d'identifier la nature des particules même en l'absence d'échantillons prélevés sur les produits bruts.

Tableau 24 : Résultats des analyses qualitatives des échantillons de produits bruts

Echantillons – Dénomination industrielle	Eléments distinctifs à la loupe binoculaire	Caractérisation morphologique au MEB
1-« Phosphate monocalcique (MCP) »	Couleur blanche, forme arrondie	10 à 100 µm, Fines particules lamellaires agglomérées en surface des grosses particules. Présence de phosphore et de calcium
2-« Phosphate monobicalcique (MDCP) »	Couleur blanche, forme arrondie	10 à 100 µm Fines particules lamellaires agglomérées en surface des grosses particules. Présence de phosphore et de calcium
3-« Phosphate bicalcique (DCP) »	Couleur blanche, aggloméré par paquet	Taille inférieure à 10 µm Présence de phosphore et de calcium
4-« Phosphate magnésien (Mag26) »	Couleur beige/marron, forme arrondie	10 à 50 µm. Quelques faces et arêtes nettes exposées par endroit. Présence de phosphore, de magnésium et de calcium
5- « Oxyde de magnésium (MGO) »	Couleur blanche/beige à marron, forme arrondie/anguleuse	10 à 100 µm Fines particules recouvrant la surface des grosses particules. Présence de magnésium et de traces de calcium
6-« Magnésie »	Couleur blanche, forme arrondie Assimilable à du silicate de magnésium	Taille inférieure à 10 µm Fines particules recouvrant la surface des plus grosses particules. Présence de magnésium, de silicium en quantités variables
7-« Phosphate naturel » brut	Couleur noire, forme arrondie	10 à 200 µm Présence de phosphore et de calcium
8-« Calcium marin (coquilliers) »	Mélange de couleurs, transparents, s'agglomèrent peu	Taille millimétrique, morphologie variée
9-« Sel »	Anguleux, transparents	Taille inférieure à 10 µm avec une morphologie cubique Présence de sodium et de chlore
10-« Drèche de maïs »	Couleur jaune, allongée avec filaments	Particules carbonées de taille inférieure à 100 µm et de morphologie variée
11-« Tourteaux de tournesol »	Couleur (beige clair avec quelques particules plus foncées)	Particules carbonées de taille et de morphologie variées.

VI.6.2 Résultats des mesures des particules sédimentables

Les résultats des niveaux de retombées mesurés sont présentés dans le présent chapitre.

a) Niveaux journaliers moyennés par mois de mesures

Comme expliqué précédemment, les niveaux de retombées usuellement mesurés sur une période d'un mois, sont exprimés par convention en mg/m²/jr.

Il s'agit du cumul des masses mesurées sur cette période, pondéré par le temps d'exposition des coupelles sur cette même période et rapporté à la journée.

Les tableaux et graphiques de la page suivante présentent ces résultats.

en mg/m ² /jr	Sites urbains de fond			Sites sous influence de sources proches		
	Découverte	Rocabey	Legatelois	ZI	QI	Port
19/04-23/05	21,7	33,0	43,3	36,3	24,9	26,7
24/05-26/06	34,1	13,5	17,6	63,6	19,8	18,4
04/10-31/10	11,5	8,0	18,9	20,2	18,9	5,1
01/11-29/11	9,7	4,3	5,8	19,5	22,4	34,8

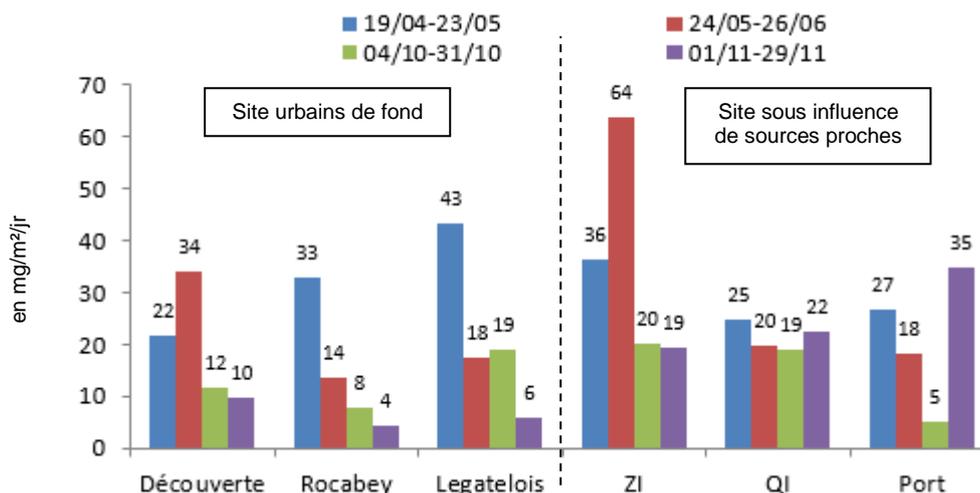


Figure 57 : Résultats des retombées sédimentables exprimés en cumul moyen journalier sur une période d'un mois (en mg/m²/jr)

Comme expliqué précédemment, la comparaison inter-site des résultats est délicate du fait des influences différentes propres à chaque site et donc des propriétés différentes des particules collectées.

L'objectif de ce paragraphe est plutôt d'étudier les variations des niveaux entre les mois pour chacun des sites.

Pour les sites urbains de fond Découverte, Rocabey et Legatelois, les niveaux sont faibles en campagne hivernale.

Pour la campagne printanière, la tendance entre les deux mois de mesure sur le site Découverte est identique à celle du point de la ZI (le plus proche). Ajoutons toutefois la présence de travaux exercés à proximité du point Découverte durant cette campagne (rue de l'Arabie). L'influence des émissions de la zone industrielle sur le site Découverte est à étudier.

Pour les deux autres sites, les valeurs sont supérieures durant le mois de mai par rapport au mois de juin avec des différences importantes.

Pour le point de la ZI, les niveaux moyens journaliers des retombées particulières pour la 2nde partie de la campagne 1 (soit en juin), sont bien supérieurs à ceux du 1^{er} mois. Les précipitations abondantes en juin pourraient expliquer ce résultat. Notons également les différences des activités au niveau de l'usine Timac Agro entre les deux mois de mesure (arrêt de l'atelier granulation durant le 1^{er} mois). En hiver, les niveaux ont été stables et bien inférieurs à ceux du printemps.

Pour le point QI, les niveaux en périodes printanière et hivernale sont proches et relativement faibles.

Enfin les niveaux pour le point port sont plus variables. Notons qu'à l'inverse des deux précédents sites, le mois de novembre (en campagne 2) a enregistré la valeur la plus élevée ce qui coïncide également avec une activité plus importante au niveau du port.

En synthèse de cette analyse des niveaux moyens journaliers calculés sur des périodes d'un mois, on relève :

- Pour les sites urbains :

Les données mesurées sur ces sites assimilables à des valeurs de fond, sont de l'ordre de 15-20 mg/m²/jr au printemps et 5-10 mg/m²/jr en hiver. Ces valeurs sont proches des valeurs repères recensées dans la bibliographie (cf. chapitre V.1.2.) ce qui témoigne d'un impact modéré des retombées sur ces sites.

Une analyse plus fine des résultats révèle toutefois que le point Découverte présente des niveaux plus élevés en campagne printanière (et notamment en juin contrairement aux deux autres points), avec une évolution des niveaux entre les mois, identique à celle du site de la zone industrielle (ZI).

Ceci méritera une analyse approfondie notamment avec les données météorologiques et la composition des particules collectées sur ce point.

Les deux autres sites Rocabey et Legatelois présentent des niveaux plus élevés durant le mois de mai par rapport au mois de juin ce qui pourrait être lié aux précipitations plus abondantes. Pour les autres mois, les niveaux sont proches entre les deux sites.

- Pour les sites sous influence de sources proches :

Le site de la zone industrielle ZI présente des valeurs plus élevées durant le mois de juin qui pourraient coïncider avec une activité plus importante sur le site industriel voisin et des précipitations moins abondantes.

Les autres sites de mesures présentent des valeurs moins variables entre les campagnes. Les niveaux sont globalement plus élevés par comparaison aux sites urbains ce qui reste logique au regard du positionnement retenu pour ces points.

Pour analyser plus en détail ces résultats moyennés sur une période d'un mois, une analyse des données horaires est réalisée par la suite.

b) Niveaux horaires par site

Les cumuls des masses quantifiées à un pas de temps horaire sont présentés dans les paragraphes suivants pour chacun des sites.

L'objectif de ces représentations est d'étudier les profils des cumuls de masse pour chacun des sites et de caractériser ainsi l'influence de sources à proximité. Les résultats sont présentés successivement pour les sites urbains puis pour les sites sous influence de sources proches.

Les cumuls des masses horaires sont exprimés en mg. L'échelle des graphiques est identique.

➤ Campagne 1

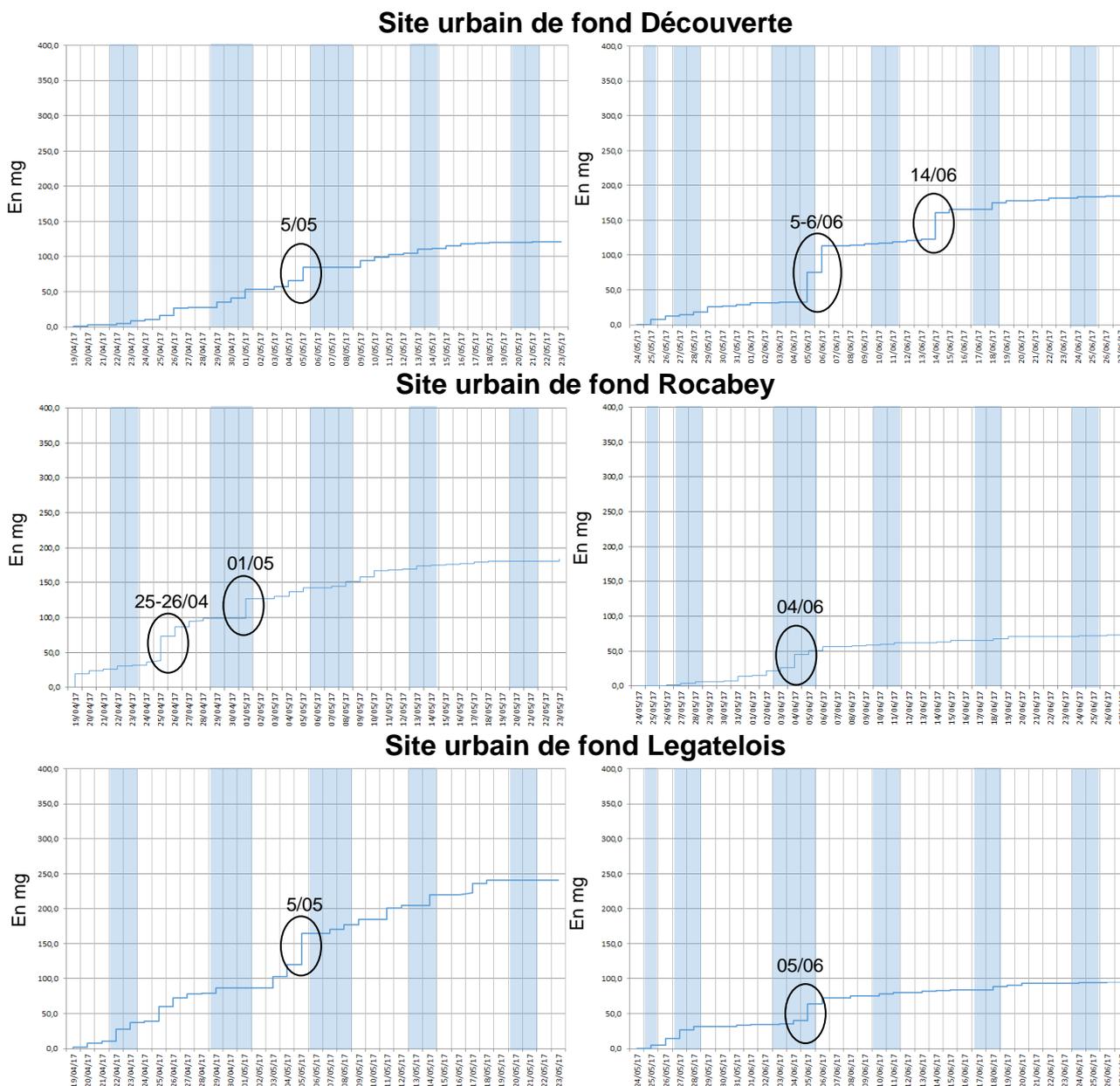


Figure 58 : Evolution des cumuls des masses horaires pour les sites 'urbains de fond' pendant la campagne 1 (en mg)

Le site Découverte a présenté des cumuls assez réguliers durant le mois de mai contrairement au mois de juin qui présente quelques journées avec des dépôts plus élevés (début de la 2nde semaine de mesures notamment).

Le site Rocabey présente des profils assez proches entre les deux mois excepté quelques journées avec des retombées plus importantes durant le 1^{er} mois.

Enfin le site Legatelois présente un profil différent des 2 autres sites urbains et également différent entre les deux mois de cette campagne 1. Une influence externe (végétaux, retombées du toit terrasse) est suspectée sur ce site.

En synthèse, les pentes des profils des retombées sont plus importantes durant le mois de mai par rapport au mois de juin excepté pour le site Découverte pour lequel les retombées sont plus importantes en juin.

Une influence externe est suspectée pour le site Legatelois.

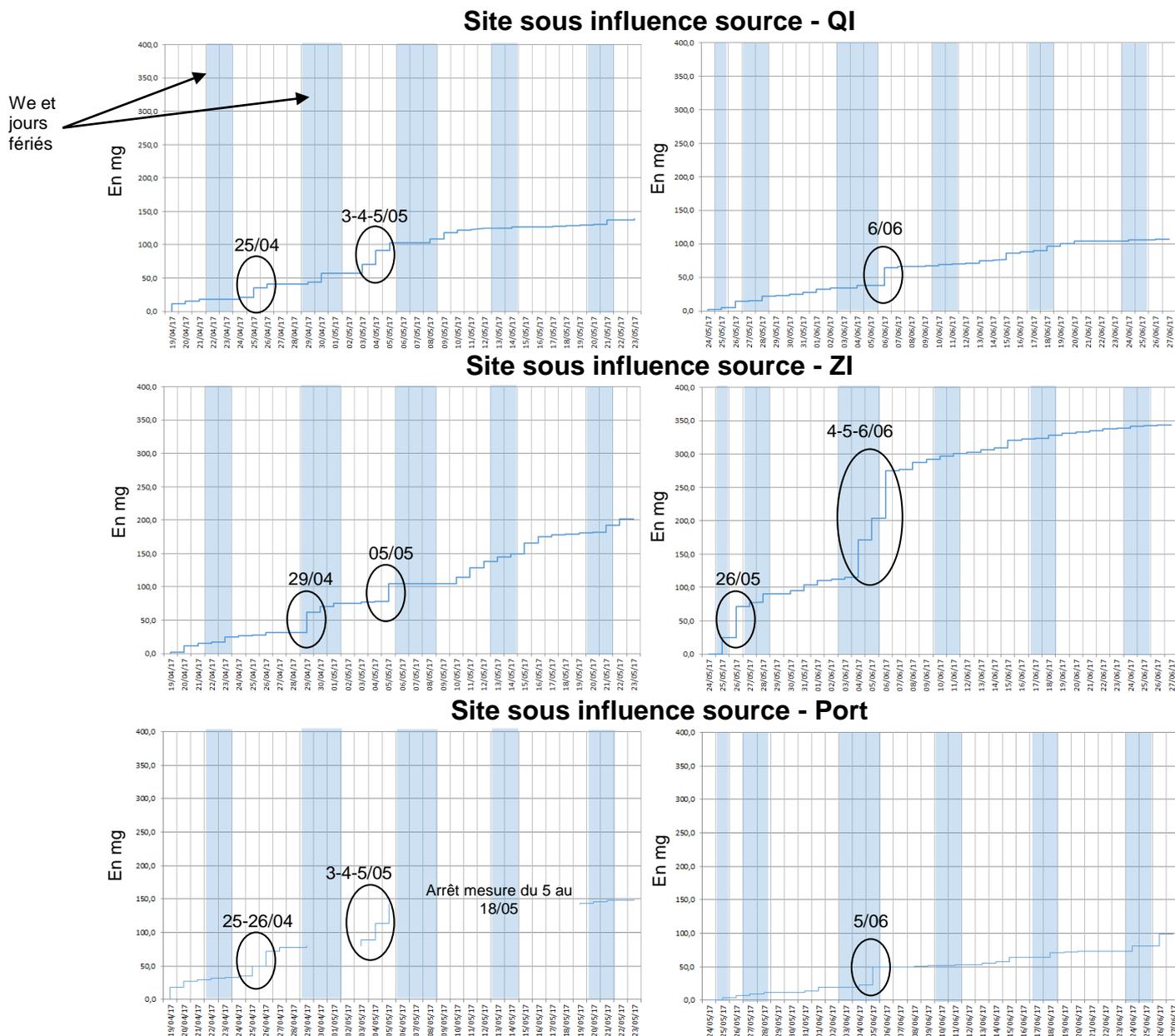


Figure 59 : Evolution des cumuls des masses horaires pour les sites 'sous influence proche de source' pendant la campagne 1 (en mg)

Les profils sont différents selon les sites :

Les mesures des sites QI et ZI sont marquées par des dépôts réguliers dans le temps avec des paliers de courtes durées et assez constants. Pour le site ZI, les dépôts sont les plus importants que sur les deux autres sites (pente plus importante) et semblent assez réguliers excepté du dimanche 4 au mardi 6/06 (dépôts importants). Pour le site QI, les deux profils des mois de mai et juin sont assez proches symbolisant un apport continu des retombées. Pour le port, les dépôts sont plus ponctuels, ce qui se traduit par des hausses brutales des niveaux et des paliers de longue durée.

En synthèse de cette campagne printanière, le traitement de ces données permet de révéler des profils différents entre les sites de mesures ce qui s'explique par leur éloignement aux sources d'émissions. Pour les sites urbains de fond, les profils sont assez semblables entre les trois sites avec des pentes faibles, ce qui indiquerait des influences peu significatives.

Quelques journées ont toutefois été identifiées avec des dépôts ponctuellement plus élevés. L'objectif de la partie analyse qualitative sera d'examiner la composition des particules collectées pour ces journées et de préciser ainsi les origines de celles-ci.

Sur les sites placés sous influence proche de sources, les profils sont différents avec des pentes plus marquées témoignant des apports plus importants (surtout pour le site de la ZI) ; et une récurrence de dépôts significatifs ce qui confirme la proximité de sources d'émissions de particules sédimentables. L'analyse qualitative de ces coupelles permettra d'en déterminer le ou les origine(s).

➤ Campagne 2

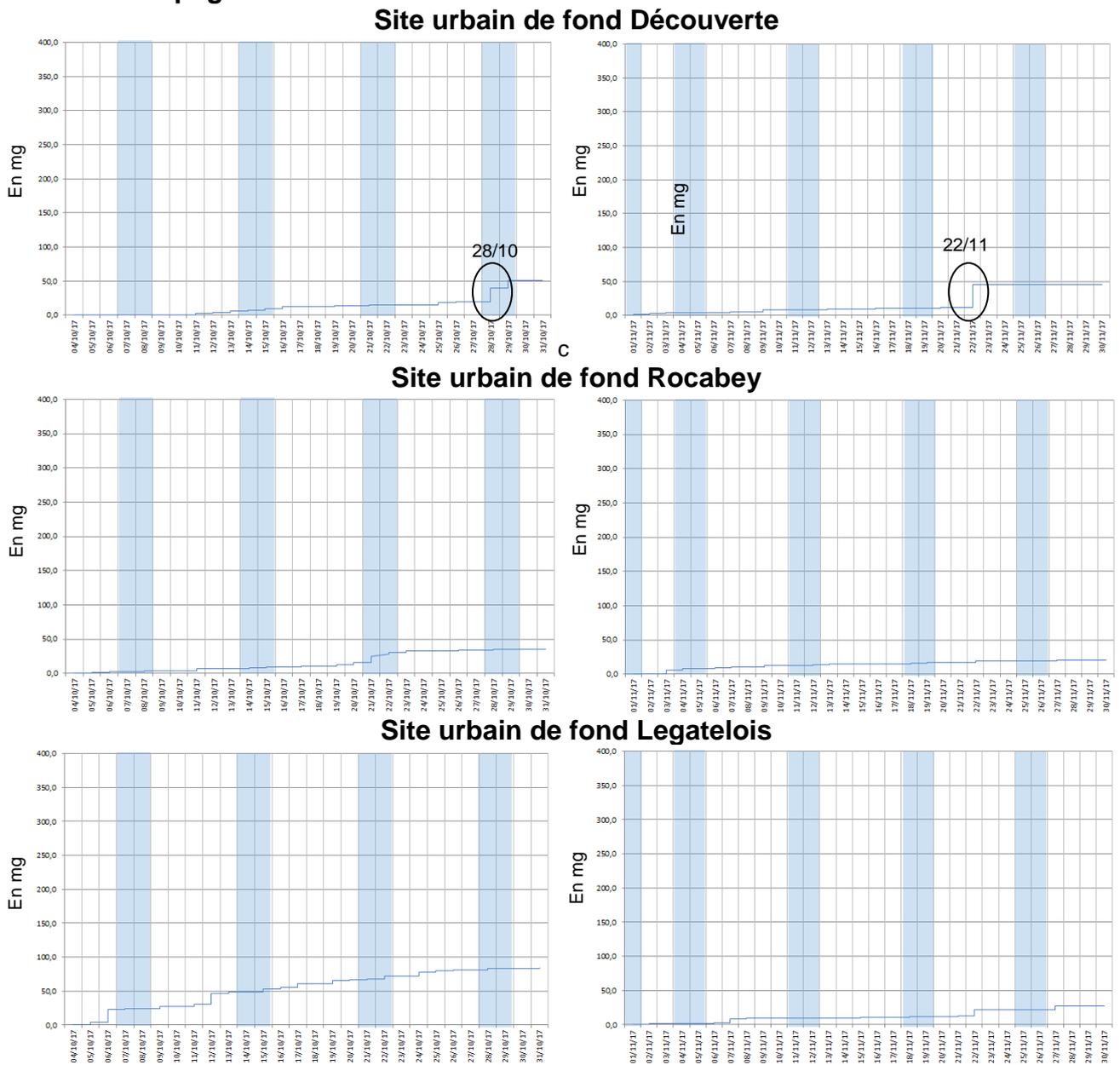


Figure 60 : Evolution des cumuls des masses horaires pour les sites 'urbains de fond' pendant la campagne 2 (en mg)

Les profils sont assez semblables suivants les sites : pentes faibles au regard de la campagne 1 et peu de journées avec des dépôts significatifs. Le site Legatelois présente de nouveau un profil différent qui pourrait être liée à une contamination externe.

A noter que le site Découverte présente un cumul journalier plus important le 22/11 qui coïncide avec un pic également plus important sur le site de la ZI. Les conditions météorologiques et la composition de la coupelle seront analysées.

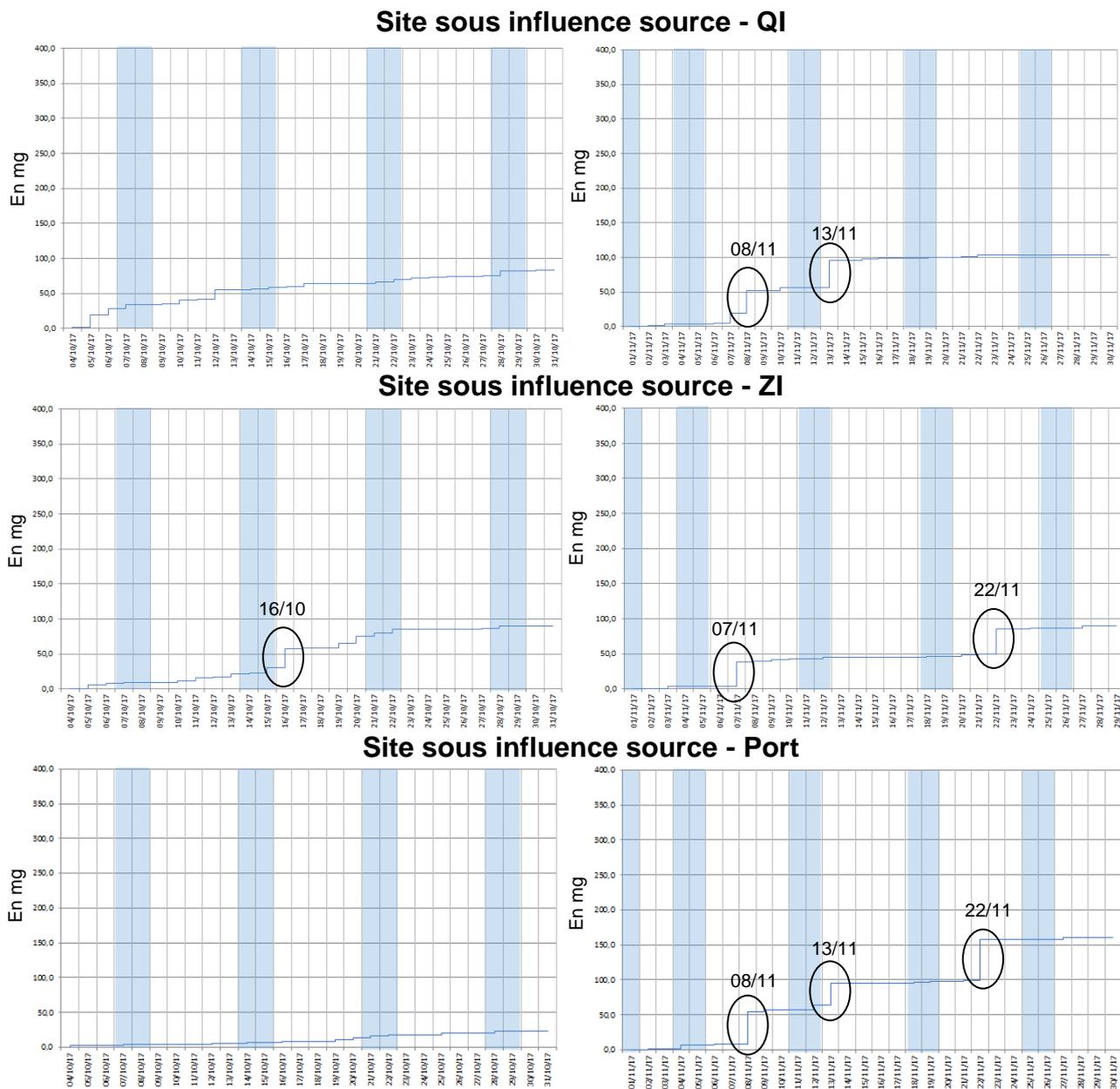


Figure 61 : Evolution des cumuls des masses horaires pour les sites 'sous influence proche de source' pendant la campagne 2 (en mg)

Les profils des sites sous influence proche de source pendant cette campagne 2 sont différents de ceux de la campagne 1.

Les retombées sont moins importantes (pentes plus faibles) et beaucoup plus ponctuelles (présence de paliers observés sur les trois sites).

A noter les profils très différents entre les deux mois de mesures pour le point port avec une pente nettement plus marquée en novembre par rapport à octobre ce qui coïncide avec une activité portuaire plus importante.

Pour finaliser l'interprétation de ces profils et leur comparaison en fonction des sites et de leur typologie, le tableau ci-après synthétise les pentes des courbes de retombées.

Tableau 25 : pente des profils de retombées de particules

	Sites urbains de fond			Sites sous influence de sources proches		
	Découverte	Rocabey	Legatelois	ZI	QI	Port
19/04-23/05	4.2	5.3	7.9	6.1	4.3	4
24/05-26/06	6.6	2.6	2.9	10.9	3.4	2.7
04/10-31/10	1.6	1.6	3.1	4.1	2.5	0.9
01/11-29/11	1.7	0.6	0.9	3.3	4.4	6.6

Les éléments suivants sont tirés de ces données et confirment les propos précédents à savoir :

- Durant la campagne 1 pour les sites urbains de fond :
 - o le second mois de mesure (juin) présente des pentes plus faibles et donc des retombées moins importantes excepté pour le site Découverte ;
 - o la pente plus élevée sur le site Legatelois en mai semble traduire une influence externe sur ce point.
- Durant la campagne 1 pour les sites sous influence de sources proches :
 - o Le site de la zone industrielle ZI présente les pentes les plus élevées avec juin supérieur à mai contrairement aux autres points. L'activité exercée à proximité pourrait expliquer cette tendance ;
 - o Les autres sites présentent des pentes semblables à celles observées en site urbain ce qui traduit des apports continus mais de nature probablement différente ; légère distinction pour le point port qui présente des paliers importants durant cette campagne traduisant des apports ponctuels.
- Durant la campagne 2 pour les sites urbains de fond :
 - o Les pentes sont significativement inférieures à celles de la campagne 1 ce qui traduit des apports en retombées plus faibles sur tous les sites ;
 - o La pente la plus élevée a de nouveau été constatée sur le point Legatelois en octobre ; une contamination externe est possible.
- Durant la campagne 2 pour les sites sous influence de sources proches :
 - o Les pentes sont assez différentes en fonction des mois : le port présente la différence la plus élevée entre les pentes des deux mois de mesure. L'activité plus importante en novembre pourrait expliquer ce résultat.

Au regard de ces résultats, il n'y a pas de relation nette entre les pentes mesurées pour les sites sous influence de sources proches et les pentes mesurées pour les sites urbains de fond.

c) Synthèse de l'analyse des niveaux de particules sédimentables

A ce stade de l'interprétation, nos observations sont les suivantes :

Pour chacun des sites, les niveaux de retombées ont été plus importants durant la campagne printanière que durant la campagne hivernale.

Ce constat est plus marqué pour les sites urbains pour lesquels les particules d'origine naturelle sont probablement plus présentes. Pour les sites sous influence proche, les différences entre les campagnes sont moins significatives ce qui pourrait s'expliquer par le fait que les particules générées sont plutôt issues d'activités anthropiques et donc moins influencées par les conditions météorologiques par rapport aux envois de particules d'origine naturelle. L'approche qualitative sera nécessaire pour confirmer ce point.

Par ailleurs, bien que des différences aient été observées entre les sites (nature des particules collectées), les niveaux mesurés sur les sites urbains de fond sont proches des valeurs observées dans la bibliographie ce qui témoigne d'un impact modéré des retombées sur ces sites.

Les pentes des profils des cumuls de masses horaires sont assez faibles et proches suivants les points ce qui confirme que les apports en particules sédimentables sont modérés. Il y a une légère réserve pour le site « Découverte » qui présente une pente plus élevée en juin par rapport aux autres mois ce qui va à l'encontre de la tendance observée sur les autres points.

Pour les mesures effectuées à proximité des zones d'activités, les profils présentent des pentes plus marquées que sur les sites urbains surtout durant la campagne 2, avec des paliers également plus marqués et plus récurrents, ce qui confirme la présence de sources de poussières sédimentables à proximité. Cette observation est plus marquée pour le site de la ZI ainsi que pour le point port durant le mois de novembre.

Bien que des éléments se dégagent de cette analyse des niveaux de retombées, une analyse complémentaire de la composition des particules sera nécessaire pour distinguer les parts naturelle et anthropique des particules et ainsi mieux appréhender les nuisances ressenties.

Le chapitre suivant via l'approche qualitative permettra de préciser la nature des particules collectées, les sources éventuelles, et donc les rayons d'impact de ces sources d'après les informations collectées sur les activités exercées à proximité des points de mesure.

VI.6.3 Résultats des analyses qualitatives des dépôts secs journaliers

La détermination d'un seuil repère de nuisance a permis d'isoler 195 échantillons journaliers supposés correspondre à des journées durant lesquelles des nuisances ont pu être ressenties.

En parallèle, l'observation des profils des cumuls des masses horaires a permis d'identifier quelques journées à dépôts également significatifs. Notons que la totalité de ces journées est déjà intégrée dans les 195 échantillons isolés grâce au seuil de nuisances.

Pour ces 195 échantillons, l'objectif est d'identifier les origines des dépôts de particules sédimentables collectées et de distinguer les origines naturelles (sables, végétaux, coquillages) et les origines anthropiques.

Dans certains cas, nous avons constaté via l'observation, que le pic significatif de dépôts était lié à la présence de macroparticules (insectes, gouttes d'eau) qui ont perturbé la mesure. Par conséquent, ces échantillons ont été invalidés.

Les résultats sont présentés ci-après et confrontés :

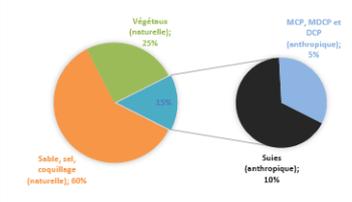
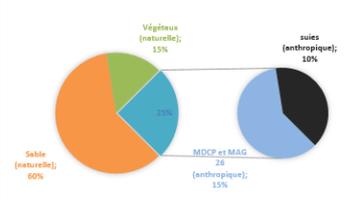
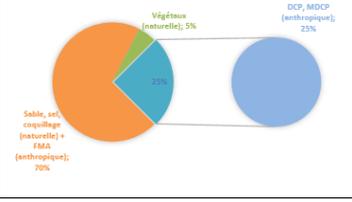
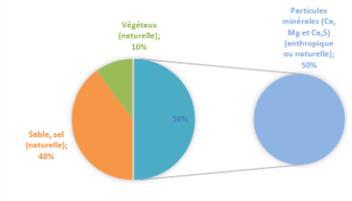
- aux conditions météorologiques,
- aux données d'activités des sites partenaires les plus proches.

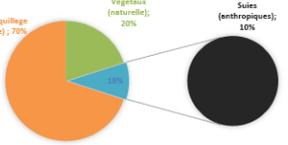
Pour chacune des campagnes, dans un premier temps, les compositions des échantillons collectés sur les sites urbains de fond sont présentées. L'objectif est de caractériser la nature des particules collectées et d'identifier des sources possibles pour ces particules : proportions de particules d'origine anthropique/naturelle, nature des particules anthropiques, ...

Pour préciser les origines possibles de certaines particules sédimentables collectées sur les sites urbains, les résultats sont confrontés à la nature des particules collectées sur les sites sous influence proche de sources qui sont donc présentés dans un second temps. Pour les particules collectées sur les sites urbains, sans lien apparent avec celles collectées sur les sites sous influence proche des sources, d'autres origines seront avancées.

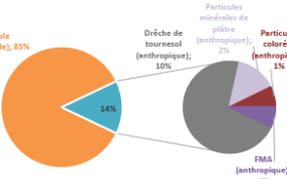
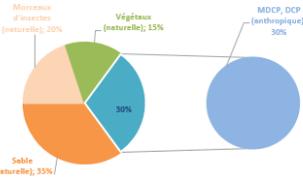
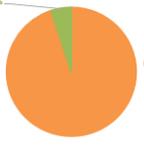
a) Site urbain de fond Découverte

→ Campagne 1

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités	
1	mercredi 26 avril 2017	Vents de Nord et Sud-Ouest	X	X	Caractériser la nature des retombées recueillies sur ce site - impact activités usines Timac agro et Phospha ZI ?		Site Timac ZI : Arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phospha (U2/U3)	
2	samedi 29 avril 2017	invalidé						
3	dimanche 30 avril 2017	invalidé						
4	lundi 1 mai 2017	Vents Ouest/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable + quelques particules végétales + quelques petites particules blanches mais assez rarement	Site Timac ZI : Arrêt des usines Timac Agro ZI + Phospha	
5	jeudi 4 mai 2017	Vent de Nord-Est	X	X	Caractérisation des retombées lors du fonctionnement de Phospha seule		Site Timac ZI : Arrêt usines Timac Agro ZI - fonctionnement phospha (U1/U2/U3)	
6	vendredi 5 mai 2017	Vents d'Est	X		Caractériser les retombées - impact fonctionnement Phospha ?	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sable + particules végétales (lichens etc.) + quelques particules blanchâtres présentes sous forme de grains	Site Timac ZI : Arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phospha (U1/U2/U3)	
7	mardi 9 mai 2017	Vents de Nord-Est	X	X	Caractérisation des retombées lors du fonctionnement de Phospha seule		Site Timac QI : Arrêt usines Timac Agro ZI - fonctionnement de usine Phospha (U1/U3)	
8	mercredi 10 mai 2017	invalidé						
9	jeudi 11 mai 2017	Vents Sud-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable en majorité + quelques particules végétales (graines, mousses)	Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement de Phospha (U1/U3)	
10	samedi 13 mai 2017	Vents Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sables majoritaire + particules végétales + quelques rares grains très blancs	Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement de Phospha (U1)	
11	jeudi 25 mai 2017	invalidé						
12	dimanche 28 mai 2017	Vents Nord-Est/Sud-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable + diverses espèces d'origine végétale (graine, mousse, lichens, ...) + rares grains de couleur blanche	Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI et Phospha	
13	lundi 29 mai 2017	Vents de Nord-Ouest et Sud-Ouest	X	X	Caractérisation des envois en provenance du site QI et du port		Site Timac QI : Fonctionnement de l'usine Timac Ago QI + Hochelaga Site Port : Déchargement drêche maïs (du 26 au 29/05 - Poste DT3), congele (du 29 au 31/05 - Poste DT12), bois (du 29 au 30/05 - Poste V8)	
14	lundi 5 juin 2017	invalidé						

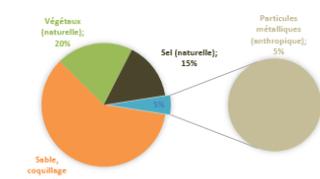
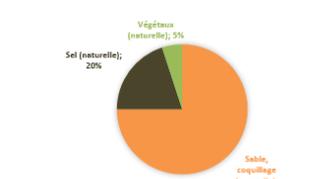
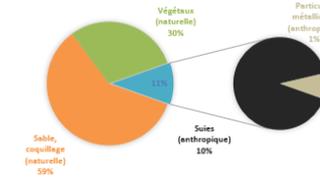
	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
15	mardi 6 juin 2017	Vents d'Ouest	X	X	Caractériser les retombées avec vents en provenance de QI --> majorité sables, coquillages		Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelega Site Port : Déchargement engrais (2 au 7/06 - Poste V9) - anhydrite (6 au 7/06 - Poste JC1)
16	mercredi 14 juin 2017					invalidé	
17	dimanche 18 juin 2017					invalidé	

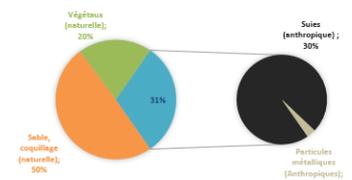
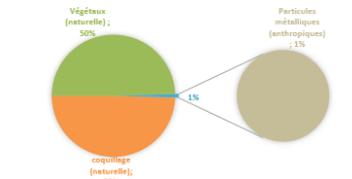
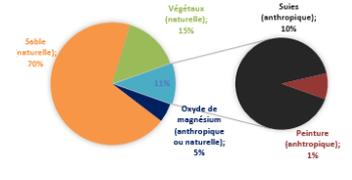
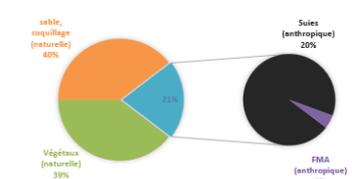
→ Campagne 2

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	mercredi 11 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées (vents hors provenance site ZI)		Aucun vents en provenance des différents sites
2	mercredi 25 octobre 2017	Vents de Sud et Nord-Est	X	X	Caractériser les retombées lors du fonctionnement des usines ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement des usines Timac Agro ZI (Granulation uniquement) + fonctionnement de l'usine Phosphea (U1/U2/U3)
3	vendredi 27 octobre 2017					invalidé	
4	samedi 28 octobre 2017					invalidé	
5	dimanche 29 octobre 2017					invalidé	
6	jeudi 9 novembre 2017					invalidé	
7	mercredi 22 novembre 2017	Vents de Sud	X	X	Caractériser les retombées (vents hors provenance site ZI)		Aucun vents en provenance des sites

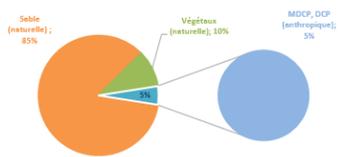
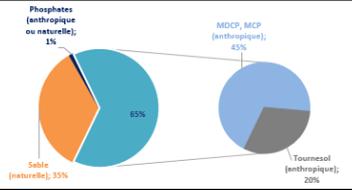
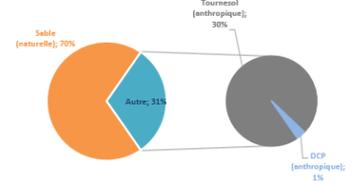
b) Site urbain de fond Rocabey

→ Campagne 1

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	jeudi 20 avril 2017	Vents Nord/Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable de différente taille + particules végétales	Site Port : Chargement de ferraille (du 18 au 20/04 - Poste DT4)
2	samedi 22 avril 2017	Vents Nord/Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Présence de quelques grains de sables + particules végétales insectes	Site Port : Aucune opération de chargement et/ou de déchargement le jour concerné
3	dimanche 23 avril 2017	Vents Est/ Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Présence de quelques grains de sables et particules végétales + rares grains très blancs	Site Port : Aucune opération de chargement et/ou de déchargement le jour concerné
4	lundi 24 avril 2017	Vents Nord Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Présence diverses particules d'origine végétale + quelques grains de sables	Site Port : Déchargement tourmesol (du 24 au 26/04 - Poste JC2) - drêche de maïs (du 24 au 25/04 - Poste DT3)
5	mardi 25 avril 2017	Vents de Nord/Nord-Est	X		Caractériser la nature des retombées recueillies sur ce site - impact activités Port et Timac QI ?	Observations loupe binoculaire : Présence de grains de sable + quelques espèces végétales (d'origine naturelle) + quelques gros fragments de coquillage (influence sur la masse?). Pas de particules de morphologie ou de couleur pouvant ressembler aux sources	Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelaga + déchargement fosse (MP + fines 90 min) Site Port : Déchargement tourmesol (du 24 au 26/04 - Poste JC2), drêche de maïs (24 au 25/04 - Poste DT3), sel (25 au 26/04 - Poste JC1)
6	mercredi 26 avril 2017	Vents de Nord et Sud-Ouest	X	X	Caractériser la nature des retombées recueillies sur ce site - impact activités Port et Timac QI ?		Site Port : Déchargement tourteaux de tourmesol (24 au 26/04 - Poste JC2), sel (25 au 26/04 - Poste JC1) Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelaga + déchargement fosse (MP + fines 2h30)
7	jeudi 27 avril 2017	Vents de Nord-Ouest et Sud-Ouest	X	X	Caractériser la nature des retombées recueillies sur ce site - impact activités Port et Timac QI ?		Site Port : Chargement engrais BB (le 27/04 - Poste BV4) Site Timac QI : Fonctionnement Timac Agro + Hochelaga pas de déchargement fosse
8	vendredi 28 avril 2017	Vents de Nord Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observations loupe binoculaire : Présence de graines + grains de sables + diverses particules végétales	Site Port : Aucune opération de chargement et/ou de déchargement le jour concerné
9	lundi 1 mai 2017	Vents d'Ouest/Sud-Ouest	X	X	Caractériser la nature des retombées recueillies sur ce site - en l'absence d'activités Port et Timac QI		Site port : Pas de déchargement sur le port Site Timac QI : Arrêt installations TIMAC agro QI
10	mercredi 3 mai 2017	Vents de Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observations loupe binoculaire : Présence de graines + sables de différente taille + espèces d'origine végétale	Site Port : Déchargement magnésie (du 2 au 3/05 - Poste JC2) - bois (du 3 au 04/05 - poste V10)
11	jeudi 4 mai 2017					invalidé	
12	vendredi 5 mai 2017	Vents d'Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observations loupe binoculaire : grains de sables majoritaire + espèces végétales	Site Port : Déchargement drêche de maïs (du 4 au 5/05 - Poste DT3)

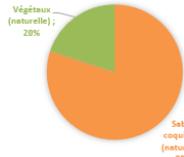
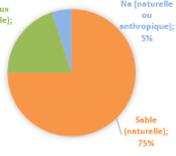
	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
13	lundi 8 mai 2017	Vents de Nord-Est et Sud Ouest (minoritaire)	X	X	Caractériser les retombées liées au déchargement fosse - Usine Pal Mg (absence activités usines QI et Port)		Site Timac QI : Pal Mg (déchargement fosse MP + fines 8h)
14	mardi 9 mai 2017	Vents d'Est/Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observations loupe binoculaire : présence de graines + majoritaire de particules végétales + grains de sable rares	Site Port : Déchargement tournesol (du 9 au 11/05 - Poste JC2) - chargement engrais (du 9 au 10/05 - Poste JC3)
15	mercredi 10 mai 2017	Vents d'Est et Sud/Sud-Est	X	X	Caractérisation des retombées lors du fonctionnement de Phospea seule		Site Timac ZI : Arrêt usines TIMAC Agro ZI - fonctionnement Phospea (U1/U3)
16	samedi 13 mai 2017	Vents de Sud Ouest	X	X	Caractérisation des retombées lors des déchargements de DCP au port et déchargements fosse Usine Pal MG sur site QI (arrêt usine QI)		Site Timac QI : Pal MG (déchargement fosse (MP) pendant 12h) Site Port : déchargement DCP (du 12 au 16/05 - Poste JC1)
17	jeudi 18 mai 2017	Vents de Nord-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observations loupe binoculaire : quelques particules d'origine végétale + quelques grains de sables	Site Port : Déchargement de tournesol (du 16 au 19/05 - Poste V9)
18	mardi 23 mai 2017	Vents de Nord-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observations loupe binoculaire : Présence de grains de sable de différente taille + quelques espèces d'origine végétale + quelques insectes	Site Port : Déchargement ammonitrates (du 19 au 24/05 - Poste JC2) - Potasse (du 22 au 23/05 - Poste V9) - Sulfate (du 22 au 24/05 - Poste JC1)
19	dimanche 28 mai 2017	Vents de Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observations loupe binoculaire : Présence de diverses espèces végétales (mousse, lichen, ...) + bout de graines de couleur jaune	Site Port : Déchargement drêche de maïs (du 26 au 29/05 - Poste DT3)
20	mercredi 31 mai 2017					invalidé	
21	vendredi 2 juin 2017					invalidé	
22	samedi 3 juin 2017	Vents de Nord-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors sites	Observations loupe binoculaire : Présence de grains de sables de différentes tailles qlq particules d'origine végétale qlq insectes	Site Port : Déchargement engrais (du 2 au 7/06 - poste V9)
23	dimanche 4 juin 2017					invalidé	
24	lundi 5 juin 2017	Vents Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - impact port et Timac QI ?	Observations loupe binoculaire : Présence de grains de sables de différentes tailles + quelques particules d'origine végétale (bois, lichens + quelques particules d'origine minérale (transparente et brillante) observées au port + plus rarement des particules ressemblant aux tourteaux (beige allongées)	Site Port : Déchargement engrais (du 2 au 7/06 - poste V9)
25	mardi 6 juin 2017	Vents d'Ouest	X	X	Caractériser les retombées en provenance du port et du site QI --> sables, coquillages		Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelega Site Port : Déchargement engrais (2 au 7/06 - Poste V9) - anhydrite (6 au 7/06 - Poste JC1)

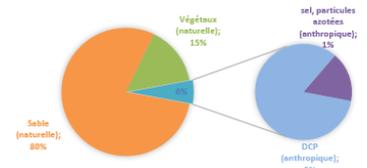
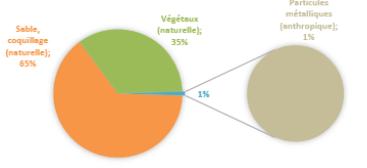
→ Campagne 2

N°	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	mercredi 11 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées issues du port et site QI	 <p>Sable (naturelle); 85% Végétaux (naturelle); 10% MDCP, DCP (anthropique); 5%</p>	<p>Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI, déchargement fosse (Fines 8 T), fonctionnement Hochelaga</p> <p>Site Port : Déchargement coquille brisée (du 09 au 11/10 - Poste JC4), bois (du 11 au 11/10 - Poste V8), coquille brisée (du 11 au 11/10 - Poste JC4), coquille brisée (du 11 au 12/10 - Poste JC4)</p>
2	samedi 21 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées issues du port et site QI	 <p>Phosphates (anthropique ou naturelle); 1% Sable (naturelle); 35% MDCP, MCP (anthropique); 43% Tournesol (anthropique); 20%</p>	<p>Site Timac QI : Fonctionnement usines Timac Agro QI, déchargement fosse (MP +Fines 5 T)</p> <p>Site Port : Déchargement phosphate MCP/DCP (du 18 au 22/10 - Poste JC1), tourteaux de colza (du 19 au 23/10 - Poste V9), tourteaux de tournesol (du 19 au 24/10 - Poste JC2), autres matériels de transpo (du 19 au 25/10 - Poste DT4)</p>
3	dimanche 22 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées issues du port et site QI	 <p>Sable (naturelle); 70% Tournesol (anthropique); 30% DCP (anthropique); 1%</p>	<p>Site Port : Déchargement phosphate MCP/DCP (du 18 au 22/10 - Poste JC1), tourteaux de colza (du 19 au 23/10 - Poste V9), tourteaux de tournesol (du 19 au 24/10 - Poste JC2), autres matériels de transpo (du 19 au 25/10 - Poste DT4), DAP/MAP (du 22 au 28/10 - Poste V8), coquille brisée (du 22 au 25/10 - Poste JC4)</p> <p>Site Timac QI : Fonctionnement usines Timac Agro QI</p>
4	vendredi 3 novembre 2017					invalidé	
5	samedi 4 novembre 2017	Vents de Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées issues du port et site QI	<p>Observation loupe binoculaire : Présence d'une graine dans la coupelle + Grains de sable de différentes tailles + Particules noires de forme quelconque d'origine végétale et/ou suies + Diverses particules d'origine végétale</p>	<p>Port : Déchargement phosphate MCP/DCP (du 03 au 04/11 - Poste JC2), sulfate d'ammonium (du 03 au 10/11 - Poste JC1), engrais NPK (du 03 au 08/11 - Poste JC3), tourteaux de colza (du 04 au 08/11 - Poste DT4), tourteaux de colza (du 04 au 07/11 - Poste DT3)</p>

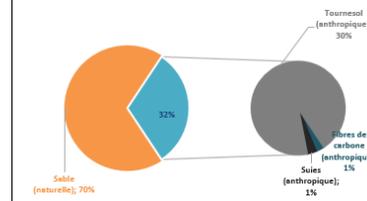
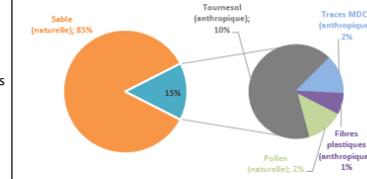
c) Site urbain de fond Legatelois

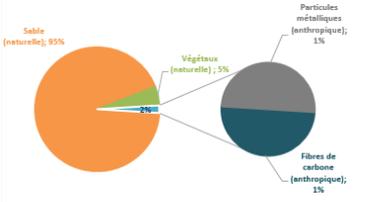
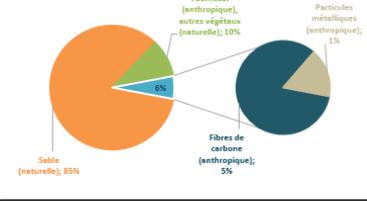
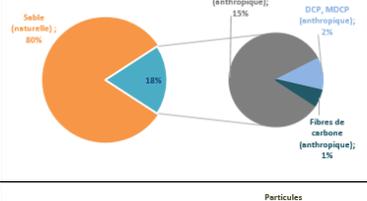
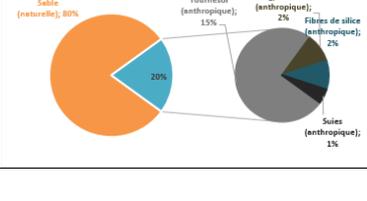
→ Campagne 1

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	samedi 22 avril 2017	Vents de Nord-Est	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Très majoritairement grains de sable (beige/jaune) + quelques particules végétales. Pas de particules assimilables aux sources échantillonnées	non concerné
2	dimanche 23 avril 2017	Vents d'Est/Nord-Est	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable + Diverses paricules végétales	non concerné
3	mardi 25 avril 2017	Vents Nord/Nord-Est	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Présence de grains visibles à l'œil nu Très majoritairement grains de sable de plage + particules végétales. Pas particules assimilables aux sources échantillonnées	non concerné
4	mercredi 26 avril 2017	invalidé					
5	jeudi 27 avril 2017	Vents de Nord-Ouest/ Sud-Ouest	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : : Présence de graines + Grains de sables de plage + diverses particules espèces végétales	non concerné
6	samedi 29 avril 2017	Vents de Sud-Ouest	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Présence de graines + Majorité de particules espèces végétales + grains de sable	non concerné
7	mercredi 3 mai 2017	invalidé					
8	jeudi 4 mai 2017	Vents de Nord-Est	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Majoritairement espèces végétales asséchées (algues, petits morceaux de bois etc.) + quelques grains de sable similaires à ceux présents dans les autres coupelles du même site	non concerné
9	vendredi 5 mai 2017	Vents d'Est	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Grains de sable + quelques particules végétales	non concerné
10	jeudi 11 mai 2017	Vents de Sud/Sud-Est	X	X	Caractériser la nature des retombées avec vents en provenance de la ZI		Site Timac ZI : Arrêt usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phosphea (U1/U3)
11	vendredi 12 mai 2017	Vents de Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser la nature des retombées avec vents en provenance de la ZI	Observation loupe binoculaire : Grains de sable toujours similaires à ceux vu précédemment + bouts d'insectes (carapaces etc.) + quelques espèces végétales. Pas de particules assimilables aux sources échantillonnées	Site Timac ZI : Arrêt usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phosphea (U1/U3)
12	dimanche 14 mai 2017	Vents de Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser la nature des retombées avec vents en provenance de la ZI	Observation loupe binoculaire : Grains de sable + particules végétales diverses. Pas de particules assimilables aux sources échantillonnées	Site Timac ZI : Arrêt des usines Timac Agro ZI et Phosphea
13	mercredi 17 mai 2017	Vents de Nord-Ouest	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Grains de sable assez fins et de même nature que ceux déjà observés + quelques rares particules d'origine végétale	non concerné
14	jeudi 18 mai 2017	Vents de Nord-Ouest/ Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées avec très peu de vents en provenance de la ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement de Timac Agro ZI et Phosphea (U1/U2/U3)
15	lundi 22 mai 2017	invalidé					
16	jeudi 25 mai 2017	Vents d'Est	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Diverses espèces d'origine végétale (bout de bois, ...) + grains de sables + quelques insectes présence de rares particules très blanches de forme agglomérée	Site Timac ZI : Fonctionnement de Timac Agro ZI et Phosphea (U1/U2/U3)
17	vendredi 26 mai 2017	Vents d'Est/Sud-Est	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Grains de sable + particules végétales sèches + quelques grains très blancs de forme agglomérée de taille différente	Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement de Phosphea (U2/U3)
18	samedi 27 mai 2017	invalidé					

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
19	dimanche 28 mai 2017	Vents de Nord-Est	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable + particules d'origine végétale	non concerné
20	dimanche 4 juin 2017	Vents de Sud-Ouest/Nord-Ouest	X		Caractériser les retombées avec vents en provenance de la ZI	Observation loupe binoculaire : Diverses espèces d'origine végétale + Grains de sables + Présence de rares particules très blanches de forme agglomérée	Site Timac ZI : Arrêt de Timac Agro ZI - fonctionnement de Phosphea (U1/U3)
21	lundi 5 juin 2017	Vents de Sud/Sud-Ouest	X	X	Caractériser la nature des retombées avec vents en provenance de la ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usines TIMAC Agro ZI + Phosphea (U3)
22	mardi 6 juin 2017	Vents d'Ouest	X	X	Caractériser les retombées --> majorité sables, coquillages		Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelaga Site Port : Déchargement engrais (2 au 7/06 - Poste V9) - anhydrite (6 au 7/06 - Poste JC1)
23	lundi 19 juin 2017	Vents d'Est/Nord-Est	X		Caractérisation des retombées - vents en provenance hors sites	Observation loupe binoculaire : présence de quelques insectes + grains de sable mousse lichens et autres espèces végétales	non concerné

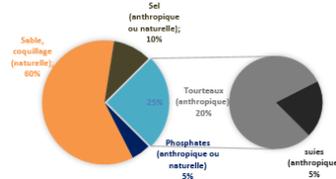
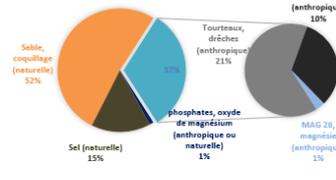
→ Campagne 2

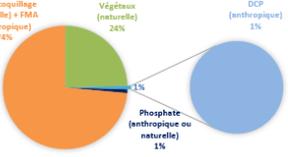
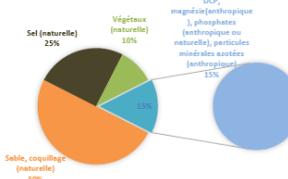
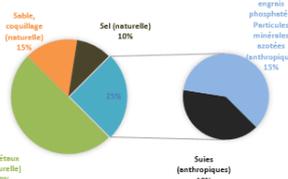
	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	jeudi 5 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest/ Nord-Ouest	X		Caractériser les retombées - aucun vents en provenance des sites	Observation loupe binoculaire : Présence d'une trace d'une ancienne goutte d'eau + grains de sable de différentes tailles et de différentes couleurs + diverses espèces d'origine végétale (mousses/lichens etc.)	Aucun vents en provenance des sites
2	vendredi 6 octobre 2017					invalidé	
3	lundi 9 octobre 2017	Vents d'Ouest/Nord majoritairement	X		Caractériser les retombées - aucun vents en provenance des sites	Observation loupe binoculaire : grains très fins de sable + diverses espèces d'origine végétale (mousses/lichens etc.) + Quelques espèces de couleur noire (végétales ou autres)	Aucun vents en provenance des sites
4	mercredi 11 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance du site ZI	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sable très fins + Diverses espèces d'origine végétale de différentes formes + particules noires de forme quelconque d'origine végétale ou autres (suies?)	Site Timac ZI : Fonctionnement de Timac Agro ZI (granulation) + Phosphea (U1/U2/U3)
5	jeudi 12 octobre 2017					invalidé	
6	dimanche 15 octobre 2017	Vents de Sud	X	X	Caractériser les retombées avec vents en provenance du site ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usine Timac agro ZI (granulation uniquement) + fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
7	mardi 17 octobre 2017	Vents d'Est et Sud Ouest	X	X	Caractériser nature retombées (hors provenance usines ZI)		Aucun vents en provenance des sites

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
8	jeudi 19 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest à Sud	X	X	Caractériser les retombées - impact Timac ZI ?		Site Timac ZI : Fonctionnement des usines Timac Agro ZI (granulation uniquement) + fonctionnement Phosphea (U1/U2/U3)
9	dimanche 22 octobre 2017					invalidé	
10	mardi 24 octobre 2017					invalidé	
11	mercredi 25 octobre 2017					invalidé	
12	mardi 7 novembre 2017	Vents de Sud	X	X	Caractériser les retombées en provenance des usines ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usines Timac Agro ZI (granulation uniquement) + fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
13	mercredi 22 novembre 2017	Vents de Sud	X	X	Caractériser les retombées en provenance du site ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usine Timac Agro ZI (granulation uniquement) + fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
14	lundi 27 novembre 2017	Vents de Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées hors vents en provenance sites		Aucun vents en provenance des sites

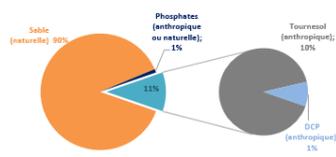
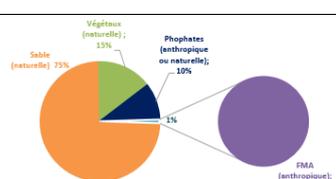
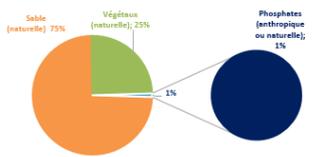
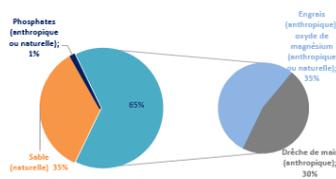
d) Site sous influence sources proches QI

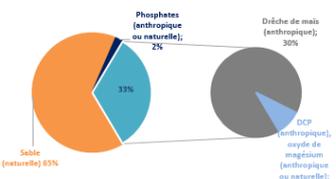
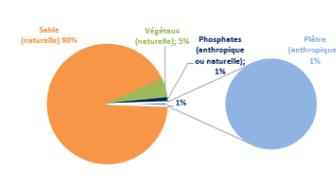
→ Campagne 1

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	mardi 25 avril 2017	Vents de Nord/Nord-Est	X	X	Caractériser les retombées en provenance des stocks QI et des activités au niveau du port		<p>Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelaga + déchargement fosse (MP + fines 90 min)</p> <p>Site Port : Déchargement tournesol (du 24 au 26/04 - Poste JC2), drêche de maïs (24 au 25/04 - Poste DT3), sel (25 au 26/04 - Poste JC1)</p>
2	samedi 29 avril 2017	Vents de Sud/Sud-Est	X		Caractériser la nature des retombées issus hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable + espèces végétales (mousse lichen, bout de feuilles sèches) rares particules de couleur blanche	<p>Site Timac QI : usines à l'arrêt</p> <p>Site Port : Aucune opération de chargement et/ou de déchargement</p>
3	dimanche 30 avril 2017	Majoritairement vents de Sud-Est	X		Caractériser la nature des retombées issus hors site	Observation loupe binoculaire : Pas grand-chose de contenu dans la coupelle. Cause : Pluie ? Car elle contenait de l'eau. Présence de grains très fins de sables + très peu de particules de couleur blanche	<p>Site Timac QI : usines à l'arrêt</p> <p>Site Port : Aucune opération de chargement et/ou de déchargement</p>
4	mercredi 3 mai 2017	Vents de Nord/Nord-Est	X	X	Caractériser les retombées en provenance des stocks et des activités au niveau du port		<p>Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + déchargement fosse (MP + fines 40 min) + Hochelaga</p> <p>Site Port : déchargement magnésite (du 2 au 3/05 - Poste JC2) et bois (du 3 au 4/05 - Poste V10)</p>
5	jeudi 4 mai 2017	Vent de Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de sable + quelques particules de couleur blanche (grains de 2-3 mm)	<p>Site Timac QI : Fonctionnement de l'usine Timac Agro QI + Hochelaga + déchargement fosse (MP + fines 3h30)</p> <p>Site Port : Déchargement bois (du 3 au 4/05 - Poste V10) et drêche de maïs (du 4 au 5/05 - Poste DT3)</p>
6	vendredi 5 mai 2017	Vents d'Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sable + quelques particules blanchâtres présentes sous forme de grains + quelques particules d'origine végétale	<p>Site Timac QI : Fonctionnement de l'usine Timac Agro QI + Hochelaga + déchargement fosse (MP + fines 3h)</p> <p>Site Port : Déchargement drêche de maïs (du 4 au 5/05 - Poste DT3)</p>
7	mardi 9 mai 2017	Vents d'Est-Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site + zone de stockage	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire grains de sable + quelques particules blanchâtres présentes sous forme de grains (2-3 mm)	<p>Site Timac QI : Déchargement fosse (MP 4h30) + Hochelaga</p> <p>Site Port : Déchargement de tournesol (du 9 au 11/05 - Poste JC2) et chargement engrais (du 9 au 10/05 - Poste JC3)</p>
8	vendredi 12 mai 2017	Vents de Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : trace d'une ancienne présence de liquide (influence masse ?) + présence particules de couleur blanche + quelques grains d'origine végétale	<p>Site Timac QI : Déchargement fosse (MP 6h) + Hochelaga</p> <p>Site Port : Déchargement DCP (du 12 au 16/05 - Poste JC1)</p>
9	dimanche 21 mai 2017	Vents d'Est/Sud-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence d'insectes (influence masse) + particules de couleur blanchâtre présentes sous forme de grains + quelques particules végétales et rares grains de sable	<p>Site Timac QI : Déchargement fosse (PM + fines 12h)</p> <p>Site Port : Déchargement ammonitrates (du 19 au 24/05 - Poste JC2)</p>
10	vendredi 26 mai 2017	Vents d'Est/Sud-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable en majorité + Diverses particules végétales + quelques insectes + quelques particules de couleur blanche présentes sous forme de grains	<p>Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI</p> <p>Site Port : Déchargement drêche de maïs (du 26 au 29/05 - Poste DT3)</p>

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
11	dimanche 28 mai 2017	Vents de Nord/Nord-Est	X	X	Caractériser les renvois issus des stocks - Arrêt site QI + déchargement port		Site Timac QI : arrêt usines QI Site Port : Déchargement drêche maïs (26 au 29/05 - Poste DT3)
12	jeudi 1 juin 2017	Vents d'Ouest/Nord-Est à Sud-Est	X		Caractériser les retombées-vents en provenance des installations	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sables + particules végétales (mousse et lichen) + particules végétales allongées (drêche, tourteaux) + particules de couleur blanche	Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelaga Site Port : Chargement d'engrais (du 30/05 au 2/06 - Poste JC1)
13	mardi 6 juin 2017	Vents d'Ouest	X	X	Caractériser les retombées issues des installations (fonctionnement site) --> majorité sables, coquillages...		Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelaga Site Port : Déchargement engrais (2 au 7/06 - Poste V9) - anhydrite (6 au 7/06 - Poste JC1)
14	jeudi 15 juin 2017	Vents de Nord-Ouest	X	X	Caractériser les envois liés à l'activité du port		Site Timac QI : Fonctionnement de l'usine TIMAC Agro QI Hochelaga Site Port : déchargement Tournesol (14 au 17/06 - Poste V9) - urée (15 au 20/06 - Poste JC1)
15	dimanche 18 juin 2017	Vents Nord-Est	X		Caractériser les retombées-vents en provenance zone de stockage	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de particules blanches présentes sous forme de grains arrondis + espèces végétales de forme allongée de couleur jaune/beige clair + Diverses autres espèces végétales + grains de sable	Site Timac QI : Arrêt des usines Timac Agro QI Site Port : Déchargement urée (du 15 au 20/06 - Poste JC1) - drêche de maïs (du 16 au 20/06 - Poste V8)
16	lundi 19 juin 2017	Vents d'Est/Nord-Est	X		Caractériser les retombées-vents en provenance zone de stockage	Observation loupe binoculaire : Présence de particules blanchâtres présentes sous forme de grains fins arrondis + grains de sable + quelques espèces végétales de forme allongée avec filament (drêche, tourteaux)	Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + déchargement fosse (MP + fines 1h20) + Hochelaga Site Port : Déchargement urée (du 15 au 20/06 - Poste JC1) - drêche de maïs (du 16 au 20/06 - Poste V8) - sel (du 19 au 21/06 - Poste JC2 + Poste V9)
17	mardi 20 juin 2017	Vents Est/Nord-Est	X		Caractériser les retombées-vents en provenance zone de stockage	Observation loupe binoculaire : Présence de quelques particules blanches sous forme arrondie + grains de sable + quelques espèces d'origine végétale	Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelaga Site Port : Déchargement urée (du 15 au 20/06 - Poste JC1) - drêche de maïs (du 16 au 20/06 - Poste V8) - sel (du 19 au 21/06 - Poste JC2 + Poste V9) - drêche de maïs (du 20 au 21/06 - Poste DT3)

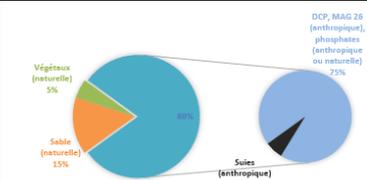
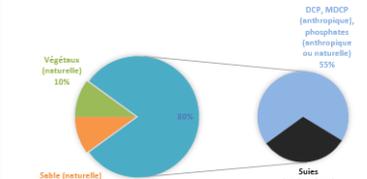
→ Campagne 2

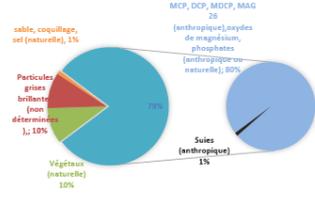
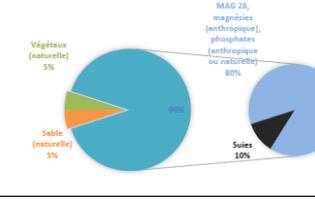
N°	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	jeudi 5 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest et Nord	X	X	Caractériser les retombées issues du site QI		<p>Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac agro QI + déchargement fosse (MP+ fines 5 T) + Hochelaga</p> <p>Site Port : Déchargement potasse naturelle, sel de potasse (du 05 au 06/10 - Poste V9), ammonitrate (du 05 au 10/10 - Poste JC2)</p>
2	vendredi 6 octobre 2017	Vents de Nord/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées issues de la zone de stockage/port/hors site	<p>Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable de différentes tailles + particules blanches de forme arrondie et quelques unes plus fines sous forme agglomérée + particules noires de forme quelconque</p> <p>+ Particules végétales de couleur beige/marron de forme allongée + Particules beiges en granulés</p>	<p>Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac agro QI + déchargement fosse (MP+ fines 15 T) + Hochelaga</p> <p>Site Port : Déchargement potasse naturelle, sel de potasse (du 05 au 06/10 - Poste V9), ammonitrate (du 05 au 10/10 - Poste JC2), bois (du 06 au 10/10 - Poste V8)</p>
3	samedi 7 octobre 2017	Vents d'Ouest et Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées issues du site QI		<p>Site Timac QI : Fonctionnement usines Timac agro QI déchargement fosse (MP 11 T)</p> <p>Site Port : Déchargement ammonitrate (du 05 au 10/10 - Poste JC2), bois (du 06 au 10/10 - Poste V8)</p>
4	mardi 10 octobre 2017					invalidé	
5	jeudi 12 octobre 2017					invalidé	
6	mardi 17 octobre 2017					invalidé	
7	dimanche 22 octobre 2017					invalidé	
8	lundi 23 octobre 2017					invalidé	
9	samedi 28 octobre 2017	Vents de Nord-Ouest et Sud-Ouest	X	X	Caractériser les envois issus du site QI		<p>Site Timac QI : Fonctionnement usines Timac agro QI</p>
10	mardi 7 novembre 2017	Vents de Sud en majorité	X	X	Caractériser les retombées - vents en majorité hors provenance installations/stocks/port		<p>Site Timac QI : Fonctionnement usines Timac agro QI déchargement fosse (MP 11 T) + Hochelaga</p> <p>Site Port : Déchargement sulfate d'ammonium (du 03 au 10/11 - Poste JC1), engrais NPK (du 03 au 08/11 - Poste JC3), tourteaux de colza (du 04 au 08/11 - Poste DT4), tourteaux de colza (du 04 au 07/11 - Poste DT3), bois (du 05 au 07/11 - Poste JC2), drêche de maïs (du 05 au 09/11 - Poste V9), coquille brisée (du 06 au 07/11 - Poste JC4), bois (du 07 au 11/11 - Poste V8), coquille brisée (du 07 au 07/11 - Poste JC4), tourteaux de colza (du 07 au 09/11 - poste DT3), ammonitrate (du 07 au 10/11 - Poste V10)</p>

N°	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
11	mercredi 8 novembre 2017	Vents de Nord	X	X	Caractériser les retombées en provenance des STOCK site QI et des déchargements au niveau du PORT		<p>Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac agro QI, + déchargement fosse (MP 25 T), Hochelaga</p> <p>Site Port : Déchargement sulfate d'ammonium (du 03 au 10/11 - Poste JC1), engrais NPK (du 03 au 08/11 - Poste JC3), tourteaux de colza (du 04 au 08/11 - Poste DT4), drêche de maïs (du 05 au 09/11 - Poste V9), bois (du 07 au 11/11 - Poste V8), tourteaux de colza (du 07 au 09/11 - poste DT3), ammonitrate (du 07 au 10/11 - Poste V10), coquille brisée (du 08 au 09/11 - Poste JC4)</p>
12	lundi 13 novembre 2017	Vents de Nord	X	X	Caractériser les retombées avec vents en provenance des STOCK site QI et des déchargements au niveau du PORT		<p>Site Timac QI : Fonctionnement usines Timac agro QI, déchargement fosse (MP 25 T) + fonctionnement Hochelaga</p> <p>Site Port : Déchargement drêche de maïs (du 10 au 14/11 - Poste DT3), tourteaux de colza (du 12 au 14/11 - Poste DT4), sel et chlorure de sodium (du 13 au 15/11 - Poste JC1)</p>
13	mercredi 15 novembre 2017	Vents de Sud en majorité	X		Caractériser les retombées par vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de quelques rares grains de sable + particules noires présentes sous forme de goutte	<p>Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac agro QI (Granulation : N), déchargement fosse (MP 25 T), Hochelaga (activité normale)</p> <p>Port : Déchargement sel et chlorure de sodium (du 13 au 15/11 - Poste JC1)</p>
14	mercredi 22 novembre 2017	Vents de Sud	X		Caractériser les retombées par vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de quelques grains de sable + quelques petites espèces d'origine végétale + quelques particules noires de forme quelconque (origine végétale ou autres)	<p>Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac agro QI (Granulation : PK), pas de déchargement fosse, Hochelaga (activité normale)</p> <p>Port : Déchargement sel et chlorure de sodium (du 20 au 22/11 - Poste JC1), sulfate d'ammonium/engrais minéraux ou chimiques (du 20 au 22/11 - Poste JC2) coquille brisée (du 22 au 23/11 - Poste JC4)</p>

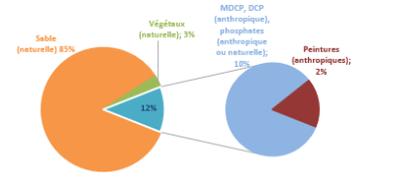
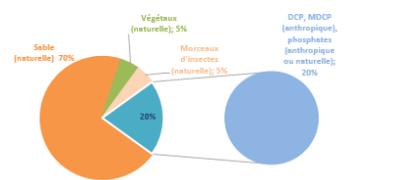
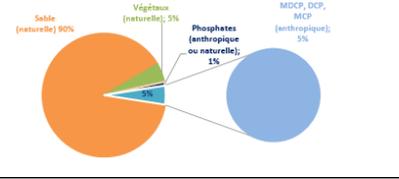
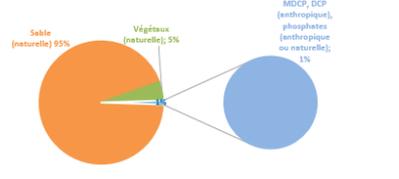
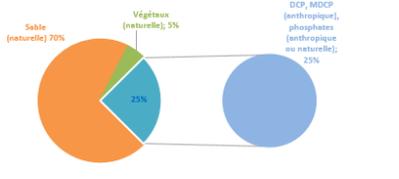
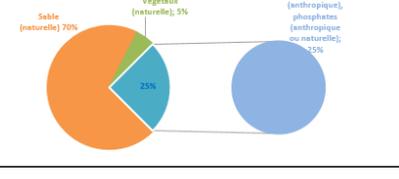
e) Site sous influence sources proches ZI

→ Campagne 1

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	jeudi 20 avril 2017	Vents d'Est/Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance des installations	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de particules de couleur blanche sous forme de grains et sous forme agglomérée + quelques grains de sables et espèces végétales (rares)	Site Timac ZI : arrêt de l'usine Timac Agro ZI - fonctionnement de l'usine Phosphéa (U1/U2/U3)
2	vendredi 21 avril 2017	Vents d'Est/Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance des installations	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de particules de couleur blanchâtre sous forme de grains et sous forme agglomérée + quelques très rares espèces végétales (lichens, mousses autres...) + quelques grains de sables	Site Timac ZI : arrêt de l'usine Timac Agro ZI - fonctionnement de l'usine Phosphéa (U1/U2/U3)
3	dimanche 23 avril 2017	Vents d'Est/Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance des installations	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de particules de couleur blanche sous forme agglomérée et sous forme de grains arrondis + quelques espèces végétales et grains de sables	Site Timac ZI : arrêt de l'usine Timac Agro ZI - fonctionnement de l'usine Phosphéa (U1/U2/U3)
4	samedi 29 avril 2017	Vents de Sud-Est	X	X	Caractériser les retombées du site en période de fonctionnement de Phosphéa (arrêt Timac Agro ZI)		Site Timac ZI : Fonctionnement usine Phosphéa (U1/U2/U3) - arrêt usines TIMAC Agro ZI
5	dimanche 30 avril 2017	Vents de Sud-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance de la zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de particules de couleur blanche sous forme de grains et sous forme agglomérée + quelques mousses et lichens et quelques grains de sable.	Site Timac ZI : arrêt de l'usine Timac Agro ZI - fonctionnement de l'usine Phosphéa (U1/U2/U3)
6	lundi 1 mai 2017	Vents d'Ouest/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sables quasi exclusivement	Site Timac ZI : arrêt de toutes les usines
7	vendredi 5 mai 2017	Vents d'Est	X	X	Caractériser les retombées du site en période de fonctionnement de Phosphéa (arrêt Timac Agro ZI)		Site Timac ZI : Arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phosphéa (U1/U2/U3)
8	mercredi 10 mai 2017					Invalidé	
9	jeudi 11 mai 2017	Vents Sud/Sud-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence de particules blanches présentes sous forme de grains fins + quelques unes sous forme agglomérée + grains de sable et quelques espèces végétales (bouts de bois, lichens etc.)	Site Timac ZI : Arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phosphéa (U1/U3)
10	vendredi 12 mai 2017	Vents Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable en majorité + quelques particules blanchâtres sous forme de grains arrondis avec grains plus fins agglomérés à la surface + rares particules d'origine végétale	Site Timac ZI : Arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phosphéa (U1/U3)
11	samedi 13 mai 2017	Vents de Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sables + quelques particules blanches présentes sous forme de grains fins + rares particules d'origine végétale	Site Timac ZI : Arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phosphéa (U1)
12	dimanche 14 mai 2017					Invalidé	
13	lundi 15 mai 2017	Vents de Sud	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence de particules blanches sous forme de grains arrondis + quelques unes de forme agglomérée + des grains de sables + particules végétales (bouts de lichens ou autres)	Site Timac ZI : fonctionnement usine Timac Agro ZI + Phosphéa (U1/U2/U3)
14	mardi 16 mai 2017					Invalidé	
15	mercredi 17 mai 2017	Vents d'Ouest/Nord-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence de particules très fines de couleur blanche + grains végétales de couleur jaune + quelques grains de sables	Timac ZI : Fonctionnement usines Timac Agro ZI + Phosphéa (U1/U2/U3)

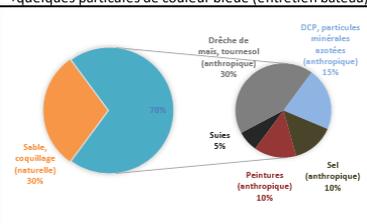
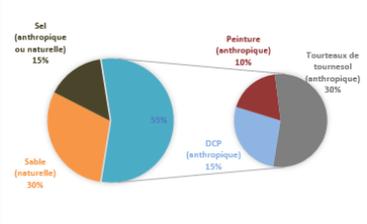
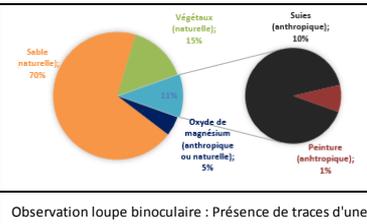
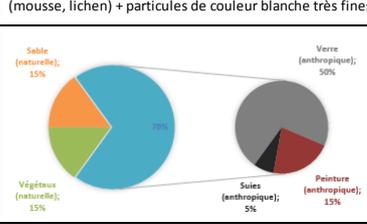
	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
16	dimanche 21 mai 2017	Vents de Sud Est	X	X	Caractériser les ré-envols hors fonctionnement des usines		Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI et Phospha
17	lundi 22 mai 2017	Vents Nord-Ouest/ Sud-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable en majorité + particules blanchâtres présentes sous forme de grains arrondis et agglomérés + diverses espèces végétales	Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI + fonctionnement Phospha (U1/U2/U3)
18	jeudi 25 mai 2017	Vents d'Est/Sud-Est	X	X	Caractériser les retombées en période de fonctionnement des deux usines Phospha et Timac Agro		Site Timac ZI : Fonctionnement des usines TIMAC Agro ZI et Phospha (U1/U2/U3)
19	vendredi 26 mai 2017	Vents de Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées en période de fonctionnement de Phospha seule	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de couleur blanchâtre + grains de sable + espèces végétales (lichens etc.)	Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phospha (U2/U3)
20	samedi 27 mai 2017	Vents Nord-Ouest/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de couleur blanche sous forme arrondie et agglomérée + grains de sable + diverses particules végétales	Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI - fonctionnement Phospha (U2/U3)
21	dimanche 28 mai 2017					Invalidé	
22	mardi 30 mai 2017					Invalidé	
23	mercredi 31 mai 2017					Invalidé	
24	dimanche 4 juin 2017					Invalidé	
25	lundi 5 juin 2017	Vents de Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées fonctionnement usine Timac Agro ZI seule	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sable + quelques particules blanchâtres présentes sous forme de grains + diverses particules d'origine végétale (mousses/lichens etc.)	Site Timac ZI : Fonctionnement usines TIMAC Agro ZI + Phospha (U3)
26	mardi 6 juin 2017	Vents d'Ouest	X		Caractériser les retombées (fonctionnement des deux usines) - vents hors provenance ZI	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sable + diverses particules d'origine végétale + quelques grains blanchâtres mélangés au sable	Site Timac ZI : Fonctionnement des usines TIMAC Agro ZI et Phospha (U1/U2/U3)
27	jeudi 8 juin 2017	Vents Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable + particules blanchâtres présentes sous forme de grains fins agglomérés et arrondis + diverses espèces végétales (bout de bois noir, ...)	Site Timac ZI : Fonctionnement des usines TIMAC Agro ZI et Phospha (U1/U2/U3)
28	vendredi 9 juin 2017	Vents Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire d'espèces végétales + grains de sable de différentes tailles + quelques particules de couleur blanche présentes sous forme agglomérée + quelques grains arrondis de la même couleur	Site Timac ZI : Fonctionnement des usines TIMAC Agro ZI et Phospha (U1/U2/U3)
29	dimanche 10 juin 2001	Vents de Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable majoritaire + particules allongées de couleur transparente (végétale ?) + diverses autres particules végétales + particules de couleur blanche présentes sous forme arrondie majorité + quelques uns sous forme agglomérée	Site Timac ZI : arrêt des usines TIMAC Agro ZI - fonctionnement Phospha (U2/U3)
30	dimanche 11 juin 2017	Vents Nord/Nord-Ouest en majorité	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sable majoritaire + quelques grains blanchâtres (2-3 mm) avec grains fins agglomérés à leur surface + diverses espèces végétales	Site Timac ZI : arrêt des usines TIMAC Agro ZI - fonctionnement Phospha (U2/U3)
31	mardi 13 juin 2017	Vents Nord/Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains très fins blanchâtres de forme agglomérée + grains de sables + espèces de couleur noire d'origine végétale	Site Timac ZI : Fonctionnement des usines TIMAC Agro ZI et Phospha (U1/U3)
32	mercredi 14 juin 2017	Vents Sud/ Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de très fins blanchâtres agglomérés et quelques uns sous forme arrondie + grains de sable + espèces d'origine végétale (bout de bois, mousses, lichen)	Site Timac ZI : fonctionnement usine Timac Agro ZI + Phospha (U1/U3)
33	jeudi 15 juin 2017	Vents Nord-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sables majoritaire + espèces d'origine végétale (bout de bois, mousses, ...) + grains blancs sous forme arrondie et quelques uns sous forme agglomérée	Site Timac ZI : Fonctionnement usine Timac Agro ZI + Phospha (U2/U3)
34	dimanche 18 juin 2017	Vents Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : présence majoritaire de particules blanches sous forme agglomérée + grains de sables + particules d'origine végétales	Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI + fonctionnement Phospha (U1/U2)
35	mardi 20 juin 2017	Vents Sud/Sud-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance zone de circulation	Observation loupe binoculaire : Présence de grains très fins de couleur blanche sous forme agglomérée + grains de sable + quelques espèces d'origine végétale	Site Timac ZI : arrêt des usines Timac Agro ZI + fonctionnement Phospha (U1/U3)

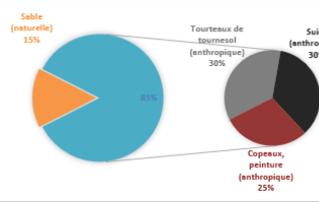
→ Campagne 2

N°	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	jeudi 5 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest et Nord	X	X	Caractériser les retombées lors du fonctionnement des usines ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usines Timac agro ZI + fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
2	mercredi 11 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées lors du fonctionnement des usines ZI	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sable de différentes tailles + particules végétales de diverses origines (mousses/lichens etc.) + Particules noires de forme quelconque + Particules blanches sous de grains arrondis + quelques unes sous forme agglomérée	Site Timac ZI : Fonctionnement usine Timac agro ZI (granulation), fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
3	dimanche 15 octobre 2017	Vents de Sud	X	X	Caractériser les retombées lors du fonctionnement des usines ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usine Timac agro ZI (granulation uniquement) + fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
4	lundi 16 octobre 2017	Vents de Sud	X	X	Caractériser les envols lors du fonctionnement des usines ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usine Timac Agro ZI (granulation uniquement) + fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
5	jeudi 19 octobre 2017	Vents de Sud/Sud-Ouest	X		Caractériser les envols vents en provenance zone de circulation + hors site	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sable de différentes tailles Particules noires de forme quelconque mélangées au sable (origine végétale ou autres) Particules blanches de différentes tailles sous forme de grains arrondis + quelques unes sous forme agglomérée Diverses particules d'origine végétale	Site Timac ZI : Fonctionnement usine Timac Agro ZI (granulation), fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
6	vendredi 20 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées lors du fonctionnement des usines ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usines Timac Agro ZI + fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
7	samedi 21 octobre 2017	Vents exclusivement de Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Grains de sable de différentes tailles + Diverses particules d'origine végétale (mousses/lichens etc.) + Particules noires de forme quelconque (origine végétale ou autres)	Fonctionnement usine Timac Agro ZI (granulation + cave), fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
8	dimanche 22 octobre 2017					invalidé	
9	mardi 7 novembre 2017	Vents de Sud	X	X	Caractériser les retombées lors du fonctionnement des usines ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usines Timac Agro ZI (granulation uniquement) + fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
10	jeudi 9 novembre 2017	Vents en majorité Sud/Ouest	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Grains de sable de différentes tailles + Particules blanches sous forme de grains arrondis mais aussi sous forme de grains très fins agglomérées + Quelques particules noires d'origine végétale ou autres + Quelques rares particules d'origine végétale	Site Timac ZI : Fonctionnement usine Timac agro ZI (granulation), fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)
11	mercredi 22 novembre 2017	Vents de Sud	X	X	Caractériser les retombées lors du fonctionnement des usines ZI		Site Timac ZI : Fonctionnement usine Timac Agro ZI (granulation uniquement) + fonctionnement usine Phosphea (U1/U2/U3)

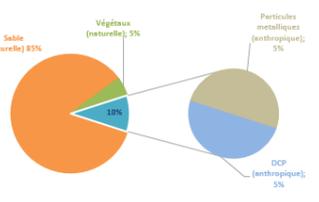
f) Site sous influence sources proches Port

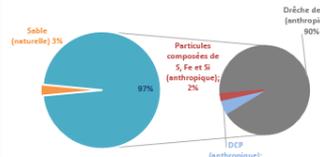
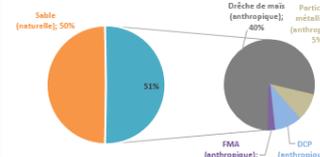
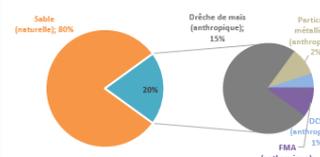
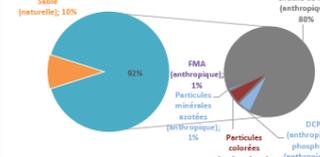
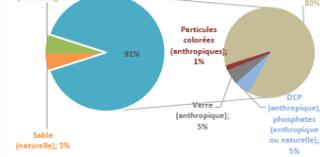
→ Campagne 1

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	jeudi 20 avril 2017	Vents Nord-Est à Est	X		Caractériser les retombées liées à l'activité du port	Observation loupe binoculaire : Présence particules végétales (mousses, lichens + bouts d'algues ou autres végétaux asséchés + particules allongées avec présence de filaments de 2 couleurs : jaune (drêche), beige (tourteaux) + grains de sables de taille variable + quelques particules de couleur bleue (entretien bateau)	(présence tourteaux, drêche ?)
2	mardi 25 avril 2017	Vents de Nord/Nord-Est	X	X	Caractériser les retombées liées à l'activité du port		Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelega + déchargement fosse (MP + fines 90 min) Site Port : Déchargement tourmesol (du 24 au 26/04 - Poste JC2), drêche de maïs (24 au 25/04 - Poste DT3), sel (25 au 26/04 - Poste JC1)
3	mercredi 26 avril 2017	Vents de Nord et Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées liées aux déchargements port + fonctionnement usines TIMAC QI / Pal Mg + magasin Hochelega		Site Port : Déchargement tourteaux de tourmesol (24 au 26/04 - Poste JC2), sel (25 au 26/04 - Poste JC1) Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + Hochelega + déchargement fosse (MP + fines 2h30)
4	jeudi 27 avril 2017					invalidé	
5	mercredi 3 mai 2017	Vents de Nord/Nord-Est	X		Caractériser les retombées liées à l'activité du port	Observation loupe binoculaire : Présence majoritaire de grains de sable + particules d'origine végétale (mousses/lichens) + particules colorées (=peinture)	Site Timac QI : Fonctionnement usine Timac Agro QI + déchargement fosse (MP + fines 40 min) + Hochelega Site Port : déchargement magnésien (du 2 au 3/05 - Poste JC2) et bois (du 3 au 4/05 - Poste V10)
6	jeudi 4 mai 2017					invalidé	
7	vendredi 5 mai 2017					invalidé	
8	jeudi 25 mai 2017	Vents d'Est/Sud-Est	X	X	Caractériser les retombées - vents provenance hors port - impact chantier naval ? (fibres FMA + peintures + particules métalliques)		Activités chantier naval ?
9	dimanche 28 mai 2017	Vents Nord-Est	X		Caractériser les retombées liées à l'activité du port	Observation loupe binoculaire : Présence de traces d'une ancienne présence de liquide + particules d'origine végétale (mousse, lichen) + particules de couleur blanche très fines	Site Port : Déchargement drêche de maïs (du 26 au 29/05 - Poste DT3)
10	jeudi 1 juin 2017	Vents de Nord-Est, d'Ouest, et de Sud Est	X	X	Caractérisation des particules transparentes observées (verre)		Activités chantier naval ?

	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
11	dimanche 4 juin 2017	Vents Sud-Ouest	X		Caractériser les retombées liées à l'activité du port	Observation loupe binoculaire : Traces d'ancienne présence de liquide + rares espèces d'origine végétale (drêche tourteaux) et autres (algues, mousses, lichens, ...) + quelques grains de sables	Site Port : Déchargement engrais (du 2 au 7/06 - Poste V9)
12	lundi 5 juin 2017	invalidé					
13	mercredi 14 juin 2017	Vents Nord/ Est majoritairement	X		Caractériser les retombées liées à l'activité du port	Observation loupe binoculaire : présence de particules allongées avec grains de couleur blanche agglomérés diverses particules végétales (mousses, lichens, ...) + particules jaunes (drêche, tourteaux) présence de particules noires ??	Site Port : Déchargement bois (du 13 au 14/06 - Poste JC2) - Tournesol (14 au 17/06 - Poste V9)
14	jeudi 15 juin 2017	Vents de Nord-Ouest	X	X	Caractériser les envois liés à l'activité du port (déchargement tournesol)		Site Port : Déchargement Tournesol (14 au 17/06 - Poste V9) - urée (15 au 20/06 - Poste JC1)
15	dimanche 18 juin 2017	Vents Nord-Est	X		Caractériser les retombées - vents en provenance hors site	Observation loupe binoculaire : Présence de grains de sables de différente taille + autres particules d'origine minérale + particules de couleur bleue (bien présentes) + grains très fins de couleur blanche agglomérés + diverses particules d'origine végétale (graines, mousses, lichens, ...) particules allongées avec filament de couleur beige (tourteaux) jaune en plus petits morceaux (drêche ?) particules noires d'origine inconnue	Site Port : Déchargement urée (du 15 au 20/06 - Poste JC1) - drêche de maïs (du 16 au 20/06 - Poste V8)
16	samedi 24 juin 2017	Vents Sud-Ouest	X		Caractériser la nature des retombées activités port et Timac QI	Observation loupe binoculaire : présence ancienne trace de liquide + grains de sable de différente taille + particules de couleur bleue + grains très fins de couleur blanche + diverses espèces d'origine végétales (mousse, lichens)	Site Timac QI : Arrêt des usines Timac Agro QI + Hochelaga Site Port : Déchargement engrais (du 22 au 26/06 - Poste V9)
17	lundi 26 juin 2017	vents de Nord	X		Caractériser les envois liés à l'activité du port	Observation loupe binoculaire : présence d'espèces d'origine végétales (tourteaux) + présence particules bleues +grains de sable + qlq grains très blancs	Site Timac QI : fonctionnement Site Port : Déchargement engrais (du 22 au 26/06 - Poste V9)

→ Campagne 2

N°	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
1	mercredi 4 octobre 2017	invalidé					
2	jeudi 19 octobre 2017	Vents de Sud-Ouest à Sud	X	X	Caractériser les retombées liées à l'activité du port et au site QI		Site Port : Déchargement urée (du 14 au 19/10 - Poste V9), Phosphate MCP/DCP (du 18 au 22/10 - Poste JC1), lessive de soude (du 18 au 19/10 - Poste JC2), tourteaux de colza (du 19 au 23/10 - Poste V9), tourteaux de tournesol (du 19 au 24/10 - poste JC2), autres matériels de transpo (du 19 au 25/10 - Poste DT4) Site Timac QI : Fonctionnement des usines Timac Agro QI , déchargement fosse (MP - 30T) + fonctionnement Hochelaga
3	mercredi 25 octobre 2017	Vents Sud/Sud-Est	X		Caractériser les retombées liées aux activités du port	Observation loupe binoculaire : Présence particules noires de forme quelconque + Rares espèces d'origine végétales (mousses/lichens etc.)	Port : Déchargement autres matériels de transpo (du 19 au 25/10 - Poste DT4), DAP/MAP (du 22 au 28/10 - Poste V8), coquille brisée (du 22 au 25/10 - Poste JC4), engrais minéraux ou chimique (du 23 au 25/10 - Poste V9), Urée (du 24 au 27/10 - Poste JC1)

N°	Date	Direction vents	Loupe	MEB	Objectif	Nature retombées (observation loupe et/ou MEB)	Commentaires activités
4	samedi 4 novembre 2017	Vents d'Ouest majoritairement	X		Caractériser les retombées liées aux activités du port	Observation loupe binoculaire : Grains de sable fins + Particules noires de forme quelconque + Quelques particules d'origine végétale	Site Port : Déchargement phosphate MCP/DCP (du 03 au 04/11 - Poste JC2), sulfate d'ammonium (du 03 au 10/11 - Poste JC1), engrais NPK (du 03 au 08/11 - Poste JC3), tourteaux de colza (du 04 au 08/11 - Poste DT4), tourteaux de colza (du 04 au 07/11 - Poste DT3)
5	mercredi 8 novembre 2017	Vents de Nord	X	X	Caractériser les retombées avec vents en provenance du port		Site Port : Déchargement sulfate d'ammonium (du 03 au 10/11 - Poste JC1), engrais NPK (du 03 au 08/11 - Poste JC3), tourteaux de colza (du 04 au 08/11 - Poste DT4), drêche de maïs (du 05 au 09/11 - Poste V9), bois (du 07 au 11/11 - Poste DT3), tourteaux de colza (du 07 au 09/11 - Poste DT3), ammonitrate (du 07 au 10/11 - Poste V10), coquille brisée (du 08 au 09/11 - Poste JC4)
6	jeudi 9 novembre 2017	Vents de Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées avec vents en provenance du port		Site Port : Déchargement sulfate d'ammonium (du 03 au 10/11 - Poste JC1), drêche de maïs (du 05 au 09/11 - Poste V9), bois (du 07 au 11/11 - Poste V8), tourteaux de colza (du 07 au 09/11 - Poste DT3), ammonitrate (du 07 au 10/11 - Poste V10), coquille brisée (du 08 au 09/11 - Poste JC4), coquille brisée (du 09 au 10/11 - Poste JC4)
7	dimanche 12 novembre 2017	Vents de Nord et Sud-Ouest	X	X	Caractériser les retombées avec vents en provenance du port		Port : Déchargement drêche de maïs (du 10 au 14/11 - Poste DT3), tourteaux de colza (du 12 au 14/11 - Poste DT4)
8	lundi 13 novembre 2017	Vents de Nord	X	X	Caractériser les retombées avec vents en provenance du port		Port : Déchargement drêche de maïs (du 10 au 14/11 - Poste DT3), tourteaux de colza (du 12 au 14/11 - Poste DT4), sel et chlorure de sodium (du 13 au 15/11 - Poste JC1)
9	mercredi 22 novembre 2017	Vents de Sud	X	X	Caractériser les retombées en provenance du site QI et du port		Site Port : Déchargement engrais NPK (du 16 au 23/11 - Poste DT4), sel et chlorure de sodium (du 20 au 22/11 - Poste JC1), sulfate d'ammonium/engrais minéraux ou chimiques (du 20 au 22/11 - Poste JC2), coquille brisée (du 22 au 23/11 - Poste JC4)
10	lundi 27 novembre 2017					invalidé	

VI.6.4 Synthèse des résultats pour les particules sédimentables site par site

Une synthèse des résultats présentés dans le chapitre précédent est réalisée ci-après, site par site.

Pour chaque site, deux tableaux seront présentés. Ils rappellent pour le premier tableau :

- Le nombre d'échantillons validés durant les deux campagnes ;
- Le nombre d'échantillons dépassant le seuil de nuisance fixé à 200 mg/m²/jr ;
- Les sources d'influence identifiées pour les échantillons dépassant le seuil de nuisance et le nombre d'échantillons journaliers associés.

Pour les influences hors contribution naturelle, le deuxième tableau donne la contribution anthropique estimée, divisée en trois classes :

- Site urbains de fond : traces ou <5%, intervalle 5-15% et supérieur à 15%
- Site sous influence proche : traces ou <5%, intervalle 5-30% et supérieur à 30%

a) Site urbain de fond Découverte

Ce site se trouve dans le quartier Découverte, à 500 mètres environ à l'Ouest de la zone industrielle.

Tableau 26 : Synthèse des observations des dépôts secs – point Découverte

		Nombre de PJ validés sur la campagne	Nombre de PJ > au seuil de nuisance (200 mg/m ² /jr)	Sources identifiées pour PJ > seuil de nuisance (par rapport au nombre total de PJ sur la campagne)		
				Influence suspectée site Timac Agro/phosphea ZI	Autres influences anthropiques	Influence 100% naturelle
C1	PJ	68	10	6	4	2
	%	100%	15%	9%	6%	3%
C2	PJ	50	3	1	1	1
	%	88%	6%	2%	2%	2%

PJ : Prélèvements journaliers

Campagne 1

	Influence suspectée site Timac Agro/phosphea ZI	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	3	0
5-15%	2	3
>15%	1	1

Campagne 2

	Influence suspectée site Timac Agro/phosphea ZI	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	0	1
5-15%	0	0
>15%	1	0

Au total pour ce site, 118 échantillons journaliers ont été collectés sur les deux campagnes dont 13 ont dépassé le seuil de nuisance : 10 en campagne printanière (15%) et 3 en campagne hivernale (6%).

Ces 13 échantillons pour lesquels les niveaux ont dépassé le seuil de nuisance regroupent plusieurs cas de figure à savoir :

- Une exposition du site aux vents en provenance de la zone industrielle (5 journées) ;

- Une exposition aux vents en provenance de la zone d'activité QI et du port (2 journées)
- Une exposition à des vents hors provenance de la zone industrielle et de la zone d'activité QI/port (6 journées)

Les analyses qualitatives de ces 13 échantillons ont permis de mettre en évidence les origines suivantes pour les particules collectées.

- Origine naturelle des particules :

Pour l'ensemble de ces échantillons et quelle que soit la provenance des vents, la part des particules d'origine naturelle est majoritaire pour ce point. Elle varie généralement entre 70 et 100% de la composition de l'échantillon suivant les journées. Cette part naturelle est notamment composée de sables, de coquillages, de végétaux, ...

Notons que 3 échantillons journaliers, parmi les 13 ayant dépassé le seuil de nuisance, présentent exclusivement des particules d'origine naturelle. Dans ces trois cas de figures, le site ne se trouvait pas sous les vents en provenance ni de la zone industrielle ni de la zone port/QI.

- Origine anthropique des particules :

Pour les 10 échantillons restant, des particules d'origine anthropique ont été mises en évidence dans des proportions variant de l'état de traces à 30% de l'échantillon.

Les natures de ces particules anthropiques sont les suivantes.

➔ Influence des activités de la zone industrielle

Pour 7 échantillons, dont 6 en campagne printanière, la partie anthropique des échantillons est notamment composée de produits manipulés sur le site Timac Agro/phospha ZI. Dans ces cas de figure, le site était exposé aux vents en provenance de la zone industrielle.

Il s'agit des **phosphates bicalcique (DCP), monobicalcique (MDCP), monocalcique (MCP)**. Du phosphate magnésien (mag 26) aurait également été décelé mais son identification est plus complexe du fait de sa composition hétérogène.

La part de ces produits varie de l'état de traces à 30% des échantillons. Dans la majorité des cas, cette proportion est inférieure à 15% de l'échantillon.

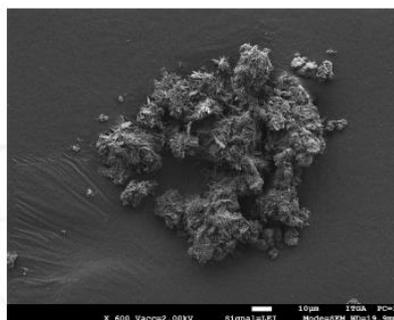


Figure 62 : Amas de particules de phosphate bicalcique

En campagne 2, ces produits n'ont été détectés que dans un seul échantillon journalier (le 25/10/17). Cette journée coïncide avec un dysfonctionnement ponctuel du système de filtration déclaré par l'exploitant de l'usine Phospha.

La rareté des cas observés en campagne 2 avec présence de ces produits doit être nuancée. En effet, durant cette période le site Découverte a été moins exposé aux vents de la ZI, mais également des précipitations plus récurrentes qui ont dû limiter les envols, ont été enregistrées.

Les résultats des analyses sur le point ZI permettront de confirmer l'origine de ces particules.

➔ Autres influences anthropiques :

Pour seulement un des échantillons en campagne 2 à savoir le mercredi 11/10/17, la présence de **tourteaux de tournesol** a été observée (à raison de 10%) par vent de Sud-Ouest soit hors influence de la zone portuaire. Aucun déchargement n'a été effectué ni ce jour-là ni les jours précédents. L'origine reste inexplicée.

Une journée fait preuve d'exception du fait de la présence de **particules minérales** en proportion notable (50%). Il s'agit du lundi 29/05/17. D'après leur composition, ces particules seraient assimilables à du plâtre qui pourrait être issu de travaux exercés dans les environs.

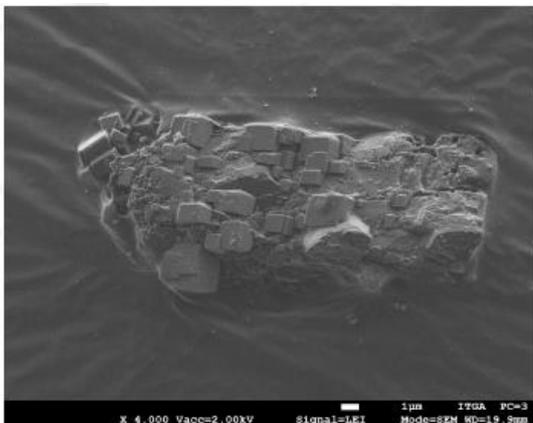


Figure 63 : Particule composée majoritairement de Mg et Ca observée dans l'échantillon du 29/05/17

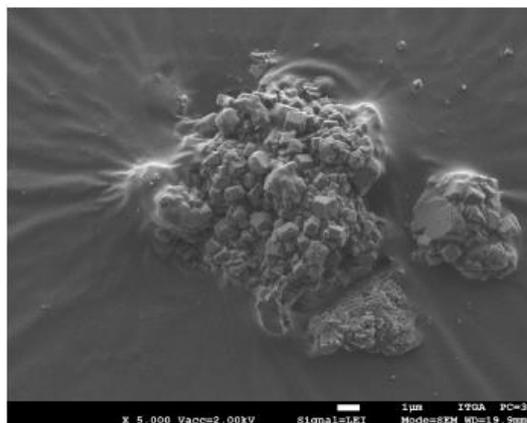


Figure 64 : Particule composée majoritairement de Si et Ca observée dans l'échantillon du 29/05/17

Des **suies** ont également été observées pour trois journées du 26 avril au 6 juin 2017 (<10%). L'incendie du 30 avril 2017 pourrait expliquer cette présence mais également d'autres activités de brûlage au vu des dates concernées.

Synthèse :

Pour ce point de mesure, respectivement 15% et 6% des périodes printanière et hivernale investiguées présentent des niveaux de retombées susceptibles d'entraîner des nuisances.

Au total 13 jours sont donc concernés par un dépassement du seuil de nuisance défini. L'objectif des analyses qualitatives était d'identifier la nature des particules collectées pour ces cas de dépassement.

La part des particules d'origine naturelle est logiquement majoritaire pour ces échantillons journaliers. Trois échantillons présentent d'ailleurs 100% de particules d'origine naturelle.

Pour les 10 échantillons restants, la majorité présente des composés manipulés sur le site Timac Agro/Phosphea de la ZI. Les proportions de ces produits sont souvent inférieures à 15%. Ces particules présentent une couleur blanche caractéristique, qui est très différente des particules d'origine naturelle.

De manière très occasionnelle, d'autres particules d'origine anthropique ont été identifiées comme les suies, les particules issues de travaux et les tourteaux de tournesol.

b) [Site urbain de fond Rocabey](#)

Ce site se trouve au sein du cimetière Rocabey, environ 500 mètres au Nord-Est de la zone portuaire et de la zone d'activité Quai Intérieur.

Tableau 27 : Synthèse des observations des dépôts secs – point Rocabey

		Nombre de PJ validés sur la campagne	Nombre de PJ > au seuil de nuisance (200 mg/m ² /jr)	Sources identifiées pour PJ > seuil de nuisance (par rapport au nombre total de PJ sur la campagne)		
				Influence suspectée de la zone portuaire	Autres influences anthropiques	Influence 100% naturelle
C1	PJ	63	21	2	6	13
	%	93%	33%	3%	10%	21%
C2	PJ	57	4	3	0	1
	%	100%	7%	5%	0%	2%

PJ : Prélèvements journaliers

Campagne 1

	Influence suspectée de la zone portuaire	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	2	1
5-15%	0	3
>15%	0	2

Campagne 2

	Influence suspectée de la zone portuaire	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	0	0
5-15%	1	0
>15%	2	0

Au total, 120 échantillons journaliers ont été validés pour ce point de mesure sur les deux campagnes.

Lors de la campagne printanière, 21 échantillons journaliers (soit 33%) ont dépassé le niveau de 200 mg/m²/jr défini comme seuil de nuisance. En campagne hivernale, 4 échantillons journaliers sont concernés soit 7% des échantillons.

L'objectif des analyses qualitatives a donc été de préciser la nature des particules collectées pour ces journées ou le seuil de nuisance a été dépassé.

Ces dépassements regroupent plusieurs cas de figure en fonction des conditions météorologiques:

- Une exposition aux vents en provenance de la zone portuaire et de la zone quai intérieur (12 journées)
- Une exposition hors zones d'activités portuaire et quai intérieur (12 journées)
- Une exposition aux vents en provenance de la zone industrielle ZI (1 journée)

Les origines et natures de particules suivantes ont été observées.

- **Origine naturelle des particules :**

A l'image du site de Découverte, la part des particules d'origine naturelle est souvent majoritaire sur ce point de mesure (> 70%). Il s'agit de particules de sables, de coquillage et de végétaux.

Ajoutons que pour 14 des 25 échantillons journaliers supérieurs au seuil de nuisance, la contribution des particules d'origine naturelle est de 100%. Les dépassements du seuil repère de

nuisance sur ce point ont donc été souvent liés à des particules d'origine naturelle (56% des cas de dépassement).

- **Origine anthropique des particules :**

Pour les 11 autres cas de dépassement (8 en campagne printanière et 3 en campagne hivernale), la nature et la part des particules anthropiques sont les suivantes.

➔ Influence des activités portuaires :

5 journées sur les deux campagnes sont concernées. Les composés suivants ont été observés :

Les **phosphates MDCP, DCP et MCP** ont été retrouvés lors de 4 journées en proportion variables à savoir :

- Le dimanche 23 avril 2017 (traces),
- Le mercredi 11 octobre 2017 (5%),
- Le samedi 21 octobre 2017 (45%),
- Le dimanche 22 octobre 2017 (traces).

Parmi ces quatre journées, seule celle du samedi 21 octobre est associée à une opération de chargement de MCP effectuée sur le quai JC1 situé à 1300 mètres du point. Notons que cette journée fait part d'exception en termes de proportion de phosphates dans l'échantillon (45%).

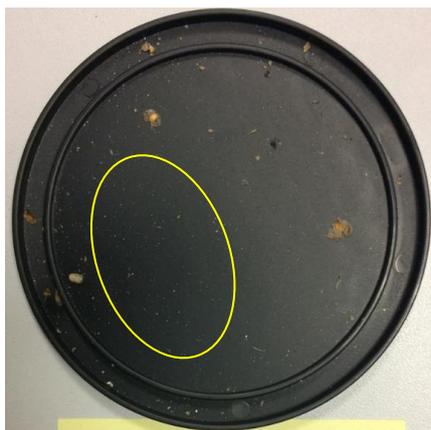


Figure 65 : échantillon journalier du 21/10/17

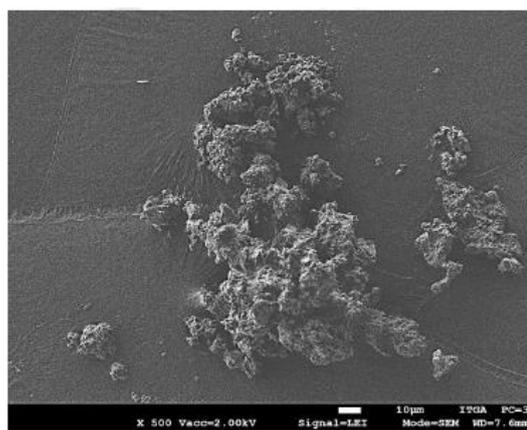


Figure 66 : particules blanches de composition compatible avec le phosphate monocalcique (MDCP)

Pour les trois autres journées, les proportions de phosphates sont faibles (< 5%) et celles-ci ne sont pas associées à des opérations de chargement et déchargement. Cela pourrait provenir de ré-envols ou d'autres opérations au niveau du port que des chargements/déchargements susceptibles d'entraîner des envols de phosphates (chargements camion par exemple).

Une autre journée, à savoir le samedi 13/05/17, lors de laquelle un déchargement aurait eu lieu avec des vents favorables en provenance de la zone portuaire n'a pas fait l'objet de dépôt observé sur ce site Rocabay. D'autres facteurs comme des conditions différentes de déchargements (durée journalière, quantité déchargée, ...) mais également des conditions météorologiques variables suivant les journées (vitesse du vent, précipitations, ...) pourraient expliquer ce constat.

Des **tourteaux de tournesol** ont été observés lors de 3 journées dont 2 sont associées à des déchargements au niveau du port (quai JC2). Leur contribution est comprise entre 20 et 30% de l'échantillon en période de déchargement ce qui reste significatif.

Une autre journée a également été associée à un déchargement de tourteaux de tournesol sur le même quai, mais elle n'a pas révélé la présence de ces derniers. Les précipitations enregistrées ce jour-là (8 mm) pourrait expliquer cette absence.



Figure 67 : Particules de tournesol observée dans l'échantillon du 21/10/17

Excepté lorsque les déchargements sont associés à des périodes pluvieuses ou d'autres conditions moins favorables, le point Rocabey, distant de 1300 mètres du quai concerné, serait impacté par ces déchargements de tourteaux de tournesol.

→ Autres sources d'influences anthropiques :

En campagne printanière, des **particules métalliques** ont été observées sous forme de traces (1 à 5 %) sur 6 journées de la campagne 1. Aucune particule semblable n'a été observée en campagne 2.

D'après la morphologie (forme sphérique) et la composition (fer) associées de ces particules, ces dernières sembleraient provenir des phénomènes de combustion dont les origines peuvent être diverses à l'échelle de l'agglomération (activité de métallurgie, chaudronnerie, autres industries, ...).

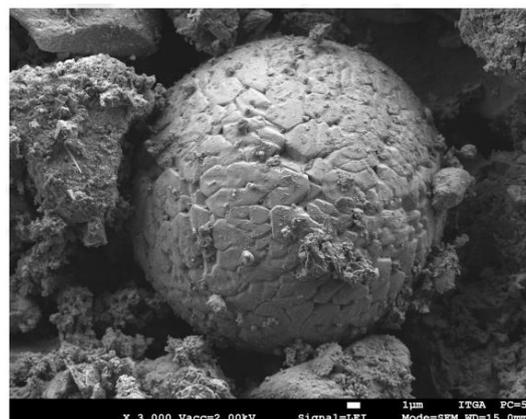


Figure 68 : Bille de fer observée dans l'échantillon du 26/04/17

Lors de la 1^{ère} campagne, des **suies** ont été observées en proportion parfois significatives (entre 10 et 30% de la coupelle) pour 4 échantillons.

Leur absence en campagne 2 (hivernale) permet d'exclure la contribution du chauffage. Par ailleurs, ces suies interviennent à partir du lundi 1^{er} mai, et dans chacune des journées ayant fait l'objet d'une observation dans le mois qui a suivi. Ce constat pourrait être lié à l'incendie déclaré le dimanche 30/04 au niveau du port de plaisance.

A noter la présence très anecdotique (à l'état de traces) de particules liées à des travaux réalisés dans les environs. Il s'agit de fibres minérales artificielles (matériaux d'isolation par exemple) et de résidus de peinture.

Synthèse :

Au total sur la durée de l'étude, respectivement 33% et 7% des campagnes printanière et hivernale auraient pu faire l'objet de nuisance d'après le seuil défini ; 25 journées seraient concernées.

Les analyses qualitatives ont permis de révéler que 14 de ces journées sont liées à des particules exclusivement d'origine naturelle.

Pour les 11 journées restantes, 5 d'entre elles présentent des retombées avec une composition impactée par l'activité exercée sur le port. Notamment pour les produits phosphatés (MCP, DCP et

MDCP) souvent à l'état de traces et les tourteaux de tournesol (entre 20 et 30% selon les échantillons).

La part de ces produits pourrait atteindre très ponctuellement 65% de l'échantillon lorsque les conditions semblent favorables (vents en provenance du port, déchargement/chargement, absence de précipitations, ...).

Les analyses réalisées sur le point port permettront de confirmer l'origine de ces particules.

D'autres origines anthropiques ont été identifiées : les suies en campagne 1 dont les proportions dans les échantillons sont parfois significatives (10 à 30%) et les particules métalliques (issues des processus de combustion) également en campagne 1, souvent observées mais à l'état de traces.

c) Site urbain de fond Legatelois

Le site se trouve dans le quartier de Paramé. Il constitue le point le plus distant de la zone industrielle (1800 m) et de la zone portuaire (2500 m).

Tableau 28 : Synthèse des observations des dépôts secs – point Legatelois

		Nombre de PJ validés sur la campagne	Nombre de PJ > au seuil de nuisance (200 mg/m ² /jr)	Sources identifiées pour PJ > seuil de nuisance (par rapport au nombre total de PJ sur la campagne)		
				Influence liée aux sources échantillonnées	Autres influences anthropiques	Influence 100% naturelle
C1	PJ	68	19	4	2	14
	%	100%	28%	6%	3%	21%
C2	PJ	57	9	4	6	3
	%	100%	16%	7%	11%	5%

PJ : Prélèvements journaliers

Campagne 1

	Influence liées aux sources	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	3	2
5-15%	1	0
>15%	0	0

Campagne 2

	Influence liées aux sources	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	0	4
5-15%	2	2
>15%	2	0

Au total 125 échantillons journaliers ont été validés sur ce point : 28 d'entre eux ont présenté des niveaux susceptibles d'engendrer des nuisances, représentant 28% de la période de campagne printanière et 16% de la campagne hivernale.

Les origines suivantes ont été identifiées pour les particules collectées sur ces journées.

- **Origine naturelle des particules :**

Comme pour les deux autres sites de fond urbains, les échantillons présentent une majorité de particules d'origine naturelle (sables, coquillages, ...), qui est comprise entre 70 et 100%.

17 échantillons journaliers (sur les 28 considérés comme susceptibles d'entraîner des nuisances) présentent des compositions exclusivement naturelles. La contribution naturelle dans ces journées à dépôts significatifs n'est donc pas négligeable. Rappelons toutefois que sur ce point des

perturbations liées au positionnement du dispositif (proximité d'un toit terrasse) ont pu entraîner une légère surexposition aux particules naturelles et donc une possible surestimation des journées avec nuisances.

- Origine anthropique des particules :

Pour les 11 autres échantillons, des particules d'origine anthropiques sont présentes soit sous forme de traces ou bien de manière plus prépondérante. Les influences observées sont les suivantes.

Les proportions les plus importantes pour les particules d'origine anthropique concernent les **tourteaux de tournesol** retrouvées exclusivement en campagne 2 sur 4 échantillons, dans des proportions comprises entre 15 et 30% de la coupelle.

Ensuite, d'autres composés ont été observés souvent à l'état de traces :

Il s'agit des phosphates bicalcique (DCP) et monobicalcique (MDCP) retrouvées à l'état de traces sur 6 échantillons dont 2 en campagne hivernale.

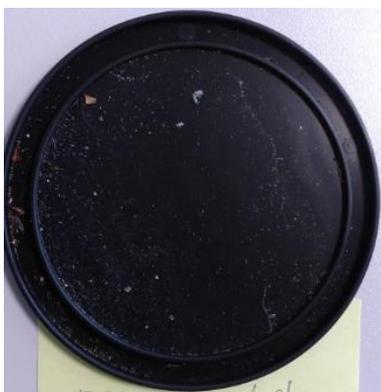


Figure 69 : Echantillon journalier du 5/06/17

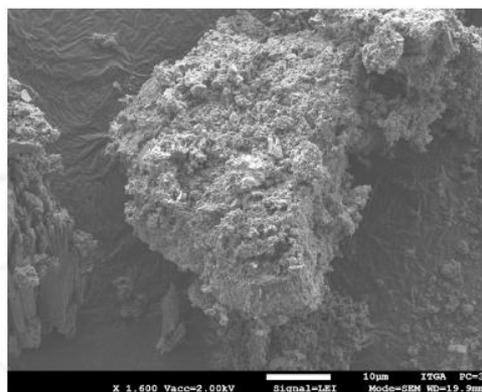


Figure 70 : particule de phosphate bicalcique observé dans l'échantillon du 5/06/17

Des fibres de carbone, fibres de plastiques et particules métalliques ont aussi été observées également à l'état de traces sur quelques échantillons.

Synthèse :

Pour ce point de mesure, respectivement 28 et 16% des périodes printanière et hivernale investiguées présentent des niveaux de retombées susceptibles d'entraîner des nuisances.

Sur les 28 journées au total susceptibles d'être concernées par des nuisances, 17 d'entre elles présentent des compositions de particules exclusivement d'origine naturelle.

Parmi les 11 échantillons restants, la part des particules d'origine anthropique est souvent de l'ordre de traces. Les composés mesurés dans ce cas sont des phosphates ainsi que des fibres et particules métalliques.

Quelques journées font toutefois figure d'exception en termes de proportion de particules d'origine anthropique : dans ce cas, les proportions de tourteaux de tournesol peuvent être de l'ordre de 15 et 30%.

La présence de phosphates, bien que confirmée sur ces échantillons, est jugée moins préoccupante de par ses proportions souvent peu significatives dans les échantillons.

Concernant le tournesol, il s'agit d'un produit manipulé au niveau du port distant de 3000 mètres de ce point de mesure ce qui lui conférerait une grande propriété de dispersion. La présence d'autres

sources parait peu probable à notre connaissance, au regard de sa détection significative dans les échantillons de la campagne 2, soit en période hivernale.

d) Site sous influence proche de sources : le port

Le point de mesure situé sur la zone portuaire se trouve entre 300 et 400 mètres des zones de quais de (dé)chargement et à 200 mètres des premières habitations.

Tableau 29 : Synthèse des observations des dépôts secs – point Port

		Nombre de PJ validés sur la campagne	Nombre de PJ > au seuil de nuisance (200 mg/m ² /jr)	Sources identifiées pour PJ > seuil de nuisance (par rapport au nombre total de PJ sur la campagne)		
				Influence de la zone portuaire	Autres influences anthropiques (dont le chantier naval)	Influence 100% naturelle
C1	PJ	58	13	10	10	0
	%	85%	22%	17%	17%	0%
C2	PJ	57	8	6	6	2
	%	100%	14%	11%	11%	4%

PJ : Prélèvements journaliers

Campagne 1

	Influence de la zone portuaire	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	3	4
5-15%	2	2
>15%	5	4

Campagne 2

	Influence de la zone portuaire	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	0	2
5-15%	3	3
>15%	3	1

Au total 115 échantillons journaliers ont été validés pour ce point de mesures : 13 journées ont présenté un dépassement du seuil de nuisance en campagne printanière (22%) et 8 journées en campagne hivernale (14%) soit un total de 21 journées.

Rappelons que ce point de mesure constitue le point le plus éloigné de sources de particules et qu'il se trouve à proximité d'habitations. Il s'apparente donc à un site urbain de fond sans respecter à la lettre l'ensemble des critères.

Trois configurations différentes ont été observées pour ces échantillons :

- En période d'activités exercées au niveau du port et lors de vents favorables ;
- En période d'activités conjointes au niveau du port et du site Timac Agro QI et lors de vents favorables ;
- Lorsque le point de mesure n'était pas sous l'influence combinée du port et du site Timac Agro QI

La majorité des journées présentant un dépassement du seuil repère de nuisance correspond à des conditions météorologiques exposant le site de mesure aux vents en provenance de la zone portuaire et de la zone d'activité quai intérieur.

Pour les journées susceptibles d'entraîner des nuisances, les compositions de particules sont les suivantes :

- **Origine naturelle des particules :**

Pour ce point de mesure, la part des particules d'origine naturelle est souvent bien inférieure à celle observée sur les sites urbains de fond. Souvent inférieure à 50% de l'échantillon, cette part correspond à des végétaux (mousses, lichens, ...) ainsi qu'à des sables et coquillages.

Seuls 2 échantillons journaliers (sur les 21 susceptibles d'avoir fait l'objet d'une nuisance) présentent exclusivement des particules d'origine naturelle.

- **Origine anthropique des particules :**

Sur les 19 journées restantes, la contribution anthropique dans les échantillons de ce point est très significative puisqu'elle représente souvent plus de 50% de leur composition atteignant plus de 85% pour 3 journées. Les natures de ces particules sont les suivantes.

➔ Influence des activités portuaires :

Au total 16 des 19 journées avec nuisances présentent une part de particules anthropiques issue des activités portuaires ce qui est justifié au regard de l'emplacement du point de mesure.

12 de ces journées (8 en campagne printanière et 4 en campagne hivernale) présentent des particules de **tourteaux de tournesol et de drêche de maïs** dans des proportions comprises entre 15 et 40%.

A noter que deux journées font preuve d'exception à savoir :

- Le mercredi 8/11/17 où la part des particules de drêche de maïs représente 90% de la composition de la coupelle et qui est associée à un déchargement au port (poste V9) situé à environ 500 mètres du point de mesure.
- Le lundi 13/11/17 où la part des particules de drêche de maïs représente 80% de l'échantillon et qui est associée à un déchargement au poste DT3 (distant de 400 mètres du point de mesure)

Ajoutons que lors de ces mêmes journées, des déchargements de tourteaux de colza ont été effectués bien que non retrouvés dans les échantillons analysés ce qui semblerait traduire un impact plus réduit en termes de dispersion pour ce produit.

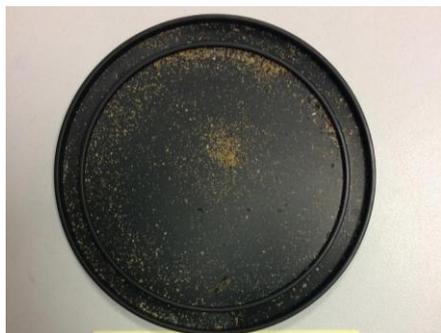


Figure 71 : Echantillon journalier du 8/11/17

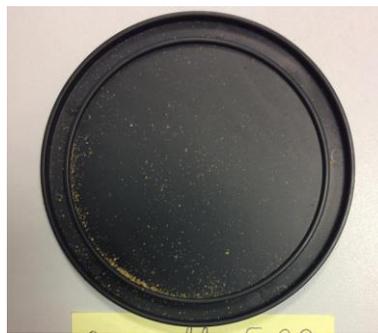


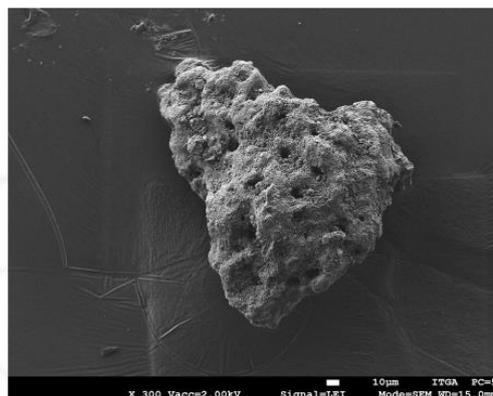
Figure 72 : Echantillon journalier du 13/11/17

La couleur jaune de la drêche de maïs est très caractéristique.

Parmi les autres composés issus de l'activité portuaire, la présence de **phosphate bicalcique** (DCP) a également été observée dans les échantillons (13 journées dont 7 en campagne printanière et 6 en campagne hivernale) bien que souvent sous forme de traces.

A noter que ces journées ne sont pas toujours associées, de manière systématique, à une opération de déchargement de DCP.

Figure 73 : Particule de composition chimique compatible avec le phosphate bicalcique (échantillon du 19/10/17)



Bien qu'ayant fait l'objet d'une observation, l'échantillon du 4/11 associé à une opération de déchargement et des vents favorables, n'a pas mis en évidence la présence de ce produit. D'autres paramètres comme les temps et conditions de déchargement, pourraient expliquer ce constat.

Les autres cas correspondent essentiellement à des journées successives notamment :

- En campagne 1, les 25 et 26/04 avec des proportions de 15% bien qu'aucun déchargement n'ait eu lieu sur cette période ;
- En campagne 2, durant 6 journées observées le 19/10 puis du 8 au 22/11 (proportions inférieures ou égales à 5%). Seule la journée du 19/10 coïncide avec une opération de déchargement de ce produit.

Comme détaillé dans la partie activité, le phosphate bicalcique manipulé au port n'est pas lié à l'activité de Phospea qui exporte ce produit directement du site de la ZI sans le transiter par le port. Le phosphate bicalcique, réceptionné par bateau par une autre société concurrente de Phospea, est exporté par camion.

Il est donc fort probable que ces journées coïncident également avec des opérations de chargement de camions dont nous n'avons pas connaissance.

→ Influence du chantier naval

L'activité limitrophe du **chantier naval** semble également avoir impacté la composition des échantillons puisque 16 échantillons journaliers (parmi les 19 avec présence de particules anthropiques), ont présenté une part de particules issues de cette source comprise entre 5 et 25%.

Le chantier naval se trouve à une 50^{aine} de mètres du point de mesure. Les particules supposées issues de cette activité sont essentiellement composées de particules métalliques et de particules colorées associées à des résidus de peinture.

Figure 74 : Chantier naval situé à proximité du point de mesure



Une journée fait preuve d'exception puisqu'elle présente des particules métalliques à une hauteur de 80% de la composition de l'échantillon. Il s'agit du mercredi 22 novembre 2017.

A noter également la présence plus ponctuelle de verre dans les échantillons de ce point et notamment le jeudi 1^{er} juin où la part représentée par ces particules était de 50% de la composition de la coupelle.

→ Autres sources d'influences anthropiques :

A noter la présence de suies sur 4 échantillons journaliers en campagne printanière, avec des proportions comprises entre 5 et 30% des échantillons.

Synthèse :

Au total pour ce point de mesure, respectivement 22% et 14% des campagnes printanière et hivernale auraient fait l'objet de nuisances ; celles-ci concerneraient alors 21 journées sur les 115 étudiées.

Rappelons toutefois que ce site se trouve dans une zone non habitée. L'objectif des mesures sur ce point est d'identifier les particules issues du port, susceptibles de s'étendre au-delà de son emprise.

Deux de ces journées présentent des particules exclusivement d'origine naturelle. Pour les autres, les proportions sont souvent inférieures à 50% dans les coupelles ce qui est différent des proportions observées pour les sites urbains de fond.

La partie anthropique des 19 autres échantillons journaliers est souvent représentée par les drêches de maïs et tourteaux de tournesol (10 à 40% voire 90% ponctuellement), du phosphate bicalcique (DCP) souvent en traces dont les origines suspectées seraient les déchargements dans des conditions favorables aux envols et les manipulations effectuées dans les magasins, ainsi que des résidus de peinture issus du chantier naval situé à proximité.

Parmi l'ensemble des marchandises identifiées par notre partenaire comme étant susceptibles de générer des particules, 3 d'entre elles sont récurrentes pour les cas ayant pu entraîner des nuisances et considérées comme traceurs de l'activité portuaire. Il s'agit :

- De la drêche de maïs,
- Des tourteaux de tournesol,
- De la DCP.

A noter que les tourteaux de colza n'ont pas été retrouvés dans les échantillons ayant pu faire l'objet de nuisances.

Le fait de retrouver ces trois produits dans les échantillons du point port permet de confirmer d'une part leurs propriétés de dispersion, et d'autre part l'origine de ces produits retrouvés sur le point Rocabey.

e) Site sous influence proche de sources : Quai intérieur (QI)

Le point du Quai intérieur a été mis en place sur le site Timac Agro à quelques dizaines de mètres des installations du site industriel et entre 500 et 900 mètres des zones de (dé)chargements du port.

Le positionnement de point permet donc également d'étudier l'impact des activités exercées sur la zone portuaire.

Tableau 30 : Synthèse des observations des dépôts secs – point QI

		Nombre de PJ validés sur la campagne	Nombre de PJ > au seuil de nuisance (200 mg/m ² /jr)	Sources identifiées pour PJ > seuil de nuisance (par rapport au nombre total de PJ sur la campagne)			
				Influence suspectée de la zone portuaire	Influence des activités du site QI	Autres influences anthropiques	Influence 100% naturelle
C1	PJ	68	17	8	10	3	2
	%	100%	25%	12%	15%	4%	3%
C2	PJ	57	9	4	1	2	3
	%	100%	16%	7%	2%	4%	5%

PJ : Prélèvements journaliers

Campagne 1			
	Influence suspectée de la zone portuaire	Influence des activités du site QI	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	2	8	0
5-15%	4	1	3
>15%	2	1	0

Campagne 2			
	Influence suspectée de la zone portuaire	Influence des activités du site QI	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	1	1	2
5-15%	1	0	0
>15%	2	0	0

Au total, sur les 125 échantillons journaliers validés, respectivement 17 puis 9 échantillons ont dépassé le seuil de nuisance défini pour les campagnes printanière et hivernale soit 26 échantillons.

Trois configurations différentes ont été observées pour ces échantillons :

- En période de fonctionnement des activités sur le site Timac Agro QI afin de tracer les retombées liées à l'activité ;
- En période d'arrêt de l'usine Timac Agro QI afin de caractériser les retombées assimilables au niveau de fond du fait d'une absence d'activité sur le site ;
- En période de déchargement au niveau du port pour évaluer le rayon d'impact des activités du port.

Les origines des particules collectées sont les suivantes.

- **Origines naturelle et anthropique (site QI) pour les sables et coquillages**

Pour l'ensemble de ces journées, les **coquillages et sables** représentent la majorité de la composition des échantillons sur ce point. Leur proportion est souvent comprise entre 50 et 90% et parfois proche ou égale à 100% (pour 6 journées).

Contrairement aux autres sites, une contribution anthropique pour les sables et coquillages est possible pour ce point du fait de la présence d'une zone de stockage de calcium marin au Nord du point de mesure.

Les sables et coquillages retrouvés dans les échantillons comprennent donc probablement une partie d'origine naturelle (issue du front de mer) mais également anthropique (issue de la zone de stockage). Nous les avons toutefois classés dans les origines naturelles dans la présentation des résultats du chapitre précédent.

Malgré cela, au vu des résultats du point port situé plus au Nord entre le front de mer¹⁴ et le point QI, la contribution naturelle de ces sables et coquillages est jugée minoritaire sur ce point.

Leurs proportions sont semblables que ce soit en présence ou absence d'activités ce qui semblerait traduire l'existence de ré-envols à partir des stocks de calcium marin.

En période de déchargement de calcium marin (par exemple le 8/11/17), la proportion de sables et coquillages n'est pas significativement différente, ce qui s'explique par le fait que les matériaux soient humides lors de cette étape.

¹⁴ Proportions des sables et coquillages plus faibles que sur le point QI

- Les autres origines anthropiques

→ Influence des activités du site QI (excepté la zone de stockage de calcium marin)

Les produits identifiés comme susceptibles d'entraîner des envols des particules au niveau de cette zone d'activité étaient les suivants : le calcium marin (traité précédemment), la magnésie et les phosphates.

Pour les deux derniers, il s'agit également de produits manipulés sur la zone portuaire. La distinction des deux origines est donc complexe. Pour réaliser ce travail, nous avons pris en compte à la fois les opérations de déchargement déclarées par le port et les conditions météorologiques.

Ainsi, d'après ces éléments, 11 journées parmi les 26 ayant pu faire l'objet de nuisances, ont présentés des traces de ces produits. Leurs contributions peu significatives et l'incertitude quant à l'origine de ces particules conduisent à prendre avec prudence ces observations.

→ Influence des activités portuaires :

Pour 7 journées, les échantillons ont présenté une part significative de **particules végétales à savoir tourteaux de tournesol et drêche de maïs** qui sont des produits manipulés au port. Leur contribution est comprise entre 10 et 30% dans les échantillons.

Plusieurs configurations ont été observées pour ces cas précis, permettant de faire un lien entre les opérations de déchargements au niveau du port et leur présence dans les échantillons.

Figure 75 : Echantillon du 8/11/17 avec présence de drêche de maïs à raison de 30% de l'échantillon



Pour la majorité des cas étudiés, la présence dans l'échantillon de tourteaux de tournesol ou de drêche de maïs coïncide avec une opération de déchargement. Selon le quai de déchargement (DT3/DT4 ou V9), le rayon d'impact serait à minima compris entre 700 et 900 mètres entre la source et le point de mesure.

Dans deux des cas, ils ont été observés en l'absence de déchargement. Leur présence pourrait être liée à des manipulations dans les magasins de stockage ou à défaut, à des ré-envols.

Par ailleurs, pour 3 journées, des traces de **phosphate bicalcique (DCP)** ont été retrouvées bien qu'en absence de déchargement au niveau du port.

Ces derniers pourraient provenir de manipulations exercées dans les magasins de stockage du port puisque leur présence est systématiquement associée à des vents en provenance du port. Rappelons que ce composé a également été observé sur le point port.

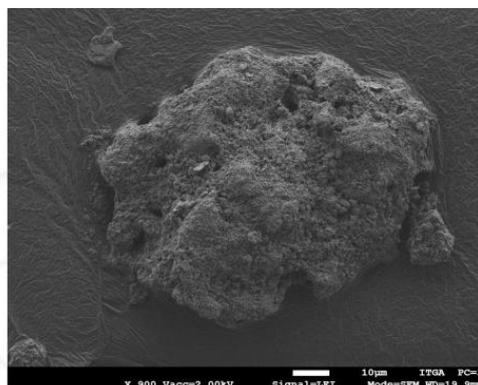


Figure 76 : Amas de particules de phosphate bicalcique dans l'échantillon du 28/05/17

Signalons également la présence d'autres particules en proportion moins significative, dont la présence coïncide avec une phase de déchargement au niveau de port. Leurs proportions dans les échantillons varient de l'état de traces à 15%. C'est le cas notamment pour la **magnésie**, **phosphate magnésien** (Mag 26), **engrais phosphatés**, particules minérales azotées.

→ Autres influences anthropiques :

D'autres influences ont pu être constatées sans lien évident avec l'activité du site QI à savoir la présence de **Fibres Minérales Artificielles** (FMA) sous forme de traces qui pourraient provenir de travaux exercés dans les environs (activité du chantier naval ?).

A noter également la présence de **suies** de manière plus anecdotique (seulement 3 coupelles en campagne 1).

Synthèse :

Au total, respectivement 12 et 7% des campagnes printanière et hivernale ont pu faire l'objet de nuisances sur ce point de mesure soit un cumul de 26 journées. Rappelons toutefois que ce point se trouve sur l'emprise d'un site industriel.

L'objectif des mesures sur ce point est double : identifier les particules issues des activités du site Timac Agro QI et susceptibles de s'étendre au-delà de son emprise, mais également identifier les particules en provenance du port voire d'autres sources non identifiées.

Nos observations sur les compositions de ces 26 coupelles sur ce point révèlent des influences combinées :

- d'origine naturelle et anthropique avec la présence de sables et coquillages ;
- des activités portuaires (présence de DCP, Tourteaux de tournesol et drêche de maïs),
- d'autres activités anthropiques : présence de fibres, suies, ...

Pour certains produits retrouvés dans les échantillons, l'origine est plus complexe à identifier du fait qu'ils soient manipulés à la fois sur le site de QI ainsi qu'au niveau du port ou bien présents naturellement.

Il s'agit par exemple de la magnésie, qui bien que retrouvée dans un seul des échantillons lors d'un déchargement et à l'état de traces, a pu être manipulée simultanément au niveau du site QI.

Les phosphates ont également été retrouvés en proportion variable (1 à 10%) mais dont la contribution peut également être naturelle.

Concernant le calcium marin, retrouvé de manière récurrente et dans des proportions souvent supérieures à 75-80%, sa contribution est liée à une part anthropique (issue de la zone de stockage) associée à une part naturelle. La répartition entre ces deux origines est complexe même si nous estimons que la part d'origine naturelle est minoritaire au vu des résultats.

Bien que des variations d'activités aient été constatées entre les campagnes, au regard des données de production communiquées (notamment un fonctionnement de l'atelier granulation bien inférieur en campagne 1), il est difficile de relier la composition des coupelles avec les conditions d'activités.

Sur la base de ces observations pour les 26 journées avec nuisances possibles, les éléments à retenir pour ce point de mesure sont les suivants :

- influence des activités portuaires sur ce point (pour 12 journées) ;
- particules issues de l'activité du site QI sous formes de traces et difficile à relier avec l'activité ;
- envois probables du calcium marin de la zone de stockage dans des proportions difficiles à appréhender du fait de l'ajout de la contribution naturelle.

f) Site sous influence proche de sources : Zone industrielle (ZI)

Le point de mesure a été installé à l'extrémité Nord-Ouest du site de Timac Agro et Phosphea.

Tableau 31 : Synthèse des observations des dépôts secs – point ZI

		Nombre de PJ validés sur la campagne	Nombre de PJ > au seuil de nuisance (200 mg/m ² /jr)	Sources identifiées pour PJ > seuil de nuisance (par rapport au nombre total de PJ sur la campagne)		
				Influence du site	Autres influences anthropiques	Influence 100% naturelle
C1	Jours	68	28	27	4	1
	%	100%	41%	40%	6%	1%
C2	Jours	57	10	9	1	1
	%	100%	18%	16%	2%	2%

PJ : Prélèvements journaliers

Campagne 1

	Influence site	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	4	1
5-15%	6	3
>15%	17	0

Campagne 2

	Influence site	Autres influences anthropiques
Contribution (%)	Nb de PJ	Nb de PJ
traces (<5%)	4	1
5-15%	5	0
>15%	0	0

Au total, 125 échantillons ont été validés pour ce point de mesure. Parmi ces échantillons, respectivement 28 et 10 journées ont dépassé le seuil de nuisances défini en campagnes printanière et hivernale.

Au sein de ces échantillons, trois configurations différentes des activités sur le site ZI ont été observées à savoir :

- En période de fonctionnement des deux usines Phosphea et Timac Agro,
- En période de fonctionnement de l'usine Phosphea (arrêt Timac Agro),
- Hors période de fonctionnement des deux usines.

- **Origine naturelle des particules**

La part des particules d'origine naturelle pour ces 38 échantillons est relativement différente entre les deux campagnes.

Lors de la campagne printanière, cette contribution était souvent minoritaire (entre 10 et 20% seulement), alors que lors de la campagne 2, elle était majoritaire (comprise entre 75 et 100%). Cette part d'origine naturelle est liée à la présence de sable, végétaux, ...

Deux échantillons ont présenté des contributions exclusivement d'origine naturelle.

- Origine anthropique

Pour les 36 échantillons comprenant des particules d'origine anthropique, les origines suivantes ont été identifiées.

→ Influences de l'activité du site TimacAgro/phosphea ZI :

Les 36 échantillons observés avec des particules d'origine anthropique ont présenté des particules issues des activités exercées sur le site TimacAgro/phosphea ZI. Les proportions ont toutefois été variables entre les campagnes.

En campagne 1, 80 à 90% des poussières collectées correspondent à des particules issues de l'activité exercée sur le site de la ZI. Il s'agit de **phosphate bicalcique (DCP)**, **phosphate magnésien (mag 26)**, **phosphate monobicalcique (MDCP)**, **phosphate monocalcique (MCP)**.



Figure 77 : Echantillon du 27/04/17

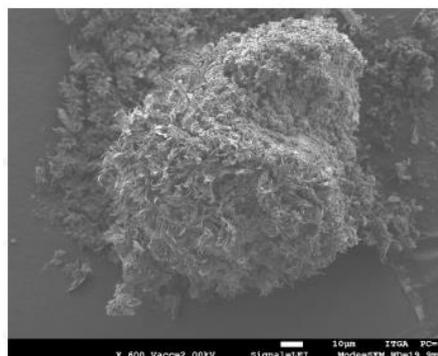


Figure 78 : Amas de particules de phosphate bicalcique notamment observé sur l'échantillon du 27/04

En campagne 2, la contribution de ces particules, bien que de nature identique, est très différente passant à 5 à 25% de la coupelle.

Ces observations ne sont pas corrélées aux régimes d'activités des installations ; les ateliers granulation et cave de l'usine Timac Agro Zi ayant été arrêté une majeure partie de la campagne 1).

Un des points qui pourrait expliquer cette différence porte sur la récurrence des précipitations en campagne 2 qui limiterait les envols.

→ Autres influences anthropiques :

A noter la présence de **suies** observées sur 4 échantillons collectés en campagne printanière (de l'état de traces à 25% suivant les échantillons) dont la provenance pourrait être liée à l'incendie du 30/04 suivi de ré-envols.

Synthèse

Au total sur cette campagne, respectivement 41 et 18% des campagnes printanière et hivernale ont présenté des dépassements du seuil de nuisance. Ces résultats sont logiques au regard du positionnement du point au sein du site industriel Timac Agro/Phosphea. Rappelons que les habitations les plus proches se trouvent à environ 250 mètres de ce point.

L'objectif des mesures sur ce point était surtout d'identifier la nature des particules susceptibles de s'étendre au-delà de l'emprise du site industriel et de caractériser d'autres particules émises au sein de la zone industrielle.

En synthèse de ces observations, l'impact de l'activité du site Timac Agro/Phosphea sur la composition des coupelles de ce point de mesure est significatif et ce particulièrement en période printanière ou la contribution est souvent supérieurs à 80% de l'échantillon.

Contrairement aux autres points investigués, les envols de ce site sembleraient plus sensibles aux conditions climatiques (récurrence des précipitations) du fait des différences des profils entre les saisons.

La majorité des produits manipulés sur ce site ont été retrouvés dans les échantillons ce qui constitue de bons traceurs de l'activité. Il s'agit :

- phosphate bicalcique – DCP (produits finis),
- phosphate monocalcique – MCP (produits finis),
- phosphate monobicalcique - MDCP (produits finis).

Ces résultats permettent de confirmer l'origine des particules de DCP, MCP et MDCP retrouvées sur le site Découverte par vents en provenance de la ZI.

Nous n'avons pas observé sur ce point d'autres particules présentent de manière récurrente, qui seraient susceptibles d'être émises par d'autres activités au sein de la ZI pour les échantillons ayant fait l'objet d'un dépassement du seuil de nuisance. Des suies ont pu être observées, mais de manière très ponctuelle.

VI.6.5 Enseignements retenus pour la partie particules sédimentables

Les éléments issus de la partie précédente permettent de tirer les enseignements suivants sur la fréquence des nuisances et la nature des particules anthropiques et leurs propriétés dispersives.

Ces deux points sont développés dans les paragraphes suivants.

a) Fréquence des nuisances pour les sites urbains de fond

Le tableau de la page suivante synthétise les données du chapitre précédent pour les trois sites urbains de fond.

Tableau 32 : Synthèse des fréquences des nuisances et des origines des particules liées à ces nuisances pour les sites urbains de fond

Sites urbains de fond	Nombre de PJ sur la campagne	Nombre de PJ avec nuisances possibles*	Nombre de PJ avec contributions 100% naturelles	Nombre de PJ avec une part de contributions anthropiques	Origines des particules d'origines anthropiques							
					Influence de l'activité portuaire		Influence de l'activité du site Timac Agro QI		Influence de l'activité du site Timac Agro/phospha ZI		Autres influences anthropiques	
					Nb de PJ	Nature particules et contribution moy.	Nb de PJ	Nature particules et contribution moy.	Nb de PJ	particules et contribution moy.	Nb de PJ	Nature particules et contribution moy.
Découverte	118	13 (soit 11%)	3	10 (soit 8,5%)	0	x	0	x	7	MDCP, DCP, MCP (<15%)	5	Suies (10%) plâtre
Rocabey	120	25 (soit 21%)	14	11 (soit 9,2%)	5	MDCP, DCP, MCP (traces) Tournesol (20-30%)	0	x	0	x	6	Suies (10-30%) particules métalliques (traces)
Legatelois	125	28 (soit 22%)	17	11 (soit 8,8%)	4	Tournesol (15-30%)	0	x	6**	DCP, MDCP (traces)**	8	fibres carbone + plastiques et particules métalliques (traces)

PJ : Prélèvements journaliers

* sur la base du seuil de 200 mg/m³/jr

** incertitude sur l'origine de ces composés

Nos observations sont les suivantes :

- Nombre de prélèvements journaliers avec nuisance et contribution naturelle exclusive

Concernant l'estimation du nombre de jours avec une nuisance possible du fait des dépôts de particules, le site Découverte présente un nombre de jours environ deux fois moins important que les deux autres sites Rocabey et Legatelois sur la durée totale de l'étude. En contrepartie, ces deux sites présentent des nombres de jours, avec des nuisances liées à 100% à une origine naturelle, bien supérieurs.

Notre analyse est la suivante. Le site Découverte est moins soumis aux envols naturels (souvent composés de sables, coquillages et végétaux) par rapport au site de Rocabey, plus proche du front de mer. Ce point justifie la différence du nombre de jours avec une nuisance d'origine 100% naturelle entre les deux sites. Concernant le site Legatelois, il est fort probable que son positionnement ait contribué à surestimer la quantité de dépôts sédimentables d'origine naturelle.

- Nombre de jours de nuisances avec une part des particules d'origine anthropique

Si l'on extrait les jours de nuisance pour lesquels la contribution des particules est exclusivement d'origine naturelle, on remarque que quel que soit le site urbain de fond, le nombre de jours avec une part de contribution anthropique est identique et est de l'ordre de 10% de la campagne. Ce dénombrement ne tient toutefois pas compte de la proportion de la part anthropique pour chacune des journées concernées.

- Origine et proportion des particules anthropiques dans les échantillons

Les nombres de jours avec nuisances dont une part est liée à une activité anthropique ont été réparties d'après les influences observées.

Pour le site Découverte, 7 des 10 cas observés avec une influence anthropique, ont présenté des composés issus de l'activité exercée sur le site Timac Agro et Phosphea dans des proportions souvent inférieures à 15%. Cela représente donc 6% des échantillons collectés. Ce chiffre doit toutefois être nuancé par le fait que lors de la campagne hivernale, le point de mesure a très peu été sous les vents de la ZI.

D'autres influences ont également été observées lors de 5 journées dans les échantillons : des suies et des produits issus de travaux (plâtre).

Pour le site Rocabey, 5 des 11 cas observés avec une part de particules d'origine anthropique présentent des particules issues des activités portuaires. Cela représente moins de 5% du temps de la campagne. Il s'agit notamment des tourteaux de tournesol dans des proportions comprises entre 20 et 30% des échantillons, et des phosphates MCP, DCP et MDCP souvent retrouvés à l'état de traces.

D'autres influences anthropiques ont été observées sur ce point lors de 6 journées : les suies et les particules métalliques (activité de combustion).

Enfin le site Legatelois a présenté 4 échantillons avec des proportions significatives de tourteaux de tournesol (15-30%) qui sembleraient provenir du port (en l'absence d'autres sources connues). Par ailleurs, 6 journées ont également présenté des traces de phosphates (DCP et MDCP) dont l'origine est difficile à identifier.

En outre, d'autres particules d'origine anthropique ont été observées à l'état de traces lors de 8 journées.

b) Caractéristiques des particules anthropiques observées

Sur la base des analyses qualitatives réalisées et d'après les sources identifiées pour chacun des produits, nous estimons dans le présent chapitre des rayons d'impact possibles lors de conditions favorables.

- **Le calcium marin :**

Ce produit est manipulé au niveau des quais et de la zone de stockage du site Timac Agro QI.

Parmi les échantillons collectés, seuls ceux collectés au niveau du site QI présentent une contribution majoritaire liée au calcium marin. A l'inverse le site port ne semble pas impacté de manière significative par ce produit.

On déduit de ces éléments un rayon d'impact réduit du fait de la densité du produit, probablement de l'ordre d'une centaine de mètres. Les manipulations de produits et ré-envois pourraient être à l'origine de sa présence contrairement aux phases de déchargement pour lesquelles le produit est humide.



Figure 79 : photo du calcium marin

Les envois possibles de ce produit nous semblent peu préoccupants du fait du caractère naturel de ce dernier et de sa distance d'impact réduite autour de la source.

- **Tourteaux de tournesol, tourteaux de colza et drêche de maïs :**

Ces produits sont manipulés au port que ce soit au niveau des zones de déchargement et au niveau des magasins de stockage.

Les tourteaux colza, bien que déchargés dans les mêmes conditions que les autres produits (même journée, quai identique), n'ont pas été retrouvés dans les échantillons analysés.

Les tourteaux de tournesol semblent présenter un large pouvoir de dispersion puisqu'ils ont été retrouvés systématiquement à Rocabey, en période de déchargement au niveau du port et lorsque les conditions étaient favorables, voire même de manière plus exceptionnelle à Legatelois et Découverte.

Considérant le port comme l'unique source pour ce composé, le rayon d'impact serait de l'ordre de 1 300 mètres voire étendue ponctuellement jusqu'à 3 000 mètres.

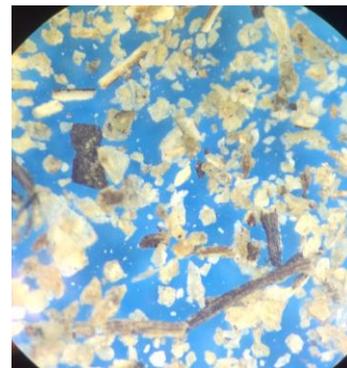


Figure 80 : observation à la loupe binoculaire du tourteaux de tournesol

Concernant la drêche de maïs, peu de jours ont été associés à des phases de déchargement. Toutefois, sa présence largement majoritaire sur le point le plus proche des zones de déchargement à savoir le point Port, mais également dans une moindre mesure sur le point QI, révèle un rayon d'impact probablement plus important. Ce dernier est estimé aux alentours de 700 mètres à minima.

- **Les phosphates monobasique (MDCP), monobasique (MCP), magnésien (Mag 26), basique (DCP)**

Ces produits sont manipulés au port (au niveau des zones de déchargement et dans les magasins de stockage), et sur le site de la ZI. Les conditions de manipulation sur ces deux zones sont différentes.

Pour la 1^{ère} source, la présence de ces produits au niveau des points port, QI et Rocabey a été confirmée à des niveaux variables suivant les conditions météorologiques. Après confrontation aux données d'activités, plusieurs sources seraient envisageables : phases de déchargement, manipulation dans les magasins, ré-envois, ... Au vu de ces éléments, le rayon d'impact à partir de cette source serait de l'ordre de 300 mètres et de manière plus ponctuelle étendue à 1300 mètres (jusqu'à Rocabey).



Figure 81 : Echantillon de phosphate bicalcique

La présence de la DCP dans les échantillons, souvent retrouvée sur les point port et QI, mérite des investigations complémentaires concernant les conditions de manipulations de ce produit.

Pour la 2^{ème} source à savoir les manipulations au niveau du site ZI, la large majorité de ces composés dans les échantillons du site ZI confirme la présence d'envois qui s'étendent au-delà des limites du site. Les résultats du site Découverte justifient ces propos puisque ces produits ont été retrouvés dans les échantillons.

D'après ces résultats, le rayon d'impact à partir de cette source serait à minima de 700 mètres.

Notons que ces produits ont été détectés de manière exceptionnelle sur le site le plus distant de ces sources à savoir Legatelois. Un rayon d'impact étendu à 1 900 mètres à partir du site le plus proche (ZI) est donc possible.

- Particules métalliques, résidus de peinture, verre

Ces composés ont été retrouvés de manière fréquente sur le point port et semblent provenir de l'activité exercée à proximité au niveau du chantier naval. Ces derniers ont probablement un impact restreint qui se limite à une centaine de mètres autour du point.

- Fibres minérales artificielles, plâtre, ...

Ces composés ont été mesurés à l'état de traces dans certains échantillons mais révèlent l'impact d'activités de travaux exercés à proximité des points de mesure.

- Suies :

La présence de suies a été observée uniquement en période estivale ce qui permet d'écarter la contribution du chauffage. L'incendie déclaré le 30/04 au niveau du port pourrait avoir un lien avec cette présence. En outre, des activités de brûlage à cette période de l'année ont pu également contribué aux émissions de ces particules.

Par ailleurs, il est à noter que d'autres composés ont été détectés dans les échantillons mais dont l'analyse n'a pas permis de distinguer la part anthropique de la part naturelle. Il s'agit notamment des phosphates à l'état brut, de l'oxyde de magnésium (magnésie) et du sel.

VI.7. Résultats des dépôts humides – eaux de pluie

VI.7.1 Principe et méthode de prélèvement et d'analyses

Parallèlement aux prélèvements journaliers de dépôts secs, un échantillon mensuel des eaux de pluie a été réalisé pour chacun des points de prélèvements.

Les épisodes pluvieux ont la propriété de lessiver l'atmosphère. L'analyse de ces échantillons peut donc apporter des informations complémentaires à l'observation des dépôts secs pour apprécier le transfert de composés chimiques en période de précipitations.

Pour ce faire, sur chaque point de mesure, le dispositif utilisé a permis de collecter les eaux de pluie dans un bidon, dont le contenu a été prélevé après un mois d'exposition.

Les échantillons ont été envoyés dans un laboratoire accrédité pour analyse des paramètres suivants :

- Eléments organiques : Chlorures, Azote total, Fluorures, Phosphore
- Eléments inorganiques : liste de 8 métaux lourds.

Ces paramètres font partie d'une liste 'classique' permettant d'appréhender la qualité des eaux de précipitations.

Les métaux analysés peuvent être présents à l'état de traces dans les matières premières, et notamment les phosphates, utilisées pour la production d'engrais phosphatés. Ils existent toutefois une multitude d'autres sources comme : le transport routier, la métallurgie, le traitement des déchets, ...

VI.7.2 Résultats des analyses des eaux de pluie

Les résultats des analyses sont synthétisés dans le tableau ci-après et exprimés en unité de concentrations.

Ils doivent être interprétés comme des ordres de grandeurs puisqu'ils dépendent des précipitations cumulées sur le mois de prélèvement.

La comparaison entre le mois doit donc être réalisée avec prudence. Pour un même mois de prélèvement, considérant des cumuls de précipitations proches sur l'ensemble des points, la comparaison entre les sites peut permettre d'identifier la présence de certains paramètres en concentrations supérieures sur certains points et donc d'éventuelles sources.

Les cumuls de précipitations sont rappelés ci-après :

Tableau 33 : Cumul des précipitations par période de prélèvement des eaux de pluie [données météo France station de Dinard]

	Cumul de précipitations (en mm)
C1.1 du 20/04 au 18/05/17	94.4
C1.2 du 18/05 au 27/06/17	67.4
C2.1 du 4/10 au 8/11/17	73.5
C2.2 du 8/11 au 29/11	61

Le 1^{er} mois de la campagne printanière a donc enregistré le cumul le plus important de précipitations.

Il n'existe pas de valeurs limites réglementaires pour les eaux de pluie. Les résultats sont comparés à titre indicatif aux valeurs suivantes :

- aux seuils d'évaluation de la qualité des eaux superficielles (SEQ-EAU) utilisées pour un usage d'irrigation (classe de meilleure qualité - bleue) ;
- aux limites de qualité des eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinées à la consommation humaine (annexe III de l'arrêté du 11/01/07) ; il s'agit dans ce cas des eaux douces 'potabilisables'.

Les résultats sont les suivants.

Tableau 34 : Résultats des analyses chimiques des eaux de pluies

Désignation d'échantillon	Unité	pt ZI/C1.1	Pt QI/C1.1	Pt Port/C1.1	Découverte/C1.1	Legatelois/C1.1	Rocabey/C1.1	pt ZI/C1.2	pt QI/C1.2	Pt Port/C1.2	Découverte/C1.2	Legatelois/C1.2	Rocabey/C1.2	SEQ-Eau usage irrigation classe bleue (optimale)	valeurs limites pour les eaux de surface potabilisables (entrée de station de traitement)
Chlorures (Cl)	mg/l E/L	4	7	9	6	7	7	3	5	7	3	4	4	180	200 (VG)
Azote total	mg/l E/L	1,6	5,1	3,2	2,8	3,3	1,1	5,2	7,0	3,1	3,4	3,4	4,7	x	pvl
Fluorures (F)	mg/l E/L	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	x	1,5 (VI)
Phosphore (P)	µg/l E/L	<80	<80	<80	<80	<80	<80	<80	<80	310	<80	<80	<80	x	400 (VG)
Vanadium (V)	µg/l E/L	<5	<5	6	42	<5	42	<5	<5	<5	<5	<5	43	x	pvl
Chrome (Cr)	µg/l E/L	<5	11	23	66	<5	52	<5	<5	<5	<5	<5	81	100	50 (VI)
Nickel (Ni)	µg/l E/L	<10	38	16	90	11	14	<10	<10	66	37	19	86	200	pvl
Cuivre (Cu)	µg/l E/L	<5	<15	<5	<5	<10	<5	<5	<5	<45	<20	<10	<5	200	50 (VI)
Zinc (Zn)	µg/l E/L	<50	160	<50	57	<50	<50	<50	<50	180	88	<50	<50	5000	3000 (VI)
Arsenic (As)	µg/l E/L	<3	3	21	33	<3	6	<3	<3	<3	<3	<3	21	100	10 (VI)
Cadmium (Cd)	µg/l E/L	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	10	5 (VI)
Plomb (Pb)	µg/l E/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	200	10 (VI)

* (VI = valeur impérative, à défaut VG = valeur guide - traitement simplifié A1)

Désignation d'échantillon	Unité	pt ZI/C2.1	Pt QI/C2.1	Pt Port/C2.1	Découverte/C2.1	Legatelois/C2.1	Rocabey/C2.1	pt ZI/C2.2	pt QI/C2.2	Pt Port/C2.2	Découverte/C2.2	Legatelois/C2.2	Rocabey/C2.2	SEQ-Eau usage irrigation classe bleue (optimale)	valeurs limites pour les eaux de surface potabilisables (entrée de station de traitement)
Chlorures (Cl)	mg/l E/L	15	18	27	18	4	18	12	13	17	14	15	15	180	200 (VG)
Azote total	mg/l E/L	3,0	3,0	2,8	0,5	-/-	0,2	2,9	3,4	0,02	0,02	0,2	3,8	x	pvl
Fluorures (F)	mg/l E/L	0,1	<0,05	0,1	0,5	0,2	<0,05	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	x	1,5 (VI)
Phosphore (P)	µg/l E/L	2200	520	610	85	80	310	1400	400	320	80	120	330	x	400 (VG)
Vanadium (V)	µg/l E/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	x	pvl
Chrome (Cr)	µg/l E/L	<5	<5	5	8	6	<5	13	5	<5	<5	43	<5	100	50 (VI)
Nickel (Ni)	µg/l E/L	21	19	31	72	42	57	16	15	21	27	47	82	200	pvl
Cuivre (Cu)	µg/l E/L	19	25	110	55	57	22	14	23	54	19	71	21	200	50 (VI)
Zinc (Zn)	µg/l E/L	170	85	380	410	160	170	150	120	480	190	62	70	5000	3000 (VI)
Arsenic (As)	µg/l E/L	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	100	10 (VI)
Cadmium (Cd)	µg/l E/L	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	10	5 (VI)
Plomb (Pb)	µg/l E/L	<10	<10	17	<10	<10	<10	<10	<10	13	<10	<10	<10	200	10 (VI)

* (VI = valeur impérative, à défaut VG = valeur guide - traitement simplifié A1)

Pour les ions et éléments non métalliques, seul le phosphore présente des variations des concentrations essentiellement en campagne 2.

Lors de la campagne printanière, les concentrations en phosphore ont été souvent inférieures aux limites de quantification du laboratoire. Seul le point port présente une concentration plus élevée lors du mois de juin.

Le graphique suivant présente les résultats des concentrations en phosphore pour la campagne hivernale.

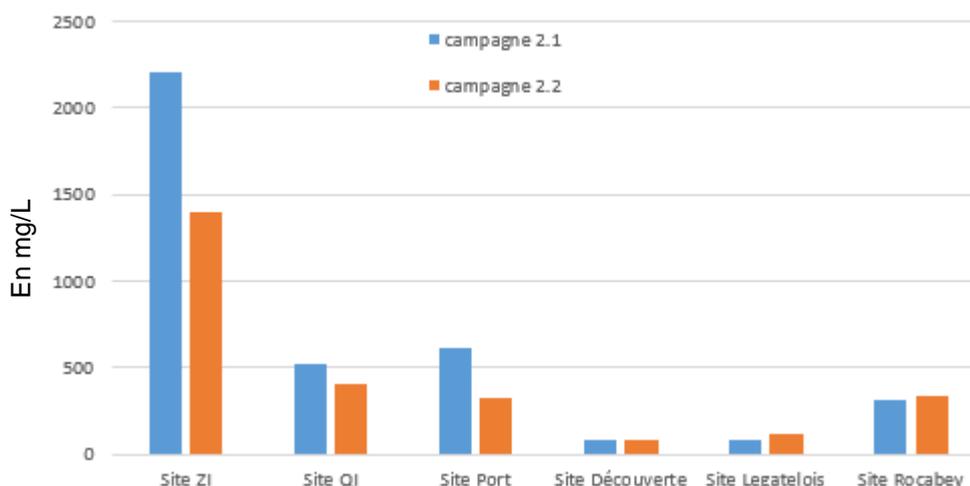


Figure 82 : Evolution des concentrations en phosphore durant la campagne 2 (en mg/l)

Pour cette campagne, les proportions entre les points sont conservées d'un mois à l'autre à savoir : la valeur maximale est atteinte sur le point de la ZI, suivi des points QJ et port.

Pour les sites urbains, le point Rocabey se détache légèrement des deux autres sites bien que ses concentrations restent inférieures à celle des sites sous influence proche de sources.

Ces concentrations plus importantes sur les sites sous influence des sources proches pourraient être liées aux manipulations de produits phosphatés exercées à proximité. Ces résultats restent cohérents au regard des observations effectuées sur les dépôts secs.

Sur les sites de fond urbains les concentrations sont nettement inférieures et également sous la valeur guide définie pour les eaux de surfaces destinées à une potabilisation (à titre indicatif). Le site Rocabey qui présente les concentrations les plus élevées dans les eaux pluie parmi les sites de fond urbain, pourrait être légèrement plus soumis aux envols de particules phosphatées.

Concernant les métaux, les deux graphiques suivants présentent la répartition de la somme des métaux mesurés par point, durant les deux campagnes de mesures.

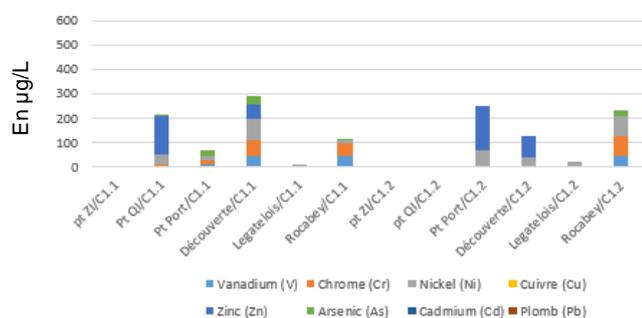


Figure 83 : Résultats des concentrations en métaux lourds mesurées dans les eaux de pluie en campagne 1 (en µg/L)

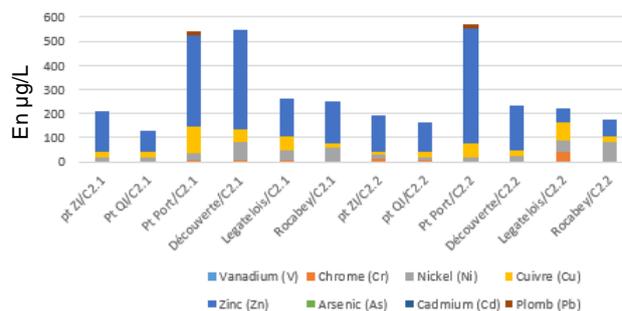


Figure 84 : Résultats des concentrations en métaux lourds mesurées dans les eaux de pluie en campagne 2 (en µg/L)

En première approche on observe que les concentrations maximales pour la somme de ces métaux ont été mesurées en campagne hivernale. Le zinc est l'élément dominant sur l'ensemble des points. Cet élément présente naturellement des teneurs plus élevées par rapport aux autres éléments.

L'analyse par composé révèle que certains d'entre eux sont souvent sous les seuils de quantification du laboratoire. Il s'agit du vanadium, du chrome, du cadmium et du plomb.

Pour les autres composés, des variations entre les points ont été observées. Elles sont détaillées ci-après.

Pour le cuivre, il n'a pas été détecté en campagne printanière alors qu'il a été mesuré de manière systématique en campagne hivernale. Le graphique suivant présente l'évolution des concentrations par point de mesures.

Les points qui enregistrent les concentrations les plus élevées en cuivre sont les sites du Port, de Découverte et de Legateois.

Les concentrations mesurées restent toutefois bien inférieures au seuil de qualité des eaux de surface pour un usage d'irrigation (200 µg/L). Les variations entre les points sont donc peu significatives au regard de cette valeur repère indicative.

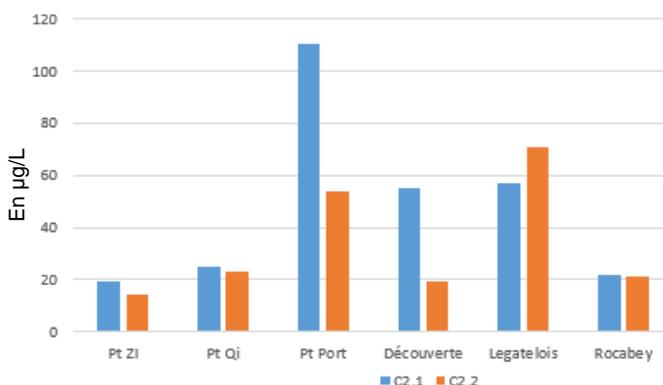


Figure 85 : Evolutions des concentrations en cuivre dans les eaux de pluie en campagne 2 (en µg/L)

Le nickel présente également des variations entre les points de prélèvements. Le graphique suivant présente l'évolution des concentrations par point de mesures sur les deux campagnes.

Les concentrations maximales ont souvent été mesurées sur les sites de fond urbains.

Les concentrations mesurées restent toutefois bien inférieures au seuil de qualité des eaux de surface pour un usage d'irrigation (200 µg/L).

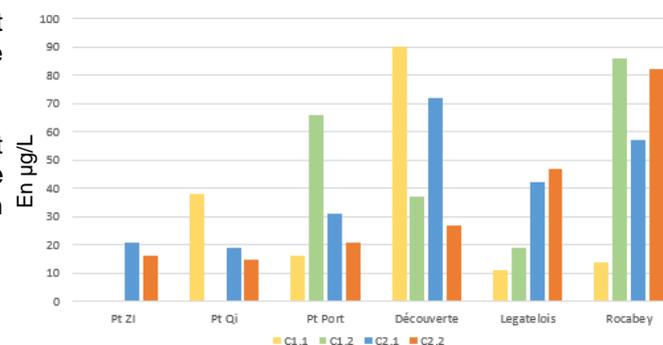


Figure 86 : Evolutions des concentrations en nickel dans les eaux de pluies des campagnes 1 et 2 (en µg/L)

Pour le zinc, présent naturellement en concentrations plus élevées dans l'environnement, les concentrations les plus importantes ont été relevées sur les point Port et Découverte.

Les concentrations restent plus de dix fois inférieures au seuil de qualité des eaux de surface pour un usage d'irrigation (5000 µg/L).

Les variations sont donc peu significatives.

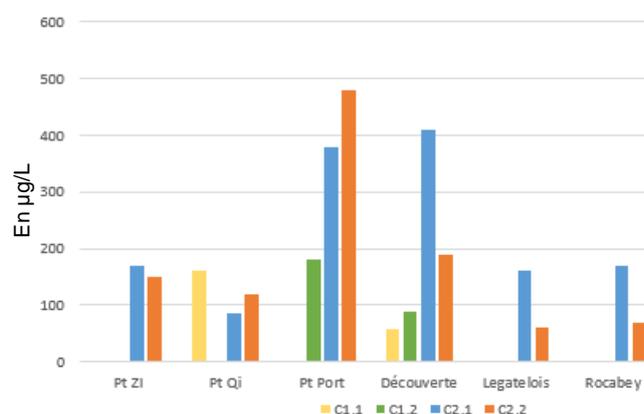


Figure 87 : Evolutions des concentrations en zinc dans les eaux de pluies des campagnes 1 et 2 (en µg/L)

VI.7.3 Synthèse des résultats d'analyses des eaux de pluie

En complément de l'observation des dépôts secs, l'analyse de la qualité des eaux de précipitation peut renseigner sur la présence de sources de contamination et leur rayon d'impact.

Pour collecter suffisamment de matrice en vue de l'analyse, une période de prélèvement d'un mois doit être réalisée. Les concentrations obtenues sont donc représentatives de la qualité moyenne des eaux de précipitations sur cette période.

Il ressort de ces analyses les points suivants :

- Seul le phosphore présente des concentrations dans les eaux de pluie légèrement plus élevées sur les trois sites sous influence proche de sources. Les concentrations relevées sur les sites de fond urbain sont nettement moins élevées et sous la valeur guide définie pour les eaux de surfaces destinées à une potabilisation (à titre indicatif). Ces éléments traduisent la présence d'envois possibles de produits phosphatés au niveau des sites sous influence de sources mais dont le rayon d'impact est probablement limité du fait que les sites urbains présentent des concentrations inférieures.
- Pour les métaux, les concentrations relevées sur les points ZI et QI sont systématiquement inférieures à celles des autres points. Les points Port et Découverte enregistrent les concentrations maximales pour la somme des métaux. Trois métaux enregistrent de légères variations entre les points. Il s'agit du zinc, du cuivre et du nickel. Les concentrations restent toutefois peu significatives au regard des valeurs repères retenues.

En conclusion, pour le phosphore, un très léger impact des retombées est possible ce qui se traduit par un faible enrichissement des eaux de pluie, essentiellement sur les sites sous influence proche et dans une moindre mesure sur les sites urbains.

Les autres paramètres analysés sur cette matrice n'ont pas permis d'identifier la présence de sources de pollution, qui auraient pu contribuer à augmenter les niveaux de concentrations de certains composés dans les eaux de pluie.

VII. Conclusion générale

Faisant suite à des interrogations de la population malouine au sujet de dépôts particuliers, Air Breizh a été sollicité fin 2016 afin de réaliser des investigations en complément de celles précédemment menées en 2006 et 2010.

Au vu des informations communiquées sur les nuisances, le protocole proposé portait sur la mesure des particules fines PM10 et la comparaison de leurs niveaux aux seuils sanitaires, ainsi que la mesure des niveaux des particules dites 'sédimentables', pouvant provoquer des nuisances par déposition, et la recherche de leurs sources possibles via l'analyse de la morphologie et de la chimie de ces particules.

Les principales interrogations auxquelles cette étude devait répondre sont notamment les suivantes :

- Pour les particules fines PM10 :
 - o Les niveaux de fond à St Malo sont-ils inférieurs aux valeurs limites réglementaires ?
 - o Y-a-t-il des spécificités locales en termes de niveaux de concentration au regard de ceux mesurés dans d'autres agglomérations voisines ?
 - o Y-a-t-il des variations spatiales des niveaux de fond sur la ville et donc des sites dont les niveaux sont plus influencés par des sources de PM10 ?
- Pour les particules sédimentables :
 - o Quelle est la récurrence des dépôts significatifs susceptibles d'entraîner une nuisance sur les sites de fond ?
 - o Y-a-t-il des variations spatiales de ces niveaux de nuisances sur la ville ?
 - o Lorsqu'il y a nuisance, quelles sont les origines possibles des particules sédimentables ?

Ces mesures ont été réalisées durant deux campagnes en 2017 : à savoir une campagne d'avril à juin 2017 puis une campagne d'octobre à novembre 2017 de manière à prendre en compte les variations saisonnières des niveaux.

Rappelons que plusieurs partenaires ont été associées à cette étude à savoir :

- L'agglomération de St Malo,
- La CCI de St Malo en charge de l'exploitation du port,
- Le groupe Roullier exploitant les sites industriels du quai intérieur et de la zone industrielle.

VII.1.1 Rappel du choix du protocole d'étude et des sites de mesures

Initialement lancée à la demande de St Malo Agglomération, cette étude a permis de rassembler différents acteurs industriels malouins que sont le groupe Roullier et la Chambre de Commerce et d'Industrie.

Ces partenaires ont accepté de mettre en place nos dispositifs de mesures sur leurs sites respectifs afin de mieux comprendre quelles étaient les natures et origines des particules émises en lien avec les activités des zones potentiellement émettrices, les zones industrielles et quai intérieur et le port.

Toutefois, il est primordial de préciser que le protocole que nous avons retenu n'était pas limité uniquement à la recherche de ces sources, mais étendu à la recherche de l'ensemble des sources possibles sur le territoire de la zone d'étude.

Six sites ont fait l'objet de mesures dont trois en configuration urbaine et éloignés de sources proches de pollution (trafic, industrie), afin de mesurer les concentrations de fond auxquelles la population est exposée, et trois autres plus proches de sources possibles.

Concernant la période de réalisation des mesures, pour pallier à l'hétérogénéité de la production notamment au niveau de la zone portuaire, nous avons effectué quatre mois d'études au cours de

l'année 2017 (soit plus de 30% de l'année), divisés en deux campagnes de 2 mois pour intégrer les variations saisonnières des concentrations.

La durée de cette campagne nous paraît suffisante pour assurer une bonne représentativité des prélèvements et mesures. Rappelons à ce sujet qu'en termes de surveillance réglementaire de la qualité de l'air, une période de couverture temporelle minimum de 14% sur l'année est prescrite.

Au vu de la problématique soulevée et des études précédemment menées par notre association, nous avons proposé deux approches :

- Des mesures PM10 en plusieurs points de la ville pour apprécier les risques sanitaires liés à une exposition de la population par inhalation ;
- Des mesures des retombées des particules pour apprécier les nuisances liées à la déposition des macroparticules.

Les mesures ont été réalisées suivant plusieurs méthodes.

Pour les particules fines PM10, un dispositif prescrit pour la surveillance réglementaire de ce paramètre a été utilisé sur l'un des 3 points en configuration urbaine. Du fait de contraintes techniques liées à la mise en place de ces appareils, nous n'avons pas pu équiper l'ensemble des points de mesure avec ce dispositif. Cet appareil, installé à « Rocabey », a toutefois permis de caractériser les niveaux de fond sur l'agglomération pour les comparer aux valeurs limites réglementaires et aux autres mesures d'agglomérations voisines.

Les autres points ont été équipés de capteurs basés sur une technique de mesures différente. Ces appareils relativement récents et dont le développement s'est accentué ces dernières années, viennent souvent en complément d'un système de mesures réglementaires afin d'apprécier les variations spatiales des niveaux sur une zone d'étude. Ce dispositif plus 'léger' a répondu aux attentes.

Pour les particules sédimentables, il n'existe pas à ce jour de dispositif prescrit contrairement aux particules fines. Notre connaissance du sujet ainsi que l'expérience d'autres associations de surveillance de la qualité de l'air, nous ont conduit à retenir des capteurs permettant à la fois de mesurer les niveaux de retombées à un pas de temps horaire et de prélever un échantillon journalier. Les objectifs de ces mesures et prélèvements étaient respectivement d'apprécier les niveaux de retombées et leurs variations temporelles et de déterminer l'origine de ces particules en cas de valeurs jugées importantes par observation de leur morphologie et de leur composition. Le choix de ce dispositif a également permis de répondre à la problématique posée.

Les résultats et conclusions sont présentés ci-après en réponse aux questions soulevées avant le lancement de l'étude.

VII.1.2 Résultats pour les particules fines PM10

**→ Les niveaux de fond à St Malo sont-ils inférieurs aux valeurs limites réglementaires ?
Y-a-t-il des spécificités locales en termes de niveaux de concentration au regard de ceux mesurés dans d'autres agglomérations voisines ?**

La moyenne annuelle estimée d'après les mesures réalisées sur le site de fond urbain « Rocabey » à savoir $18.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, est inférieure à la valeur limite ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les niveaux ont été très légèrement supérieurs à ceux des autres stations bretonnes : l'écart relatif des moyennes annuelles estimées est de 5 % avec St Brieuc et 15% avec Brest. Ces écarts ne nous semblent pas significatifs au regard des incertitudes de mesures et du micro-environnement de chacun des points de mesures.

Une seule moyenne journalière a dépassé le seuil d'information ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sur les 4 mois de mesures : il s'agit du vendredi 17/11/17. Notre analyse de ce pic révèle la conjonction de deux facteurs : des concentrations de fond particulièrement élevées comme sur l'ensemble de la région et un changement des conditions de vents exposant le site aux vents en provenance de la mer. L'influence marine est privilégiée dans ce cas.

Rappelons que ce seuil ne doit pas être dépassé plus de 35 fois par an d'après la réglementation [article R-221-1 du Code de l'environnement].

Notre analyse des niveaux de fond sur l'agglomération de Saint Malo ne révèle donc pas d'inquiétude en termes d'exposition de la population à ces composés.

→ Y-a-t-il des variations spatiales des niveaux de fond sur la ville et donc des sites dont les niveaux sont plus influencés par des sources de PM10 ?

La multiplication des points de mesures sur la zone d'étude a permis de répondre à cette question.

Deux configurations d'implantation de points de mesures ont été étudiées :

En situation de proximité des zones d'activités, les trois sites de mesures ont permis de révéler l'existence de sources d'émissions de PM10 sur l'emprise des sites industriels. C'est notamment le cas des sites du « Quai Intérieur » et de la « Zone industrielle ». Ce constat est logique au vu de l'emplacement des points de mesure. Pour le site « Port », l'éloignement des installations et leur répartition autour du point de mesure complexifient la distinction des sources, bien qu'elles soient présentes.

D'autres mesures ont également été réalisées en configuration urbaine de fond dont les objectifs étaient les suivants :

- étudier les impacts éventuels des sources de PM10 identifiées à proximité des zones d'activités ;
- identifier d'autres influences possibles à proximité de ces points de mesures (trafic, autre activité industrielle, ...).

Sur l'ensemble de la campagne, ces mesures n'ont pas permis de mettre en évidence d'impact significatif des niveaux de PM10 quelles que soient les directions de vents. En effet, les niveaux mesurés semblent être liés à la contribution de sources multiples au sein de l'agglomération ce qui reste cohérent au regard des emplacements retenus pour ces points.

VII.1.3 Résultats pour les particules sédimentables

Pour cette approche, le même réseau de six points de mesures a été déployé permettant la collecte journalière d'échantillon de dépôts secs. Au total 744 échantillons ont été collectés sur les 4 mois de mesures et sur l'ensemble des sites.

Les jours, pour lesquels un risque de nuisances par déposition a été suspecté, ont été sélectionnés pour faire l'objet d'une analyse qualitative.

L'objectif de ce travail était d'identifier l'origine des particules contribuant à une éventuelle nuisance.

→ Quelle est la récurrence des dépôts significatifs susceptibles d'entraîner une nuisance sur les sites de fond ?

Au total, 120 échantillons journaliers ont été collectés sur chacun des sites urbains de fond représentant un cumul de 363 échantillons sur les deux périodes de mesures.

En fonction de ces sites, le nombre de jours présentant une éventuelle nuisance liée aux dépôts serait compris entre 13 et 28 jours (soit entre 11 et 22% de la durée de la campagne).

Les prélèvements réalisés sur deux saisons différentes ont permis de mettre en évidence un écart important du nombre de jours avec nuisance entre le printemps et l'hiver. Le nombre de jours avec nuisance a été abaissé d'un facteur 3 à 5 entre les deux campagnes. Les précipitations plus récurrentes en hiver pourraient justifier cette différence.

Y-a-t-il des variations spatiales de ces niveaux de nuisances sur la ville ?

Lorsqu'il y a nuisance, quelles sont les origines possibles des particules sédimentables ?

Les mesures et prélèvements réalisés à proximité des zones d'activités ont permis d'identifier l'existence d'envols de macroparticules au sein de l'emprise des sites et de caractériser les traceurs liés à l'activité des sites port et zone industrielle. Il s'agit :

- Pour le port : des phosphates, des tourteaux de tournesol et des drêches de maïs déchargés et manipulés dans les magasins ;
- Pour le site ZI : des phosphates utilisés dans le cadre de l'activité du site. Les envols diffus sont particulièrement suspectés dans ce cas du fait de l'existence de système de traitement sur les émissions canalisées.
- Pour le site QI : il a été difficile d'identifier des traceurs de l'activité du fait notamment de la présence de plusieurs sources pour des mêmes produits (port, magasin à proximité) et de l'origine naturelle de certains produits manipulés sur site (calcium marin).

Les objectifs des mesures en site urbain de fond étaient les suivants :

- Caractériser la nature des dépôts collectés pour les jours présentant une éventuelle nuisance,
- Confronter ces résultats à ceux obtenus sur les points à proximité des zones d'activités afin de préciser l'origine des particules collectées.

Pour les trois sites urbains de fond et pour les jours présentant une éventuelle nuisance, l'influence naturelle retrouvée dans les compositions des coupelles est souvent majoritaire. Composée par des sables, végétaux, coquillages, cette part naturelle représente entre 60 et 100% des échantillons.

La part restante est liée aux émissions engendrées par des activités anthropiques. L'origine et la contribution de cette part sont variables suivant le positionnement des sites urbains.

Pour le point « Découverte », situé à environ 500 mètres à l'Ouest de la Zone industrielle, 13 jours avec nuisance éventuelle (sur les 118 étudiés) ont été recensés dont 10 avec une part de particules issues d'une activité anthropique. Pour ces cas, plusieurs types d'influences anthropiques ont été observés à savoir

- une influence de l'activité Timac Agro/Phosphea du fait de la présence de particules phosphates (DCP, MDCP, MCP) qui sont issues de produits manipulés sur site. Pour ces cas observés, la contribution de ces particules représente souvent moins de 15%.
- d'autres influences liées à des activités exercées dans les environs du fait de la présence de suies, plâtre, ...

Pour le point « Rocabey », situé à 500 mètres au Nord-Est de la zone portuaire, 25 jours avec nuisances possibles ont été recensés (sur les 120 jours étudiés) dont 11 jours comprenant des particules émises par des activités anthropiques. Ces particules sont issues :

- d'activités exercées au niveau de la zone portuaire du fait de la présence de produits phosphates (à l'état de traces) et de tourteaux de tournesol (proportions comprises entre 20 et 30% des échantillons).
- d'autres activités exercées dans les environs du fait de la présence de suies (de l'ordre de 10 à 30%) et de particules métalliques (sous formes de traces).

Le point « Legatelois », le plus éloigné des zones d'activités dans le quartier de Paramé, a enregistré 28 jours avec nuisances possibles (sur les 125 jours étudiés) dont plus de la moitié (17 jours) ont présenté une composition exclusivement d'origine naturelle. Pour les cas ayant révélé des particules d'origine anthropique, plusieurs sources ont été identifiées :

- L'influence portuaire du fait de la présence de tourteaux de tournesol dans des proportions significatives (15 à 30%),
- D'autres influences du fait de la présence de particules métalliques et fibres sous forme de traces.

Ces résultats révèlent les points suivants :

- Des dépassements du seuil de nuisance fixé ont parfois été occasionnés par des particules exclusivement d'origine naturelle. Le point « Rocabey » semble plus concerné probablement du fait de son faible éloignement du front de mer.
- Les traceurs d'activités ont parfois été retrouvés dans les échantillons journaliers ayant dépassé le seuil de nuisance fixé. Pour ces échantillons, leurs contributions restent minoritaires mais peuvent occasionnellement être plus abondantes lors de conditions particulières d'activités et/ou de conditions météorologiques.
- D'autres influences anthropiques ont également été observées dues à des activités telles que : les travaux, des incendies et/ou brûlage, des phénomènes de combustion, le chantier naval, etc.

En conclusion de cette partie relative aux particules sédimentables, ces mesures ont permis de confirmer l'existence de nuisances liées aux dépôts particulaires sur les sites en situation urbaine de fond. Les particules d'origine naturelle sont souvent majoritaires.

La contribution anthropique des particules pour ces jours avec nuisances, bien que souvent minoritaire, ne doit toutefois pas être négligée. En effet, nos analyses ont permis de révéler certains cas de figures pour lesquels cette partie anthropique est dominante. Les conditions d'activités sur les sites ainsi que les conditions météorologiques sont les facteurs déterminants.

L'étude a également mis en évidence des propriétés de dispersion différentes des particules sédimentables observées qui varient en fonction de leurs propriétés physiques (notamment la densité), des conditions de manipulations des produits 'sources' et également des variations saisonnières des conditions météorologiques.

La couleur et l'aspect de la particule constituent également des facteurs influençant le degré de nuisances.

L'ensemble de ces éléments devront être pris en considération pour la mise en place d'éventuelles actions ayant pour objectif de réduire les envols de particules sédimentables.

VIII. Limites de l'étude

L'objectif de ce chapitre est de revenir sur les limites de l'étude concernant la méthodologie retenue.

Ces différentes limites sont détaillées ci-après.

a) Sources des données météorologiques

Dans le cadre de cette étude, ces données sont issues de la station Météo France la plus proche à savoir la station de Dinard (35). Au vu de la distance jugée réduite séparant cette station de la ville Saint Malo, nous considérons que les mesures utilisées sont globalement représentatives des conditions de la zone d'étude.

Des influences micro-locales, liées au positionnement des points proches du littoral ne peuvent toutefois pas être écartées.

b) Conditions durant les mesures

Les campagnes de mesures ne sont représentatives que de la période étudiée. En effet, les résultats sont tributaires des conditions météorologiques ainsi que des activités exercées sur la zone d'étude. En aucun cas, ils ne peuvent être assimilés à une autre période.

c) Données d'activités – présence d'autres sources

Dans certains cas de figures, il a été difficile de déterminer l'origine des particules sédimentables observées du fait de la multiplicité des sources d'émissions à l'échelle de la zone d'étude et de la difficulté de réunir l'ensemble des acteurs concernés.

d) Paramètres mesurés

Au vu du contexte de la demande (nuisances liées aux dépôts particuliers) et des précédentes études réalisées par Air Breizh, la présente étude a porté sur la mesure des particules sédimentables.

En complément, des mesures de particules fines PM10 ont été réalisées afin de compléter les précédentes études en apportant des informations sur les variations spatiales des niveaux sur la ville de Saint Malo. Ce polluant réglementé dispose de valeurs limites journalière et annuelle.

Les particules fines PM2.5 n'ont pas fait l'objet de mesures dans le cadre de cette étude au regard du contexte de la demande. Toutefois, il s'agit d'un polluant qui devrait disposer dans les années à venir d'une valeur limite journalière. Il fera également partie prochainement de la liste des polluants pris en compte dans la détermination de l'indice ATMO.

Des mesures complémentaires sur la future station de mesure « Rocabey » pourraient être envisagées.

Ajoutons également que les précurseurs de particules secondaires (PM2.5 essentiellement) n'ont pas fait l'objet de mesure. Il s'agit par exemple de l'ammoniac, des composés organiques volatils, etc.

e) Méthodes de mesure des particules fines PM10

Comme expliqué précédemment, pour des raisons techniques, 5 des 6 sites de mesure ont été équipés de capteurs non réglementaires.

Bien que les résultats de ces mesures soient soumis à des incertitudes plus importantes, ils ont permis de répondre à l'objectif de spatialisation des niveaux de PM10 à l'échelle de la zone d'étude.

f) Méthode de mesure des retombées et définition d'un seuil de nuisance pour la sélection des échantillons journaliers

En l'absence de seuil réglementaire pour les particules sédimentables, nous avons défini un seuil de nuisance fixé sur la base des mesures des niveaux de retombées (exprimés en mg/m²/jr). Les limites de cette méthode résultent dans le fait que les mesures des niveaux sont très liées aux propriétés des particules collectées et notamment la densité.

Dans un contexte urbain avec de multiples sources, il est donc difficile de fixer un seuil commun de nuisance pour tous les sites puisque les densités des particules collectées peuvent être très différentes.

Il est donc possible que dans certains cas, une nuisance soit occasionnée même si le seuil de nuisance n'est pas atteint (cela concerne par exemple les particules de faible densité), et inversement, qu'une nuisance ne soit pas occasionnée malgré un dépassement du seuil indicatif (pour les particules de poids important).

g) Analyse qualitative des échantillons

Dans le cadre de cette étude, l'association des observations à la loupe binoculaire et des analyses au Microscope Electronique à Balayage (MEB) nous a permis d'identifier les origines de la majeure partie des particules collectées.

Dans certains cas, la détermination a été plus délicate du fait :

- de la contribution naturelle et anthropique de certains composés : oxyde de magnésium, phosphate brut, calcium marin.
- de l'hétérogénéité de la composition de certains produits qui a rendu difficile l'analyse chimique et donc l'identification du produit (Mag 26).

Annexe I : Air Breizh

Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par des associations régionales, constituant le dispositif national représenté par la Fédération ATMO France.

Ces organismes, agréés par le *Ministère de la Transition écologique et solidaire*, ont pour missions de base, la mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air, la diffusion des résultats et des prévisions, et la transmission immédiate au Préfet et au public, des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassements des seuils de recommandation et d'information du public et des seuils d'alerte.



Figure 88 : Carte du réseau de surveillance de la qualité de l'air [ATMO France]

En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh depuis 1986.

Le réseau de mesure s'est régulièrement développé et dispose au 1^{er} janvier 2018, de 17 stations de mesure, réparties sur l'ensemble de la région, ainsi que d'un laboratoire mobile, de cabines et de différents préleveurs, pour la réalisation de campagnes de mesure ponctuelles.

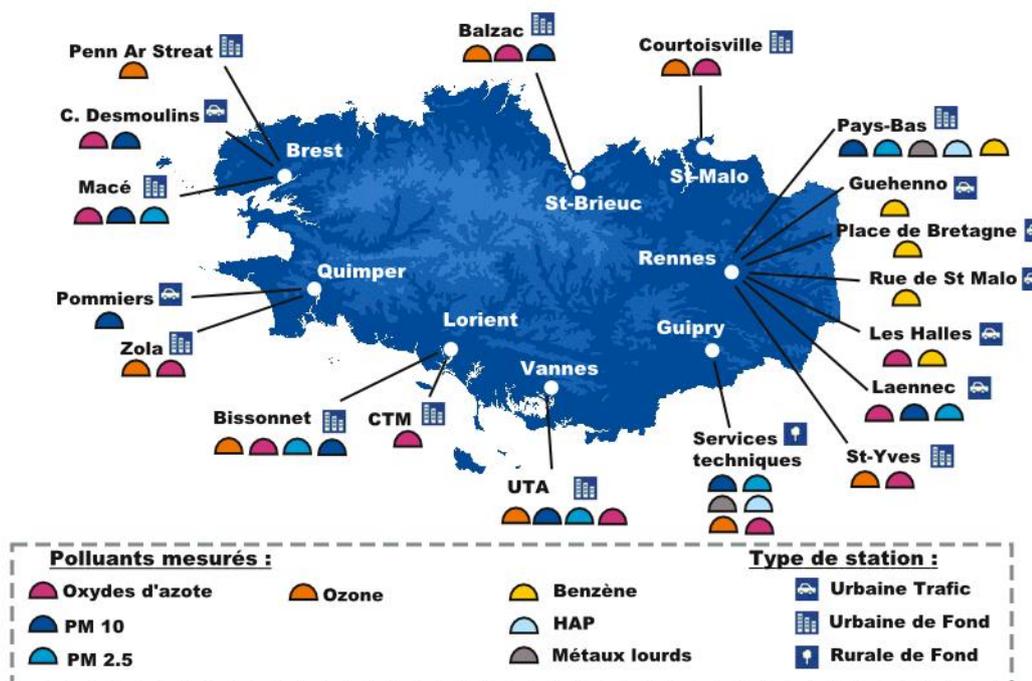
L'impartialité de ses actions est assurée par la composition quadripartite de son Assemblée Générale regroupant quatre collèges :

- Collège 1 : services de l'Etat,
- Collège 2 : collectivités territoriales,
- Collège 3 : émetteurs de substances polluantes,
- Collège 4 : associations de protection de l'environnement et personnes qualifiées.

Missions d'Air Breizh

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, Benzène, PM10 et PM2.5) dans l'air ambiant,
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information : plaquettes, site web....,
- Etudier l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans, et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation. Apporter son expertise sur des problèmes de pollutions spécifiques et réaliser des campagnes de mesure à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN...) dans l'air ambiant et l'air intérieur.

Carte des stations de mesures (au 1er janvier 2018)



Le dispositif de surveillance de la qualité de l'air s'appuie sur les mesures mais également sur d'autres outils comme la modélisation régionale et urbaine ainsi que les inventaires des émissions réalisées par Air Breizh.

Moyens de l'association

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte une dizaine de salariés, et dispose d'un budget annuel de l'ordre d'1,2 million d'euros, financé par l'Etat, les collectivités locales, les émetteurs de substances polluantes, et des prestations d'intérêt général et produits divers.

Annexe II : Les zones industrielles de Saint Malo et la zone portuaire

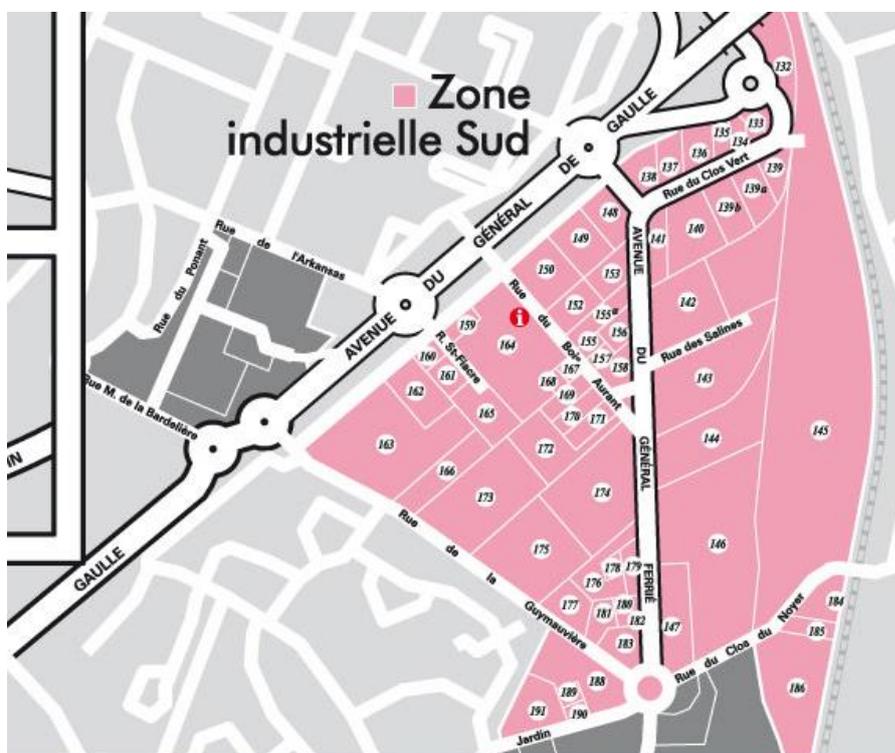
La zone industrielle Nord

RENAULT (CONCESSION)	1
SETUDE (SOC. D'ETUDES DES TECHNIQUES DE L'URBANISME ET DE L'ENVIRONNEMENT)	1
SARL BERNIER AGENCEMENT	1
ATELIER DECOR	1
ICEMA	1
AFPA	3
BALAIS ETS	2
A.P.F.-S.E.S.S.D.	31
MORGERE (DEPOT)	5
HONORE DISTRIBUTION	6
SA ETS Claude CHENU	6
COMAPECHE - COMABOKO	7
CIE. DES EAUX ET DE L'OZONE VEOLIA	9
SARP OUEST SEEGT	9
SOCOTEC	10
SIMON HORN	11
SOLVIT'NET	11a
SARL CHANNEL ISLANDS LINK	12
BDLM Mécanique de Précision	13
VILLE DE SAINT-MALO	14
GARAGE DE LA COTE D'EMERAUDE	15
ECOMARCHE	18
ETOILE DE SAINT MALO	18
FABIO SALSA	18
PRO BTP	18
ARMOR VOILES ET GREEMENTS	23
VUE SUR MER (dépôt)	23a
LOC'OUTILS	21a
ETOILE MARINE (CHANTIER NAVAL)	26
EXCLUSIVE MOTO	22
V2M	22a
FLUORO CARRIERES OUEST - FCO	21
MEDECINE DU TRAVAIL	25
TERCY-LEVILLAIN	20
BATI CLEAN	20
SILVERWOOD	27
TIV VEOLIA TRANSPORT	28
AUTOMAXI INTERNATIONAL	29
DENTAL EMERAUDE sarl	33
FROMAGEE LA - BORDIER	34
EMERAUDE HABITATION	35



La zone industrielle Sud

LOXAM	132
SAINT-MALO SECOURS	133
JOUMEL	134
BLANCHARD SARL	136
TELEPHONIE CENTRALE	137
BROSSETTE	138
SAS FOUGERAY	148
CEZEMBRE AUTOMOBILES (FORD)	149
GARAGE MAZDA	149
GARAGE SUZUKI (CEZEMBRE AUTO.)	149
AUTO 4 X 4 SAINT MALO	153
MENUISERIE CÔTE D'EMERAUDE	152
BESNARD ET GERARD	155a
ROSSI MATHIEU SARL	156
TELLIER - MAM	157
CAVE DU VAL	155
POISSON PAYSAGES	158
BANQUE ALIMENTAIRE	141
ENVI BOIS	141
ABLC LOCATION (UCAR SAINT MALO)	140
REMOND ET FILS (TRANSPORT)	139b
CARROSSERIE ANODEAU	139a
INDOOR GARDENS	139
TIMAC AGRO / PHOSPHEA	142
LOGITEC	143
BEAUPLET	144
TIMAC AGRO / PHOSPHEA	145
POINT P	146
ATELIERS MUNICIPAUX	164
A.A.C.E	168
JOUBERT OLIVIER (PRODUITS PEINTURE)	167
HARTEREAU	169
EMERAUDE PIECES AUTO 35	170
REVIMEX - REXEL	160
FRAIKIN LOCATIME	161
CAMILLE FOURNET	165
SAINT MALO SPORTS LOISIRS	165
ASTURIENNE	172
KILOUTOU	162
ARMOR GARAGE (OPEL)	166
IDEAL AUTO	173
ESPACE CARRELAGE	174
EUROMASTER	174
PASSION PARQUETS	174
BRETAGNE MATERIAUX	175
NAVALE FRANCAISE	178
PROFIL +	179
BRUNO OTO PIECES	177
CAPTAIN FITNESS	183
CEDEO	147
MAFART ESPACE BAINS	188
H.M.I BARTHELEMY AUFRAY	190
SERVICE MOBILE CARROSSERIE	184
GARDEN BIER	185
ROMI Bretagne	186
SODEXO	191





Air Breizh

3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8ème étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr