

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

ETUDE

Evaluation de la qualité de l’air sur le site et à proximité d’une carrière

Campagnes de mesures (2016-2017)

Projet EMCAIR (Emissions des Carrières dans l’AIR)

Rapport – version 0 du 06/02/18



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 dans le cadre du projet EMCAIR (Emissions des Carrières dans l'Air) en réponse à l'appel à projet « Connaissances, Réduction à la source et Traitement des Emissions dans l'Air » (CORTEA)

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 événements 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 www.airbreizh.asso.fr, 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 (rédacteur)	Validation	Version/date
O. CESBRON (Ingénieur chargé d'études)	X	V0-06/02/18

Relecture externe

Relecteur	Version/dates
Didier COLLONGE (Lafarge) Fadel BIOBERI (UNICEM)	V0 transmise le 06/02/18

Sommaire

I. Contexte de l'étude	6
II. Présentation d'Air Breizh	7
II.1. Missions d'Air Breizh.....	7
II.2. Carte des stations de mesures (au 1 ^{er} janvier 2018).....	8
II.3. Moyens de l'association	8
III. La Carrière le Valet à Iffendic (35).....	9
III.1. Localisation de la carrière	9
III.2. Classement de l'activité du site au titre des ICPE	9
III.3. Description succincte de l'activité du site.....	10
III.4. Les émissions de poussières des carrières.....	12
III.5. Les émissions de particules dans l'environnement du site	12
IV. Le dispositif mis en œuvre	14
IV.1. Polluants étudiés	14
IV.1.1 Les particules en suspension (PM10 et PM2.5).....	14
IV.1.2 Les poussières sédimentables	14
IV.1.3 Réglementation	14
V. Matériels et méthodes de mesures.....	16
V.1.1 Technique de mesures	16
V.1.2 Choix des sites de mesures	19
V.1.3 Dates des campagnes de mesures	21
VI. Résultats et interprétation.....	22
VI.1. Représentativité des mesures et des prélèvements	22
VI.2. Contexte météorologique.....	23
VI.2.1 Les précipitations.....	23
VI.2.2 Direction et vitesse du vent	24
VI.3. Episode de pollution régionale.....	28
VI.4. Analyse descriptive des résultats	29
VI.4.1 Les particules fines PM10	29
VI.4.2 Les particules fines PM2.5	35
VI.4.3 Comparaison des mesures PM10/PM2.5.....	39
VI.4.4 Analyse des ratios PM2.5/PM10	40
VI.4.5 Origine des particules PM10 : les roses des pollutions.....	44
VI.4.6 Les poussières sédimentables	46
VI.4.7 Synthèse de l'analyse descriptive	47
VI.5. Analyse approfondie des résultats.....	49
VI.5.1 Analyse détaillée HORS SITE	49
VI.5.2 Analyse détaillée SUR SITE.....	55
VII. Conclusions.....	61

Liste des figures

Figure 1 : Carte du réseau de surveillance de la qualité de l'air [ATMO France]	7
Figure 2 : Localisation de la carrière [source Géoportail]	9
Figure 3 : Foration en vue des tirs de mine (à gauche) et évacuation des déblais (à droite)	10
Figure 4 : Concasseur (traitement 1 ^{aire})	10
Figure 5 : Convoyeurs utilisés pour le déplacement des matériaux vers les installations de traitement 2 ^{aire} et 3 ^{aire}	10
Figure 6 : Chargement à l'issue du traitement	11
Figure 7 : Transport et stockage des produits finis sur une plateforme dans l'attente de l'expédition	11
Figure 8 : Schéma de principe de production de granulats [Lafarge]	11
Figure 9 : Localisation des installations potentiellement émettrices dans l'air [IREP]	12
Figure 10 : Répartition des émissions régionales de PM10 de 2008 à 2014 [Inventaire des émissions Air Breizh v2.2014]	13
Figure 11 : Emissions communales de PM10 [inventaire des émissions Air Breizh année 2014 v2.2014]	13
Figure 12 (ci-contre) : Localisation du site considéré comme référence (Guipry par rapport à la carrière)	15
Figure 13 : Unité mobile installée sur l'un des points hors site	17
Figure 14 : Unité mobile installée sur le point carrière	17
Figure 15 : Préleveur Partisol utilisé pour les prélèvements sur filtre	17
Figure 16 : impacteur en cascade	17
Figure 17 : Jauge Owen sur le site Chêne sec	18
Figure 18 : Dispositif d'enregistrement vidéo sur le site carrière	18
Figure 19 : Situation des 3 sites de mesures	19
Figure 20 : Vue du Point Bouyère (Aval)	20
Figure 21 : Vue du point Chêne sec (Amont)	20
Figure 22 : Vue du site carrière	21
Figure 23 : Evolution des cumuls journaliers des précipitations enregistrées à la station Météo France de Rennes St Jacques	23
Figure 24 : Rose des vents à partir des mesures au niveau de la carrière du 14/09 au 5/10/16) ...	24
Figure 25 : Rose des vents à partir des mesures au niveau de la station MF de Rennes St Jacques du 7/09 au 5/10/16)	24
Figure 26 : Rose des vents à partir des mesures au niveau de la carrière du 11/01 au 8/02/17) ...	25
Figure 27 : Rose des vents à partir des mesures au niveau de la station MF de Rennes St Jacques du 11/01 au 8/02/17)	25
Figure 28 : Roses des vents hebdomadaires campagne 1 [données MétéoFrance St Jacques] ...	26
Figure 29 : Roses des vents hebdomadaires campagne 2 [données MétéoFrance St Jacques] ...	26
Figure 30 : Secteurs de vents exposant les sites en dehors de la carrière aux éventuels envols de la carrière	27
Figure 31 : Estimation des taux d'exposition des points hors site pendant les deux campagnes de mesures	27
Figure 32 : Extrait des cartes de prévision du modèle Prév'air du 20 au 25/01/17	28
Figure 33 : Evolution des concentrations moyennes journalières en PM10 mesurées au niveau des stations de surveillance réglementaire	29
Figure 34 : Données 1/4h en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 1 ESTIVALE	30
Figure 35 : Données 1/4h en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 2 HIVERNALE	30
Figure 36 : Evolution des données 1/4h en PM10 sur le site de la carrière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant les 2 campagnes	31
Figure 37 : Distribution statistique des données PM10 des deux campagnes de mesures (données 1/4h en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	32
Figure 38 : Evolution des moyennes journalières par site lors des deux campagnes de mesures .	33
Figure 39 (ci-contre) : Evolution des moyennes journalières en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur la carrière durant la campagne 1	34
Figure 40 : Données 1/4h en PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 1 ESTIVALE	36
Figure 41 : Données 1/4h en PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 2 HIVERNALE	36
Figure 42 : Evolution des données PM2.5 quart-horaires (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur le site carrière	37

Figure 43 : Distribution statistique des données PM2.5 des deux campagnes de mesures (données ¼h en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	38
Figure 44 : Evolution des mesures PM10 et PM2.5 par site de mesures durant les deux campagnes (en moyennes journalières- $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40
Figure 45 : Evolution des ratios PM2.5/PM10 par site et pour les deux campagnes	42
Figure 46 : ratio PM2.5/PM10 en fonction des PM10 pour les deux campagnes de mesures.....	43
Figure 47 : Rose des pollutions des PM10 durant les 2 campagnes.....	45
Figure 48 : Rose des pollutions des PM10 sur le site carrière durant la campagne 1	46
Figure 49 : Evolution des ratios PM2.5/PM10 sur les sites Bouyère et Guipry	49
Figure 50 : Evolution des ratios moyens journaliers en PM2.5/PM10 sur le site Chêne sec en période estivale	51
Figure 51 : Evolution des concentrations en PM10 au niveau du point carrière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	55
Figure 52 : Evolution des concentrations en PM10 au niveau du point carrière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	56
Figure 53 : Relevé des données d'activités (selon observations vidéo) avec les concentrations en PM10	56
Figure 54 : Evolution des concentrations en PM10 au niveau du point carrière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	57
Figure 55 : Comparaison des distances parcourues par les engins par jour et des concentrations moyennes journalières en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	58
Figure 56 : Comparaison du fonctionnement du convoyeur avec les concentrations en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	59
Figure 57 : Comparaison des opérations de chargements de produits finis avec les concentrations en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	59

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des activités émettrices de poussières selon l'UNICEM	12
Tableau 2 : Valeurs de référence réglementaires pour les polluants mesurés.....	15
Tableau 3 : Caractéristiques principales des analyseurs de particules utilisés	16
Tableau 4 : Coordonnées géographiques des points [Système géodésique WGS 84].....	19
Tableau 5 : Planning des campagnes estivale et hivernale.....	21
Tableau 6 : Taux de fonctionnement des appareils	22
Tableau 7 : Estimation des moyennes annuelles et comparaison à la valeur limite réglementaire	35
Tableau 8 : Estimation des moyennes annuelles et comparaison à la valeur limite réglementaire	39
Tableau 9 : ratios PM2.5/PM10 moyens par campagne et par site	41
Tableau 10 : Evolution des ratios PM2.5/PM10 par semaine et pour chacun des sites.....	41
Tableau 11 : Niveaux de retombées mesurés sur les sites (en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{jr}$)	47
Tableau 12 : Comparaison des données d'activités (selon observations vidéo) avec les concentrations en PM10	57

I. Contexte de l'étude

La réduction de la pollution atmosphérique est devenue un objectif majeur compte tenu de son impact sur la santé, notamment par l'exposition aux particules. L'évolution réglementaire traduit donc cette priorité depuis plusieurs années d'autant que la France, comme d'autres pays européens, reste en procédure de contentieux tant sur les dépassements de seuils que pour la gestion des plans de qualité de l'air.

Dans ce contexte et dans le cadre de l'appel à projet CORTEA (Connaissances, Réduction à la source et Traitement des Émissions dans l'Air) lancé par l'Ademe, le secteur de l'industrie extractive et tout particulièrement l'industrie du granulat, souvent associée à l'image d'une activité fortement génératrice de poussières, a souhaité pousser les investigations sur le sujet afin d'améliorer les connaissances sur les émissions de poussières produites par cette activité.

Après une première étude de même envergure réalisée en Provence-Alpes-Côte-D'azur (en partenariat avec plusieurs acteurs dont Air PACA), l'Union Nationale des Producteurs de Granulats (UNPG), accompagnée au niveau régional de l'Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction (UNICEM), **a sollicité Air Breizh dans le cadre du projet EMCAIR (Emissions des Carrières dans l'Air), pour la réalisation d'une campagne de mesures de particules à proximité d'une carrière bretonne.**

Ce projet, également déployé sur deux autres régions (Pays de la Loire et Hauts de France), vise à répondre à quatre objectifs :

- 1) Améliorer les connaissances sur la qualité de l'air,
- 2) Optimiser les connaissances sur la granulométrie des particules émises,
- 3) Affiner les facteurs d'émissions relatifs aux exploitations de granulats,
- 4) Optimiser la pertinence des modèles de diffusion.

Air Breizh a été sollicité pour mettre en œuvre une campagne de mesures afin de participer aux réponses aux objectifs 1 et 2.

D'autres acteurs, techniques et scientifiques, ont également été sollicités.

Ainsi, le CITEPA (Centre Interprofessionnel d'Etudes de la Pollution Atmosphérique) a été chargé de travailler sur les facteurs d'émissions et de veiller ainsi à la cohérence de la méthode d'inventaire nationale.

Le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) a pris en charge la partie analyse de la chimie des particules.

L'INERIS a participé en tant qu'expert sur la quantification des émissions et la modélisation.

L'ENCENM, bureau d'études et de conseils spécialisé dans l'environnement, a suivi le projet à travers la compilation et la diffusion des résultats.

Enfin, la réalisation des campagnes de mesures dans les trois régions que sont la Bretagne, les Pays de la Loire et les Hauts de France, a été confiée aux organismes en charge de la surveillance régionale de la qualité de l'air à savoir respectivement Air Breizh, Air Pays de la Loire et Atmo Hauts de France.

Concernant la région Bretagne, les campagnes ont été réalisées au niveau de la carrière le Valet à Iffendic (35), exploitée par la Société des Carrières de Brandefert (SCB). Ce choix a été réalisé par l'UNICEM Bretagne.

Les campagnes se sont déroulées en octobre 2016 et janvier 2017. Ce rapport présente le dispositif déployé ainsi que les résultats.

II. 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 1 : 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.

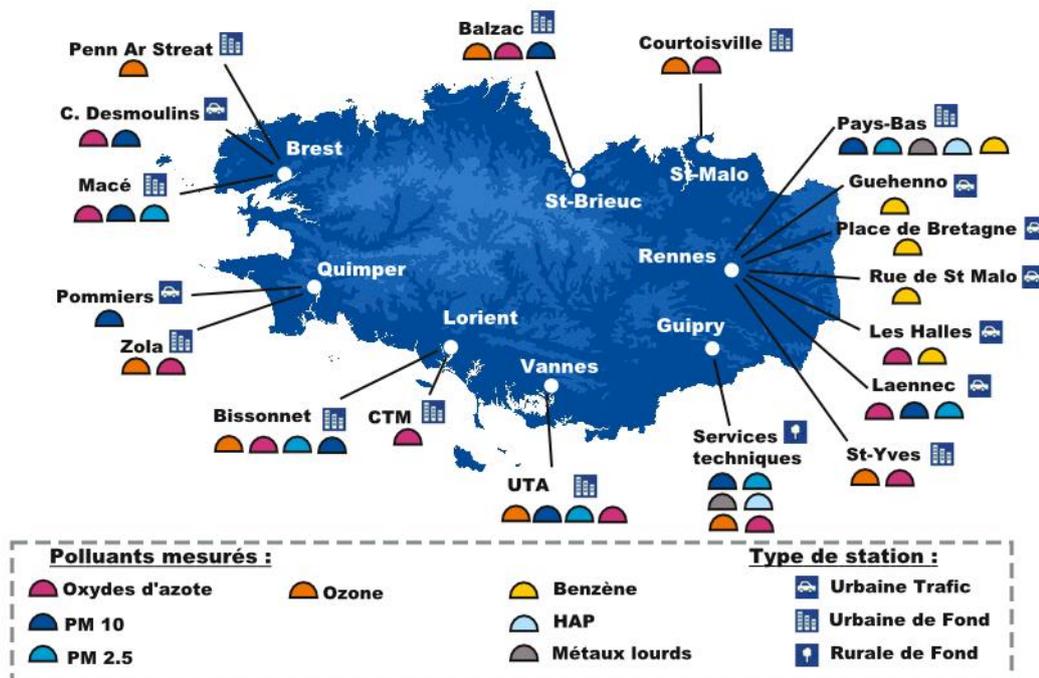
L'impartialité de ses actions est assurée par la composition quadripartite de son Assemblée Générale regroupant quatre collèges :

- 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.

II.1. 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.

II.2. Carte des stations de mesures (au 1^{er} 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.

II.3. 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.

III. La Carrière le Valet à Iffendic (35)

III.1. Localisation de la carrière

La carrière Le Valet se trouve à environ 35 kilomètres à l'Ouest de Rennes, sur la commune d'Iffendic (35) au niveau du lieu-dit le Valet.

Le choix de cette carrière par l'UNICEM est notamment lié au fait que d'une part celle-ci est de taille modeste, ce qui permettra de corréliser plus facilement les mesures de qualité de l'air à l'activité, et d'autre part, celle-ci dispose d'installations récentes depuis 2015 du fait notamment d'une hausse de production liée à des marchés importants comme la fourniture des matériaux dans le cadre des travaux de la ligne LGV ou encore du métro Rennais.

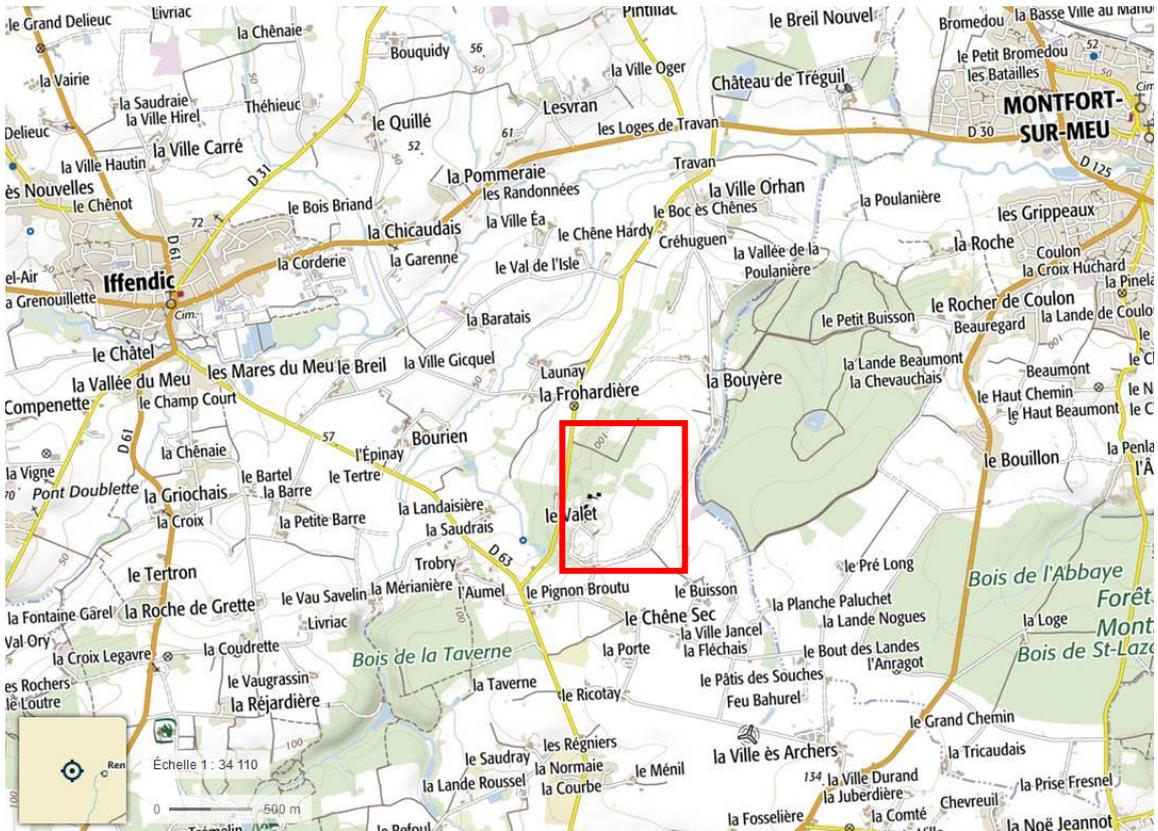


Figure 2 : Localisation de la carrière [source Géoportail]

III.2. Classement de l'activité du site au titre des ICPE¹

La Société des Carrières de Brandefert (SCB) est autorisée à exploiter cette carrière de grès au lieu-dit le Valet selon les prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation du 18 mars 2014.

Les rubriques de la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) concernées par l'activité du site d'Iffendic sont les suivantes :

- 2510-1 : Exploitation d'une carrière avec une production maximale annuelle de 350 000 tonnes (régime autorisation) ;
- 2515-1a : Installation de broyage, concassage, criblage, lavage mélange de pierres d'une puissance installée de 1150 kW (régime autorisation) ;
- 1434 : Installation de remplissage ou de distribution de liquides inflammables d'une capacité 1.2 m³/h (régime déclaration) ;
- 1432 : Stockage de liquides inflammables

¹ ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

III.3. Description succincte de l'activité du site

La production de granulats au niveau d'une carrière comprend différentes étapes détaillées ci-après et illustrées dans la figure suivante.

➤ **L'extraction :**

Après une phase préalable de décapage des matériaux non exploitables, les roches sont extraites au niveau du front de taille à l'aide d'explosifs. Les éclats de roches sont ensuite chargés dans des dumpers et transportés vers les installations de traitement.



Figure 3 : Foration en vue des tirs de mine (à gauche) et évacuation des déblais (à droite)

➤ **Le traitement :**

Les matériaux bruts subissent ensuite une série de traitements afin d'obtenir une gamme variée de granulats répondant à des critères techniques précis en fonction de l'usage de ces derniers. Les types de traitements dits primaires/secondaires/tertiaires sont :

- Le concassage, qui consiste à réduire la taille des morceaux de roche.
- Le criblage ou tamisage, qui a pour but de sélectionner les grains et de les trier selon leur granulométrie.

Un lavage peut également être réalisé permettant d'éliminer les poussières agglomérées sur les granulats.

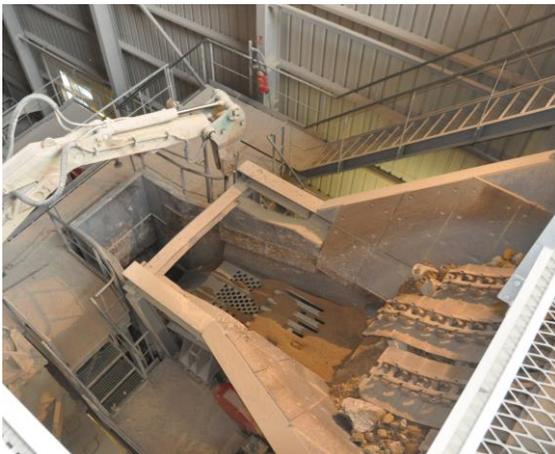


Figure 4 : Concasseur (traitement 1^{aire})



Figure 5 : Convoyeurs utilisés pour le déplacement des matériaux vers les installations de traitement 2^{aire} et 3^{aire}

➤ **Le stockage :**

Les différentes catégories de granulats sont stockées sur une aire de stockage dans l'attente de leur expédition.



Figure 6 : Chargement à l'issue du traitement



Figure 7 : Transport et stockage des produits finis sur une plateforme dans l'attente de l'expédition

Le schéma ci-après synthétise les étapes de production des granulats.

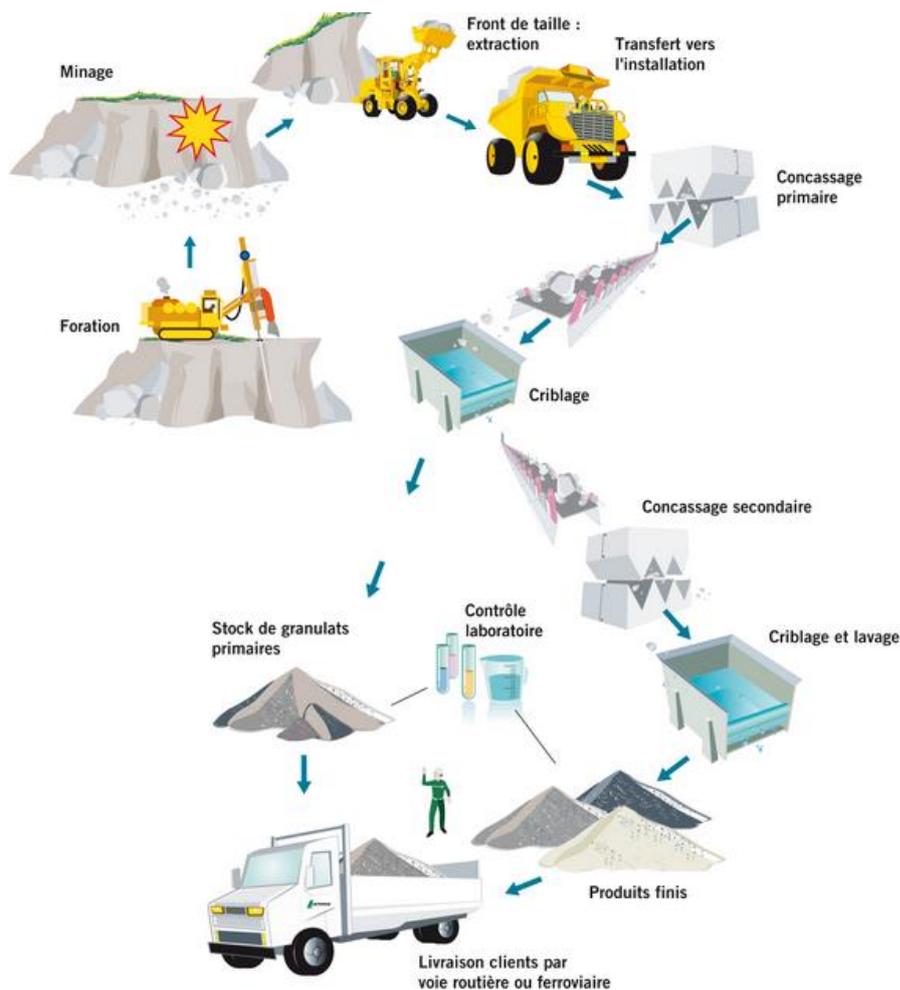


Figure 8 : Schéma de principe de production de granulats [Lafarge]

III.4. Les émissions de poussières des carrières

Les sources d'émissions de poussières dans les carrières sont multiples. En effet, pour chaque étape de production, la nature des poussières, leur forme, leur granulométrie ainsi que le processus de mise en suspension ou d'envol, sont très différents.

L'UNICEM a mené une réflexion pour classer les différentes activités intégrées au processus de production de granulats en fonction des quantités de poussières produites.

Ces informations sont disponibles dans le rapport « Carrières, poussières et environnement »². Une synthèse est reprise ci-après.

Tableau 1 : Classification des activités émettrices de poussières selon l'UNICEM

Modérées	Importantes	Très importantes
Décapage Foration Minage Transport par convoyeur Lavage	Transport par verse Stockage/déstockage Évacuation des matériaux	Circulation des engins et tombereaux en carrière Concassage Criblage

III.5. Les émissions de particules dans l'environnement du site

Dans l'environnement du site (rayon de 3 kilomètres), un recensement des sources ponctuelles potentiellement émettrices dans l'air a été réalisé à partir de la base de données IREP alimentée notamment par les déclarations des émissions polluantes des industrielles. La carte ci-après présente ces installations autour du site dans un rayon de 3 kilomètres.



Figure 9 : Localisation des installations potentiellement émettrices dans l'air [IREP]

² Carrières, poussières et environnement – UNICEM Février 2011

Evaluation de la qualité de l'air sur le site et à proximité d'une carrière

Dans le périmètre de 3 kilomètres autour du site, sont présentes des installations agricoles (élevage porcin, bovin) et des industries agro-alimentaires comme Cooperl Arc Atlantic ou le Grand Saloir St Nicolas. Ces installations ne sont pas des sources importantes de particules.

Les émissions du secteur industriel sont loin d'être majoritaire en Bretagne comme présenté sur la figure ci-après qui représente l'évolution des émissions de PM10 par secteur en Bretagne.



Figure 10 : Répartition des émissions régionales de PM10 de 2008 à 2014 [Inventaire des émissions Air Breizh v2.2014]

Pour les **PM10**, le secteur industriel représente 4% des émissions régionales. Les deux secteurs principaux sont les activités agricoles (55%) et le résidentiel/tertiaire via les émissions de chauffage (23%). Enfin les émissions du transport représentent 17% des émissions régionales de PM10.

Pour les **PM2.5**, le secteur résidentiel tertiaire représente 42% des émissions régionales, suivi de l'agriculture contribuant à 30% puis du transport à 21%.

Concernant les **poussières totales (ou TSP)**, la part des émissions régionales du secteur agricole est encore bien supérieure à savoir 71%, complétée des émissions du résidentiel/tertiaire et du transport à part égale (12 % chacun) et enfin l'industrie (4%).

La carte ci-après présente les émissions communales de PM10 pour l'année 2014. La commune d'Iffendic, sur laquelle se trouve la carrière, représente une des communes avec le taux d'émissions le plus faible au km².

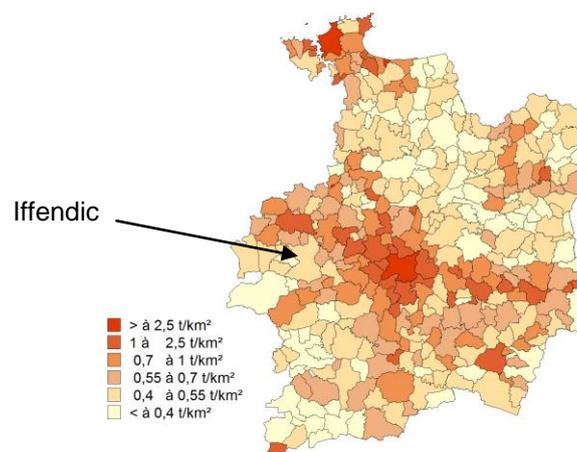


Figure 11 : Emissions communales de PM10 [inventaire des émissions Air Breizh année 2014 v2.2014]

IV. Le dispositif mis en œuvre

IV.1. Polluants étudiés

IV.1.1 Les particules en suspension (PM10 et PM2.5)

Les particules en suspension varient du point de vue de la taille, des origines, de la composition et des caractéristiques physico-chimiques. Elles sont classées selon leurs propriétés aérodynamiques : pour les particules PM10, on parle de particules de diamètre aérodynamique médian inférieur ou égal à 10 µm, les particules PM2,5 correspondent aux particules de diamètre aérodynamique médian inférieur ou égal à 2,5 µm.

Parmi les poussières présentes dans l'air, certaines sont d'origine naturelle (sable du Sahara, cendres volcaniques, embruns marins, pollens...), d'autres sont d'origine anthropique. Ces dernières sont notamment émises par les installations de combustion, les transports (moteurs diesels, usure des pneus...), les activités urbaines et industrielles (travaux publics, construction, secteur minier...), l'érosion de la chaussée, ou encore par le secteur agricole. La multiplicité des sources d'émissions rend ainsi difficile l'estimation de la composition exacte des particules en suspension dans l'atmosphère.

Si les poussières présentes dans l'atmosphère peuvent être issues directement des rejets dans l'atmosphère (on parle de particules primaires), elles peuvent également résulter de transformations chimiques à partir des polluants gazeux (on parle alors de particules secondaires).

Contrairement aux polluants gazeux, les particules ne constituent pas une espèce chimique unique et homogène. Elles sont constituées d'un mélange complexe de matière organique et minérale. Chimiquement, les poussières sont constituées des éléments suivants :

- des espèces carbonées : carbone élémentaire, carbone organique, matière organique. On y trouve les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les aldéhydes, les cétones, les pesticides, les dioxines...

- une fraction minérale : poussières minérales, ions inorganiques (sulfates, nitrates, ammonium, calcium, sodium, chlorures...), métaux (plomb, nickel, cadmium, arsenic, titane, fer, cuivre, aluminium...).

IV.1.2 Les poussières sédimentables

Les poussières sédimentables sont, selon les sources, des particules de taille variée jusqu'à l'échelle millimétrique, ce qui peut les rendre directement visibles à l'œil nu lorsqu'elles sont déposées. C'est leur densité et leur taille aérodynamique qui, par opposition aux autres particules leur confère la propriété de se déposer.

Leur déposition se produit en général en proximité de la source, mais leur ré-envol est toujours possible. Leurs origines sont principalement les activités de terrassements, travaux publics, et construction, ainsi que manutentions, stockages et de transport de matières minérales sèches ou pulvérulentes (charbons, ...), mais aussi certains procédés industriels du domaine de la métallurgie ou de la sidérurgie, ou encore l'activité extractive en carrière.

On observe souvent, mêlées à ces particules d'origine anthropique, des dépôts de particules naturelles liées à l'érosion éolienne (sables, limons) ou d'origine végétale.

IV.1.3 Réglementation

Lors de cette étude, les niveaux estimés de concentrations de polluants dans l'air seront comparés aux valeurs réglementaires disponibles, ainsi qu'aux mesures sur d'autres sites de surveillance du dispositif régional d'Air Breizh.

Les valeurs de références pour les polluants mesurés sont synthétisées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Valeurs de référence réglementaires pour les polluants mesurés

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
PM2.5 ^[1]	25 µg/m ³ en moyenne annuelle civile	10 µg/m ³ en moyenne annuelle civile	X	X
Particules sédimentables ^[2]	X	500 mg/m ² /jour en moyenne annuelle glissante	X	X

[1] Article R221-1 du code de l'environnement qui transpose la directive 2008/50/CE

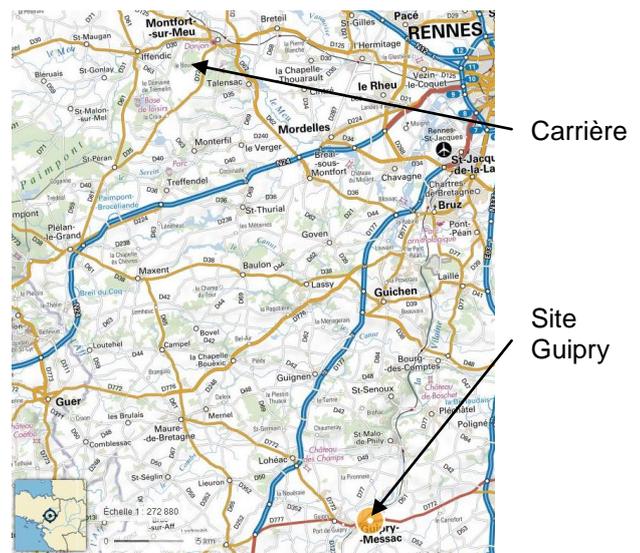
[2] Arrêté du 30 septembre 2016 modifiant l'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières. Objectif qualité à respecter à proximité immédiate des premiers bâtiments accueillant des personnes sensibles (centre de soins, crèche, école) ou des premières habitations situés à moins de 1 500 mètres des limites de propriétés de l'exploitation, sous les vents dominants

En outre, les mesures PM10 et PM2.5 seront comparées avec celles de la station dite rurale nationale de Guipry. Elle se trouve à une vingtaine de kilomètres au Sud de Rennes.

Son implantation, éloignée le plus possible des sources d'influence prédominante (grandes agglomérations, axes de circulation importants, sources industrielles, ...) permet d'évaluer en zone rurale l'exposition de la population à la pollution atmosphérique de fond issue des transports de masses d'air à longue distance, notamment transfrontaliers.

Cette station sera donc considérée comme site de référence (témoin hors influence carrière) dans le cadre de notre étude.

Figure 12 (ci-contre) : Localisation du site considéré comme référence (Guipry par rapport à la carrière



V. Matériels et méthodes de mesures

V.1.1 *Technique de mesures*

a) *Analyseur de particules fines PM10 et PM2.5*

Pour les mesures des particules de type PM10, la méthode de référence (norme EN12341) ne permet pas de répondre totalement aux exigences de la directive européenne 99/30/CE concernant l'information du public, car elle est basée sur une méthode par prélèvement journalier suivi d'une analyse différée en laboratoire.

Les Etats-Membres se sont donc tournés vers des analyseurs automatiques comme la micro-balance à variation de fréquence (TEOM). Cet appareil fournit en continu les niveaux moyens horaires de particules de type PM10, et permet une actualisation quotidienne des informations vers le public en continu. Cette technique de mesures utilisée en France est une équivalence à la méthode de référence et a été validée par le LCSQA.

A partir de 2000, des articles scientifiques ont montré que les particules mesurées de façon automatique en France et dans d'autres pays européens pouvaient parfois, sous certaines conditions, être sous-estimées, du fait, en particulier, de ce que la part volatile des particules pouvait être mal appréhendée.

Suite à cela, des améliorations techniques ont été mises au point par les constructeurs des appareils automatiques. Un module adapté sur l'appareil, appelé FDMS, permet ainsi de mieux prendre en compte la fraction volatile des particules.

D'autres appareils ont été développés par la suite intégrant directement ce module pour la quantification de la fraction volatile. Il s'agit notamment des jauges radiométriques BAM également utilisés dans le dispositif de surveillance d'Air Breizh.

Pour l'ensemble de ces appareils, les données brutes sont des données quart-horaires. Les caractéristiques des analyseurs utilisés lors de cette étude sont les suivantes :

Tableau 3 : *Caractéristiques principales des analyseurs de particules utilisés*

Modèle	TEOM1400 – Thermo Scientific
Gamme de mesure	0 - 1000 mg/m ³
Limite de détection	0.1 µg/m ³
Mesure de la fraction volatile	Oui (module FDMS)

Ces analyseurs ont été mis en place sur 2 des 3 points de mesures avec respectivement deux analyseurs par site pour la mesure des fractions PM10 et PM2.5.

Sur le 3^{ème} point, en raison de contrainte de disponibilité, un compteur de poussières GRIMM a été installé (seulement lors de la campagne 1 pour compléter les mesures).

De technologie différente, cet appareil qui mesure en simultanée les PM10 et PM2.5, ne fait pas partie de la liste des appareils approuvés type par le LCSQA pour la mesure réglementaire des poussières. Il a toutefois été utilisé dans le cadre de cette étude sur la 1^{ère} campagne afin d'obtenir des mesures en continu sur tous les points. Les résultats sont présentés à titre indicatif.

Dans les deux cas, les données de mesures (fréquence quart horaire) sont rapatriées en continu sur un poste central et validées en fin de campagne.

Notons qu'une station météorologique permettant la mesure de la direction et de la vitesse du vent a également été installée sur l'une des unités mobiles (point carrière) comme visible sur les figures suivantes.



Figure 13 : Unité mobile installée sur l'un des points hors site



Figure 14 : Unité mobile installée sur le point carrière

b) Prélèvements sur filtre

Deux types de prélèvements actifs sur filtre ont été réalisés. L'objectif de ces prélèvements, en complément des mesures en continu, est d'être en mesure de réaliser des analyses chimiques sur la nature des poussières en suspension et en préciser l'origine.

Le 1^{er} dispositif utilisé répond aux exigences de la norme EN 12341 relative aux mesures gravimétriques pour la détermination de la concentration massique PM10 ou PM2,5. Il s'agit d'un Partisol qui permet de collecter les poussières sur une durée d'une semaine à un débit d'1 m³/h environ. Toutefois, les filtres collectés n'ont pas été utilisés en vue d'une analyse quantitative (pesée avant/après campagne et calcul d'une concentration moyenne en particules) mais pour une analyse qualitative en laboratoire.

Dans le cas de ces prélèvements, le dispositif a été configuré de manière à prélever les particules PM10.



Figure 15 : Préleveur Partisol utilisé pour les prélèvements sur filtre



Figure 16 : impacteur en cascade

Un deuxième dispositif, utilisé plutôt dans le cadre d'expérimentation, a été mise en place afin de collecter les poussières selon leur taille granulométrique.

Il s'agit d'impacteur en cascade (DEKATI) constitué d'une succession d'étages qui permettent de séparer les particules en plusieurs fractions granulométriques : particules de taille inférieure à 2,5 µm, particules de taille comprise entre 2,5 et 10 µm et les particules de taille supérieure à 10 µm.

Les filtres collectés ont ensuite été envoyés pour analyse au LSCE³.

³ LSCE : Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

c) Prélèvements des poussières sédimentables

Les prélèvements des poussières sédimentables ont été réalisés à l'aide de jauges Owen appelées aussi collecteurs de retombées atmosphériques. La mise en œuvre de ce type de mesures est simple et les temps de prélèvement sont supérieurs à ceux pratiqués dans l'air ambiant (supérieurs à 15 jours). Les mesures sont donc moins sensibles aux variations météorologiques à court terme. Les mesures sont représentatives de l'ensemble des retombées sèches ou humides.

La jauge se compose d'un récipient cylindrique muni d'un entonnoir de diamètre normalisé et placé dans un support métallique. Ce type de prélèvement répond aux prescriptions de la norme NFX 43-014 relative à la détermination des retombées atmosphériques totales.

Un pré-traitement du contenu de chaque jauge a été réalisé par le laboratoire IANESCO avant analyse par le laboratoire en charge des analyses pour l'ensemble du projet EMCAIR (LSCE).

Ce pré-traitement a consisté à séparer par filtration, les phases soluble et non soluble des échantillons brutes.



Figure 17 : Jauge Owen sur le site Chêne sec

d) Enregistrement vidéo

En complément de ce dispositif et de manière à corrélér les niveaux de particules mesurés en continu avec l'activité du site, un enregistrement vidéo a été réalisé sur le point carrière.

Le dispositif comprend 4 caméras permettant d'obtenir un enregistrement à 360° autour du point de mesure.



Figure 18 : Dispositif d'enregistrement vidéo sur le site carrière

e) Contrôle de la qualité des mesures et des prélèvements

Afin de garantir une qualité optimale des mesures et prélèvements ainsi qu'une couverture temporelle satisfaisant sur la période étudiée, des opérations de maintenance, vérification et étalonnage ont été réalisées à fréquence régulière durant la campagne.

Les taux de fonctionnement des appareils de mesure ou de prélèvement durant les deux campagnes et pour chacun des points sont indiqués dans le chapitre V.1.4.

V.1.2 Choix des sites de mesures

Conformément au protocole établi, trois sites de mesures ont été retenus pour cette étude à savoir l'un sur l'emprise de la carrière et deux autres respectivement situés en amont et en aval de la carrière par rapport aux vents dominants.

Pour faire ce choix, nous avons pris comme référence la rose des vents réalisées par Météo France sur la base des mesures de direction et de vitesse du vent sur la station de Rennes St Jacques de 1981 à 2010. Elle permet notamment de mettre en évidence des vents majoritairement issus du Sud-Ouest.

Cette position amont et aval des sites hors carrière par rapport aux vents dominants doit être considérée avec prudence car il s'agit de conditions moyennes sur l'année qui n'excluent pas que ponctuellement, la situation de ces sites par rapport au site soit différente.

La figure ci-après permet de localiser l'emplacement de ces trois sites. Les deux sites hors emprise de la carrière se trouvent globalement à une distance équivalente de la zone d'exploitation à savoir environ 500 mètres.



Figure 19 : Situation des 3 sites de mesures

Les coordonnées des points sont les suivants :

Tableau 4 : Coordonnées géographiques des points [Système géodésique WGS 84]

	Latitude	Longitude
Chêne sec	48°6'39,78"N	1°59'49,26"O
Carrière	48°7'2,02"N	2°0'5,64"O
Bouyère	48°7'18,93"N	1°59'27,28"O

Nous apportons quelques précisions sur l'environnement de chacun des points de mesures dans les paragraphes suivants.

➤ Point Bouyère (dit Aval)

Ce point se situe au Nord-Est de la carrière, sous les vents dominants (majoritairement issus du Sud-Ouest), au niveau d'un corps de ferme. Comme présenté sur les figures suivantes, le dispositif a été installé sur une plateforme bétonnée entre deux bâtiments d'exploitation.



Figure 20 : Vue du Point Bouyère (Aval)

➤ Point chêne sec (dit Amont)

Ce point se situe au Sud du site, au niveau du hameau Chêne sec. Ce dernier comprend une dizaine d'habitations. Le point a été implanté au Sud du hameau.



Figure 21 : Vue du point Chêne sec (Amont)

➤ Point carrière

L'emplacement du point de mesure au sein de la carrière a été choisi au plus près des bâtiments de traitement des granulats, à proximité également d'une voie de circulation entre les bâtiments et la zone de stockage de produits finis. Différentes contraintes ont été prises en compte pour le choix de ce point : approvisionnement électrique, sécurité, et nécessité d'avoir un positionnement identique entre les deux campagnes.

De par son positionnement, ce site est donc considéré comme pénalisant aux niveaux des émissions de poussières au regard du reste de la carrière.



Figure 22 : Vue du site carrière

V.1.3 Dates des campagnes de mesures

Deux campagnes ont été réalisées à des saisons différentes pour intégrer les différences de niveaux de concentrations en fonction des conditions climatiques. Le planning des deux campagnes est présenté ci-après.

Chacune des campagnes comprend 4 semaines de mesures et de prélèvements soit au total 8 semaines.

Tableau 5 : Planning des campagnes estivale et hivernale

	01/09/2016	02/09/2016	03/09/2016	04/09/2016	05/09/2016	06/09/2016	07/09/2016	08/09/2016	09/09/2016	10/09/2016	11/09/2016	12/09/2016	13/09/2016	14/09/2016	15/09/2016	16/09/2016	17/09/2016	18/09/2016	19/09/2016	20/09/2016	21/09/2016	22/09/2016	23/09/2016	24/09/2016	25/09/2016	26/09/2016	27/09/2016	28/09/2016	29/09/2016	30/09/2016	01/10/2016	02/10/2016	03/10/2016	04/10/2016	05/10/2016	06/10/2016				
Installation																																								
Semaine C1.1																																								
Semaine C1.2																																								
Semaine C1.3																																								
Semaine C1.4																																								
Désinstallation																																								

	05/01/2017	06/01/2017	07/01/2017	08/01/2017	09/01/2017	10/01/2017	11/01/2017	12/01/2017	13/01/2017	14/01/2017	15/01/2017	16/01/2017	17/01/2017	18/01/2017	19/01/2017	20/01/2017	21/01/2017	22/01/2017	23/01/2017	24/01/2017	25/01/2017	26/01/2017	27/01/2017	28/01/2017	29/01/2017	30/01/2017	31/01/2017	01/02/2017	02/02/2017	03/02/2017	04/02/2017	05/02/2017	06/02/2017	07/02/2017	08/02/2017	09/02/2017				
Installation																																								
Semaine C2.1																																								
Semaine C2.2																																								
Semaine C2.3																																								
Semaine C2.4																																								
Désinstallation																																								

VI. Résultats et interprétation

En préambule de la présentation des résultats et leurs interprétations, sont analysés successivement la représentativité des prélèvements en fonction des taux de fonctionnement des appareils durant les campagnes, le contexte météorologique ainsi que la survenue d'épisode de pollution au niveau départemental voire régional.

VI.1. Représentativité des mesures et des prélèvements

De manière à assurer une représentativité jugée correcte des prélèvements durant chaque série de mesures, une synthèse des taux de fonctionnement des appareils 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 90% de la période pour assurer une bonne représentativité bien qu'une tolérance à 85% est souvent admise.

Tableau 6 : Taux de fonctionnement des appareils

Taux de fonctionnement des appareils		Analyseur PM10	Analyseur PM2,5	Prélèvement partisol	Prélèvement impacteur	Prélèvement retombées
C1.1	du 7/09 au 14/09/16	Chene sec	100%	100%	100%	100%
		carrière	100%	100%	0%	100%
		Bouyère	100%	99%	0%	100%
C1.2	du 14/09 au 21/09/16	Chene sec	100%	100%	60%	100%
		carrière	99%	99%	100%	100%
		Bouyère	99%	99%	100%	100%
C1.3	du 21/09 au 28/09/16	Chene sec	100%	100%	99%	100%
		carrière	100%	100%	99%	100%
		Bouyère	100%	99%	100%	100%
C1.4	du 28/09 au 05/10/16	Chene sec	98%	98%	100%	100%
		carrière	88%	88%	91%	100%
		Bouyère	98%	97%	82%	100%
C2.1	du 11/01 au 18/01/17	Chene sec	x	x	100%	100%
		carrière	100%	100%	100%	100%
		Bouyère	100%	100%	99%	100%
C2.2	du 18/01 au 25/01/17	Chene sec	x	x	100%	100%
		carrière	100%	100%	100%	100%
		Bouyère	100%	100%	100%	100%
C2.3	du 25/01 au 01/02/17	Chene sec	x	x	100%	100%
		carrière	100%	100%	100%	100%
		Bouyère	100%	100%	100%	100%
C2.4	du 01/02 au 08/02/17	Chene sec	x	x	100%	100%
		carrière	100%	100%	100%	100%
		Bouyère	100%	100%	100%	100%

Durant ces deux campagnes, les mesures en continu des particules PM10 et PM2.5 présentent des taux de couverture supérieurs à 97% des périodes ce qui est très satisfaisant.

Pour les prélèvements séquentiels à l'aide des Partisols, la 2nde campagne présente des taux de couverture de plus de 99% sur les 3 points et pour chaque période.

Pour la 1^{ère} campagne, des problèmes techniques lors de la période C1.1 ont entraîné une invalidation du support de prélèvement pour deux points de mesures. Les autres prélèvements ont présenté des taux de couverture supérieurs (ou proches) de 85% excepté l'un d'entre eux sur lequel une réserve devra être apporté dans le cadre de l'interprétation (chêne sec – semaine C1.2).

Les prélèvements des poussières par fraction granulométrique (via les impacteurs) ou des retombées n'ont pas présenté de dysfonctionnement ce qui a permis de les valider en totalité.

VI.2. Contexte météorologique

Le contexte météorologique peut avoir un impact sur les conditions de dispersion de la pollution atmosphérique. Certains paramètres favorisent la dispersion et/ou leur lessivage (par exemple la pluie), d'autres au contraire vont favoriser une accumulation des polluants (comme les hautes pressions), ou leur formation (comme l'ensoleillement).

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

Les conditions pendant les mesures des paramètres influençant majoritairement la dispersion des particules, à savoir les précipitations et la vitesse et direction du vent, sont étudiées successivement ci-après.

VI.2.1 Les précipitations

Les cumuls journaliers enregistrés pendant les deux campagnes de mesures sur la station météorologique Météo France de Rennes St Jacques sont présentés ci-après avec une indication des semaines de prélèvements.

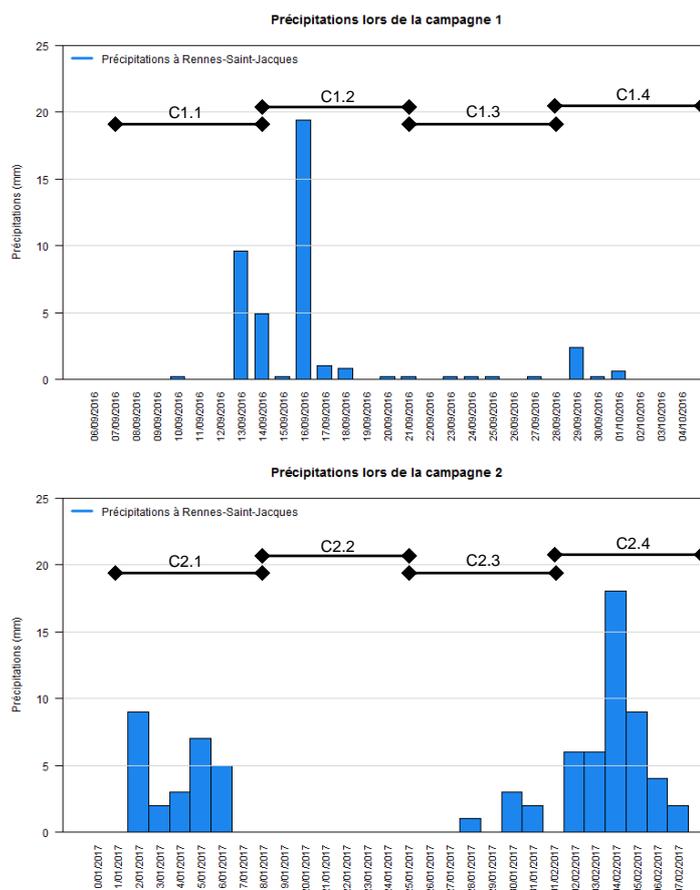


Figure 23 : Evolution des cumuls journaliers des précipitations enregistrées à la station Météo France de Rennes St Jacques

La campagne 1 réalisée du 7/09 au 5/10/16 se caractérise par un temps relativement sec, avec seulement 2 journées présentant des précipitations jugées significatives à savoir le 13/09 (8,6 mm)

pendant la semaine C1.1 et le 16/09 (19,4) pendant la semaine C1.2. Les précipitations durant les semaines C1.3 et C1.4 ont été négligeables.

Avec un cumul de 40.5 mm pendant cette période, **cette campagne estivale est donc jugée pénalisante en termes d'envols de particules**. A titre de comparaison, les précipitations moyennes (dites 'normales') enregistrées sur le mois de septembre de 1981 à 2010 à Rennes sont de 59 mm.

La campagne 2, du 11/01 au 8/02/17, présente trois périodes différentes : un début de campagne avec des précipitations modérées (du 11 au 16/01) puis une période sèche (du 17 au 27/01) qui coïncide avec un épisode de pollution généralisée, suivie d'une période avec des précipitations plus abondantes (du 30/01 au 08/02).

Le cumul des précipitations durant cette campagne est de 77 mm soit globalement identique à la normale pour un mois de janvier (70.4 mm enregistrées à Rennes en janvier de 1981 à 2010). **Cette campagne est donc jugée représentative des conditions normales en termes de précipitations.**

VI.2.2 Direction et vitesse du vent

Les conditions de direction et 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 pàle 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 pàle indique la classe de vitesse et sa grandeur, le pourcentage de vent avec cette vitesse.

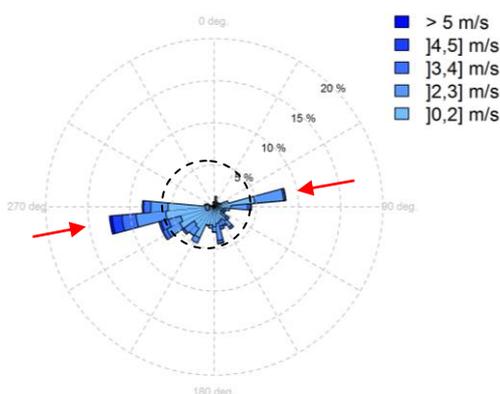
Ainsi par exemple, plus une pàle sera grande, plus les vents en provenance de cette direction seront fréquents (direction majoritaire) et au sein de cette pàle, plus les couleurs bleues seront foncées, plus les vents seront forts.

La direction et la vitesse des vents ont été mesurées localement sur la carrière au niveau du camion laboratoire. Pour chaque campagne de mesure, nous présentons ci-après deux roses des vents, l'une réalisée à partir des mesures sur site et l'autre à partir des données de la station Météo France (MF) de Rennes St Jacques située à une 30^{aine} de kilomètres de la carrière.

Une analyse globale par campagne est réalisée dans un premier temps suivi d'une analyse détaillée pour chaque semaine au sein des deux campagnes.

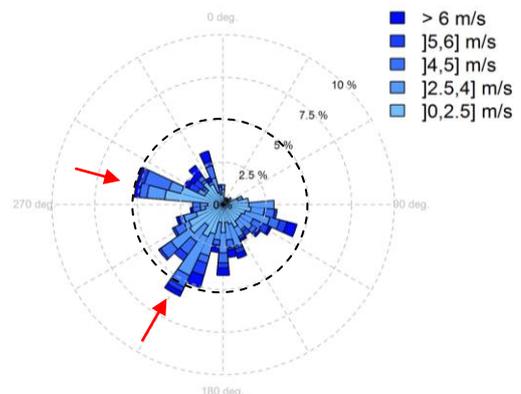
a) Analyse globale par campagne

➤ Campagne 1 (du 7/09 au 5/10/16)



Vitesse moyenne : 1,7 m/s
Direction majoritaire : Ouest et Est

Figure 24 : Rose des vents à partir des mesures au niveau de la carrière du 14/09 au 5/10/16)



Vitesse moyenne : 2,8 m/s
Direction majoritaire : Sud-Ouest et Ouest

Figure 25 : Rose des vents à partir des mesures au niveau de la station MF de Rennes St Jacques du 7/09 au 5/10/16)

Malgré la différence d'échelle pour les occurrences de vents, ces deux roses des vents ne sont pas tout à fait comparables. En effet, la rose construite à partir des données de la carrière présente deux directions des vents majoritaires issus de l'Ouest et de l'Est. Ces deux directions sont peu ou pas représentées sur la rose des vents réalisée à partir des données de la station de Rennes.

La rose des vents que nous jugeons plus représentative de la météorologie de la zone d'étude (à savoir également sur les sites amont et aval) est celle de la station Météo France de Rennes.

En effet, la rose des vents de la carrière est jugée représentative des conditions très locales à proximité du site d'enregistrement, dans la mesure où le site a été implanté au cœur de la carrière, entourée sur une majeure partie d'un merlon d'une hauteur non négligeable.

La rose des vents de Rennes sur cette campagne 1 justifie bien ce constat puisqu'elle présente des vents dans quasi toutes les directions bien que certains présentent des fréquences faibles, mais ce qui montre que le site est implanté dans un environnement parfaitement dégagé contrairement au site de la carrière. Notons également que la mesure Météo France a lieu à 10 mètres de hauteur alors que celle de la carrière a été réalisée entre 2.5 et 3 mètres.

➤ Campagne 2 (du 11/01 au 8/02/17)

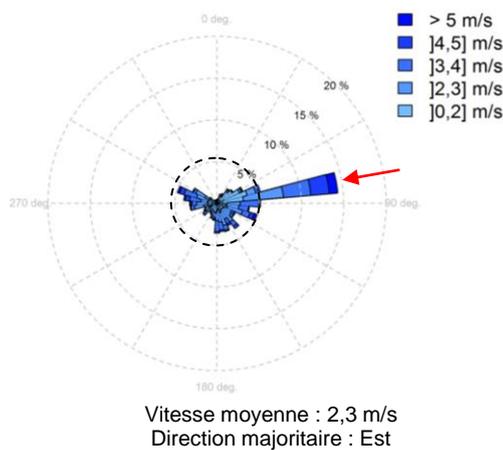


Figure 26 : Rose des vents à partir des mesures au niveau de la carrière du 11/01 au 8/02/17)

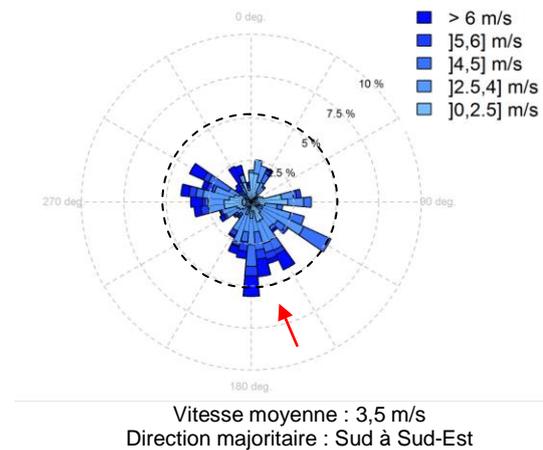


Figure 27 : Rose des vents à partir des mesures au niveau de la station MF de Rennes St Jacques du 11/01 au 8/02/17)

Durant cette période hivernale, le constat reste identique à savoir des roses des vents peu semblables entre les deux sites de mesures. Pour les mesures au niveau de la carrière, une direction est très largement représentée à savoir les vents d'Est, qui avait également été bien représentée durant la campagne 1. Pour les mesures au niveau de la station Météo France de Rennes St Jacques, les vents de Sud à Sud-Est semblent être plus présents.

Au vu de ce constat au niveau du lieu d'implantation de la mesure en carrière, de la technique et des résultats de mesures, les données Météo France de la station de Rennes St Jacques sont jugées plus représentatives de l'environnement de la zone d'étude.

Elles sont donc retenues pour l'interprétation des données de mesures de particules dans la suite de ce rapport.

b) Analyse par semaine

Une analyse détaillée des conditions de vents pour chaque semaine au sein des campagnes est présentée par la suite.

Deux directions prédominent lors de cette 1^{ère} semaine (C1.2) : Sud-Ouest exposant le site Bouyère, et Sud Est.

La semaine C1.2 se caractérise par des vents issus majoritairement du Nord-Ouest. Les autres secteurs de vents sont inexistant. Pendant cette semaine, le site Chêne sec a été plus exposé aux envols du site par rapport au site Bouyère ce qui est contraire aux autres semaines de cette campagne.

Pendant la semaine C1.3, les vents sont issus des directions Ouest à Sud exposant de manière préférentielle le site Bouyère (dit aval) aux envols sur le site.

Enfin pendant la semaine C1.4, deux directions prédominent à savoir les vents d'Est et de Sud-Ouest. Ces derniers exposant le site Bouyère.

Cette campagne estivale se démarque par une absence de vents de Nord- Est.

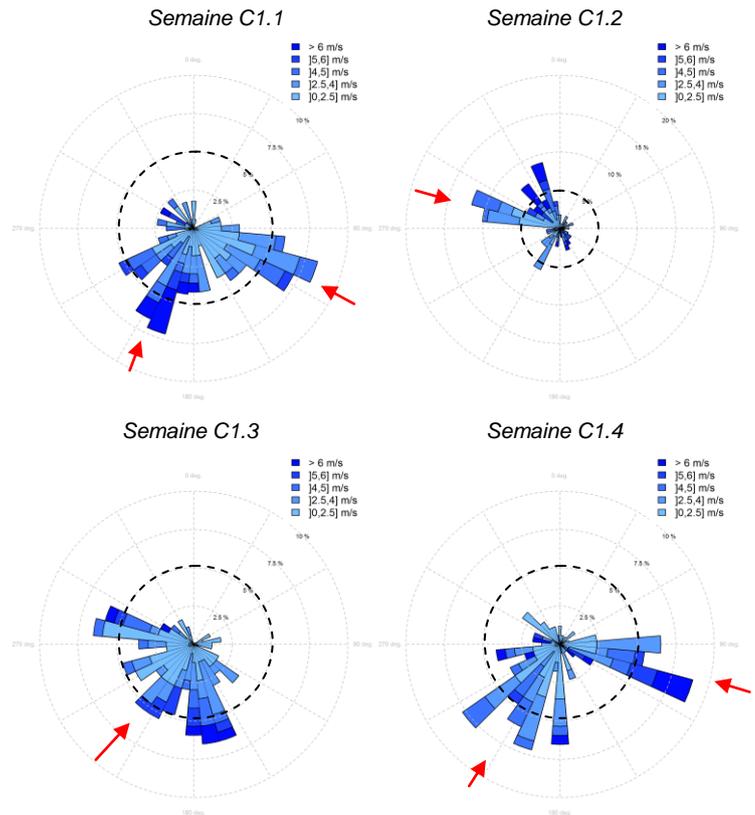


Figure 28 : Roses des vents hebdomadaires campagne 1 [données MétéoFrance St Jacques]

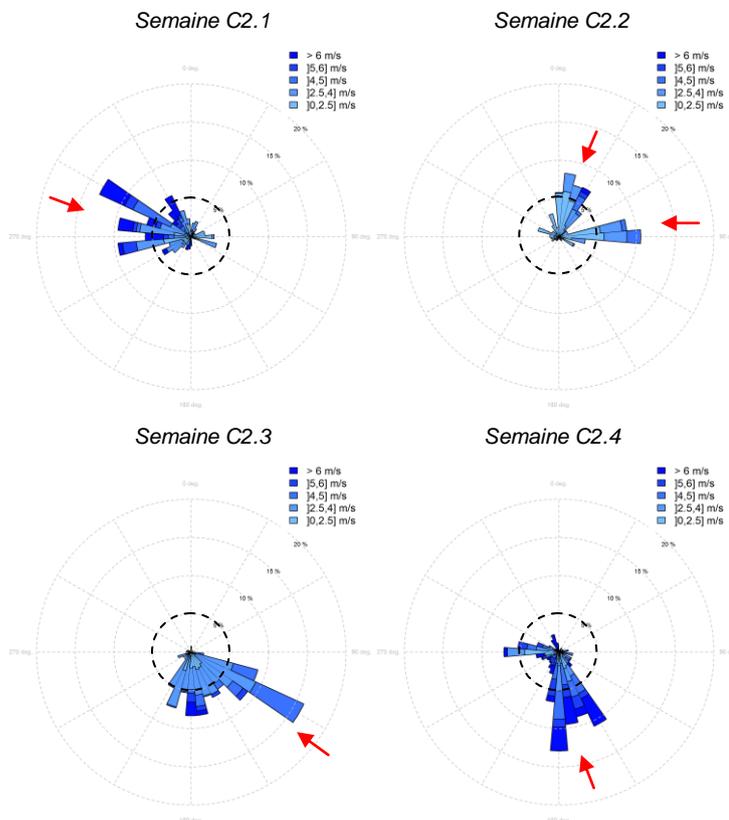


Figure 29 : Roses des vents hebdomadaires campagne 2 [données MétéoFrance St Jacques]

Pour cette campagne 2, les roses hebdomadaires sont également différentes.

Pour la semaine C2.1, les vents sont issus de l'Ouest.

Pour la semaine C2.2, ils sont issus du Nord-Est et de l'Est correspondant à une période anticyclonique sans précipitations (cf. figure 23). Il s'agit de la seule semaine durant cette campagne exposant le site chêne sec aux envols du site.

Les périodes C2.3 et C2.4 sont plus semblables en termes de direction de vent à savoir des vents issus du Sud-Est exposant très peu les sites de mesures hors site.

Durant cette campagne, le site Bouyère (dit aval) a été peu exposé aux envols du site. Le site Chêne sec a été plus exposé pendant la semaine C2.1.

c) Temps d'exposition des points de mesures par semaine

Pour illustrer l'exposition des points de mesures hors site aux émissions de la carrière, les pourcentages d'exposition par semaine ont été estimés d'après les directions des vents.

Les secteurs de vent exposant les deux sites Bouyère et Chêne sec aux envols de la carrière ont été fixés comme suit :

- Bouyère : site exposé lors des vents issus des directions comprises entre 210 et 260° ;
- Chêne sec : site exposé lors des vents issus des directions comprises entre 310 et 10°.



Figure 30 : Secteurs de vents exposant les sites en dehors de la carrière aux éventuels envols de la carrière

Les graphiques ci-après présentent les pourcentages d'exposition par semaine pour chacune des campagnes :

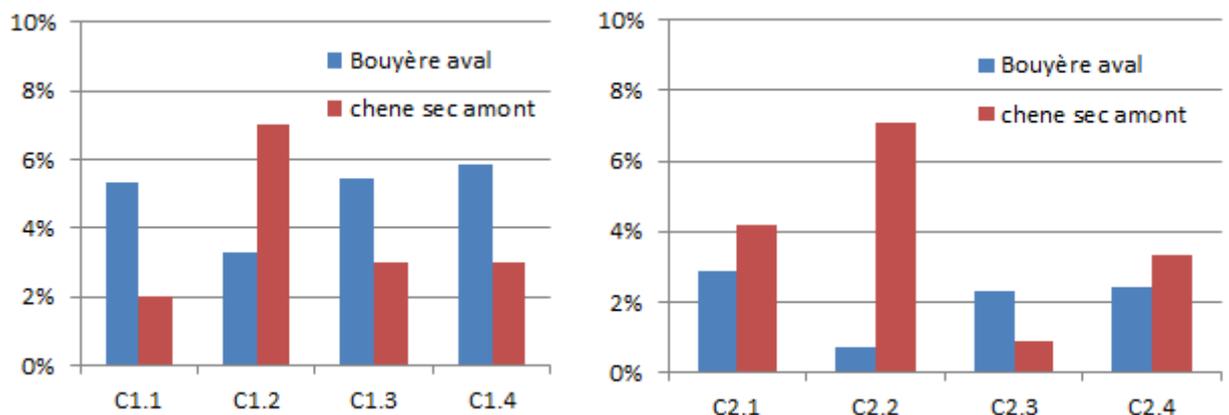


Figure 31 : Estimation des taux d'exposition des points hors site pendant les deux campagnes de mesures

Lors de la 1^{ère} campagne, exceptée lors de la semaine C1.2, le site Chêne (dit amont) a été moins exposé aux vents en provenance du site que le site Bouyère (dit aval). Les taux d'exposition sont toutefois assez faibles, inférieurs à 7% du temps par semaine.

Pour la 2^{ème} campagne, les taux d'expositions des deux points sont très faibles (<4%) excepté pour la semaine C2.2 pour laquelle le site chêne sec a été bien plus exposé que le site Bouyère.

En synthèse de cette analyse, la dénomination amont/aval pour les points de mesure est justifiée pour la 1^{ère} campagne au regard des conditions météorologiques.

Pour la 2nde campagne, les expositions sont très faibles et proches entre les deux sites. A retenir toutefois, une exposition majoritaire du site Chêne sec par rapport au site Bouyère lors de la semaine C2.2 qui pourra faire l'objet d'une analyse particulière.

VI.3. Episode de pollution régionale

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

Quatre polluants réglementés sont intégrés dans la procédure de déclenchement d'épisode de pollution de l'air :

- l'ozone (O₃) ;
- le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- les particules en suspension (PM10). Les particules PM2.5 n'entrent pas dans les procédures de déclenchement à ce jour.

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

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

Au cours de cette étude, un épisode de pollution a été constaté durant la 2nde campagne de mesures à savoir en période hivernale. Nous revenons de manière succincte sur cet épisode qui a touché la moitié Nord de la France.

➤ Episode du 20 au 25/01/17

Durant cette période, les conditions anticycloniques sèches et froides ont limité la dispersion des polluants du fait de vents faibles et d'une couche d'inversion marquée. Les faibles températures ont également engendré un surcroît d'émission notamment dû au chauffage résidentiel.

Par conséquent, la procédure préfectorale lors d'un dépassement du seuil d'informations/recommandations (fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière) a été déclenchée à partir du 20/01 en Ile et Vilaine suivie d'un déclenchement du seuil d'alerte (fixé à 80 µg/m³ en moyenne journalière) du fait de la persistance de l'épisode jusqu'au 25/01/17.

Les cartes de dispersion tirées du modèle de prévision nationale Prév'air permettent d'illustrer cet épisode.

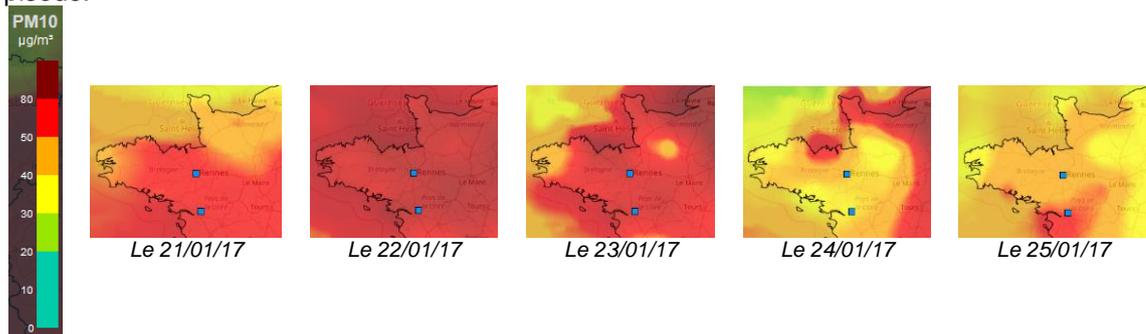


Figure 32 : Extrait des cartes de prévision du modèle Prév'air du 20 au 25/01/17

Nos stations de mesures, disposées sur l'ensemble de la région, ont enregistré des hausses des concentrations à partir du 17/01 comme visible sur le graphique suivant.

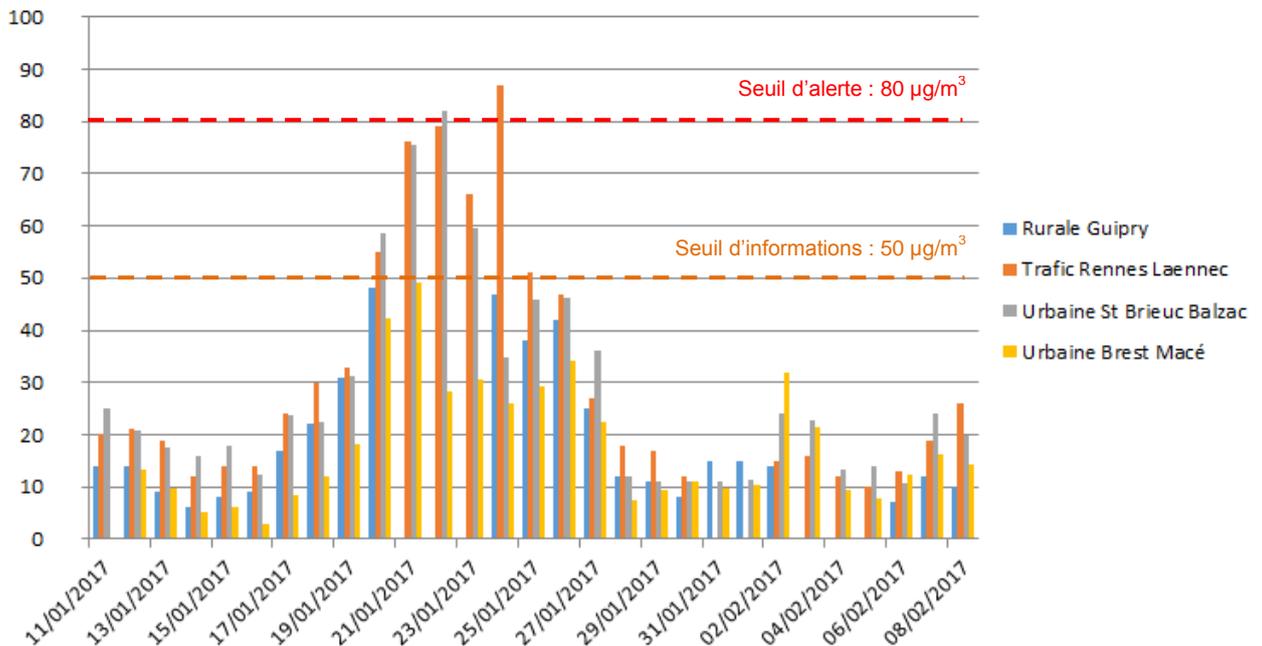


Figure 33 : Evolution des concentrations moyennes journalières en PM10 mesurées au niveau des stations de surveillance réglementaire

Cette hausse des concentrations sur l'ensemble de la région comme visible sur la figure précédente, sera prise en compte dans le cadre de l'interprétation des données de cette étude.

VI.4. Analyse descriptive des résultats

Les évolutions des mesures de l'ensemble des paramètres sont présentées successivement dans ce chapitre.

Pour la mesure des particules fines PM10 et PM2.5, le site Chêne sec (Amont) a été équipé durant la campagne estivale d'un appareil de mesure optique, qui ne répond pas aux exigences réglementaires contrairement aux appareils disposés sur les deux autres sites de mesures.

Par conséquent, les résultats des deux sites équipés d'un dispositif réglementaire (Bouyère et la carrière) sont comparés au site rural national de Guipry, intégré au réseau de surveillance régionale d'Air Breizh.

Se trouvant à une cinquantaine de kilomètre de la zone d'étude, l'implantation rurale de cette station est comparable à l'environnement de la zone d'étude.

La comparaison des trois sites de mesures (Bouyère, carrière et chêne sec) sera réalisée par la suite via la comparaison des ratios des mesures PM10/PM2.5 par site (et donc par méthode identique) ce qui permet de s'affranchir des différences de méthodes de mesures.

VI.4.1 Les particules fines PM10

a) Evolution des concentrations quart-heures

Les appareils de mesures fournissent une donnée par quart d'heure. Les graphiques suivants présentent l'évolution de ces données par semaine et successivement pour les campagnes 1 et 2.

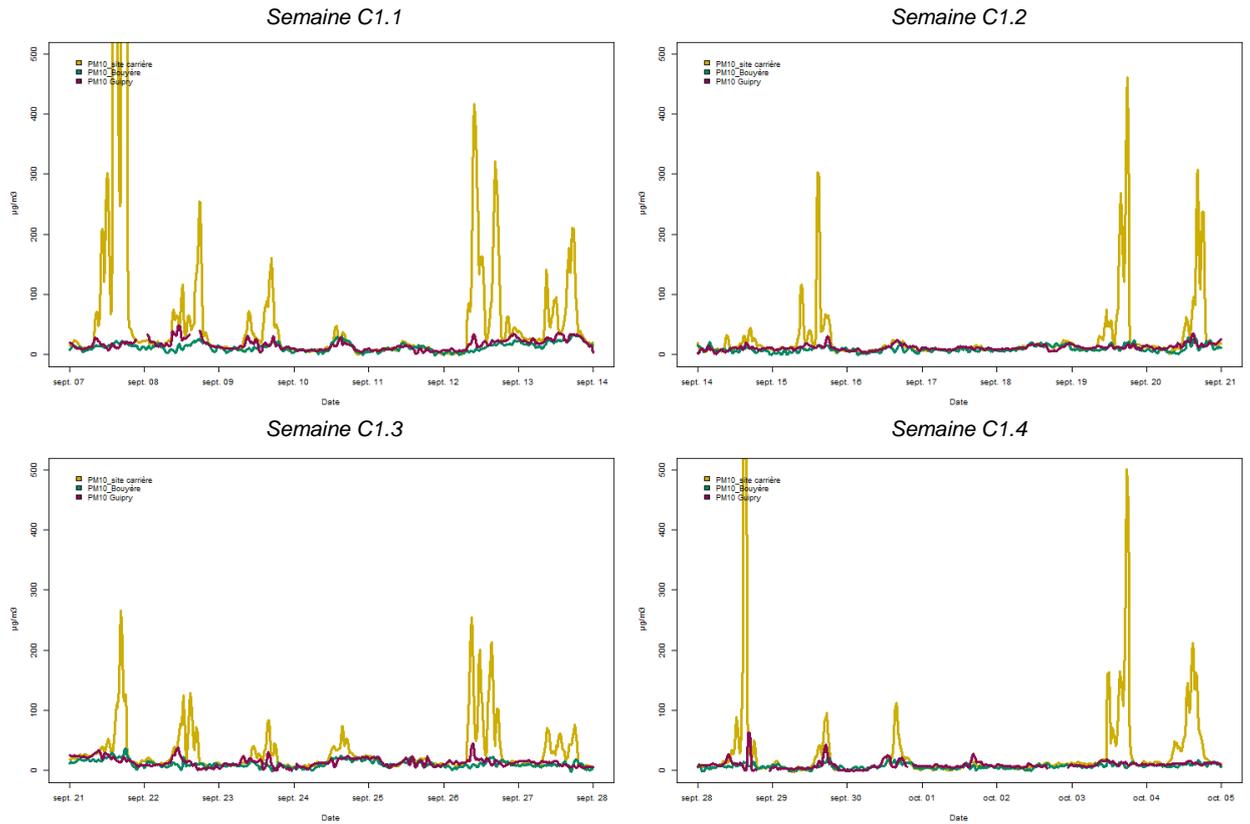


Figure 34 : Données 1/4h en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 1 ESTIVALE

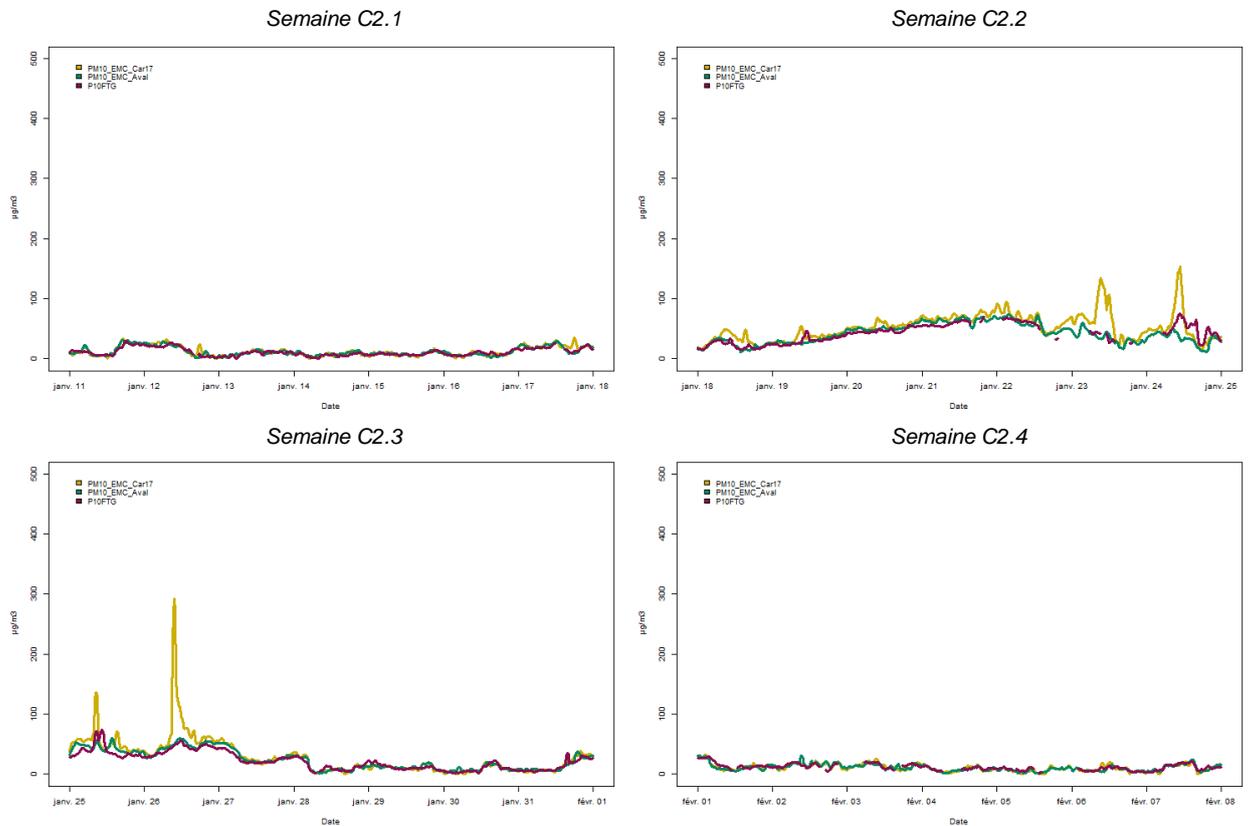


Figure 35 : Données 1/4h en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 2 HIVERNALE

EMC-car17 = Carrière
EMC-Aval = Bouyère
FTG = Guipry

Les observations suivantes sont réalisées à partir de ces graphiques :

- Les mesures PM10 sur le site de la carrière :

Les concentrations en PM10 mesurées sur le site de la carrière se distinguent nettement des autres résultats.

Cette différence est très marquée lors de la campagne estivale pour laquelle on observe un ou plusieurs pics pour chaque jour d'exploitation en semaine.

Ces pics présentent des amplitudes variables ; ils atteignent des niveaux très élevés au regard des valeurs habituellement mesurées dans l'environnement. La valeur maximale atteint $3\,400\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ le 7/09/16, en début de campagne 1. L'ampleur de ces pics est très liée au positionnement retenu pour ce point au sein de la carrière, du fait de sa proximité aux installations de traitement mais également aux voies de circulation.

Durant la campagne hivernale, en raison des précipitations récurrentes en semaine 2.1 et 2.4 (cf. figure 23), on note une absence de pic significatif de concentrations sur le site de la carrière. Les niveaux semblent proches des autres sites (site proche carrière et site témoin).

Pour la semaine 2.2, on constate nettement l'influence de l'épisode de pollution régionale qui a contribué à élever les niveaux de fond en PM10 sur les trois sites de mesures. Des pics sont observés sur la carrière durant cette semaine mais d'amplitude faible au regard de ceux de la campagne estivale.

Enfin la semaine 2.3 présente des pics de plus fortes amplitudes en début de période puis des valeurs proches des sites hors carrière par la suite du fait de précipitations (cf. figure 23).

La figure ci-après permet de comparer l'évolution des mesures sur le site carrière entre les deux campagnes.

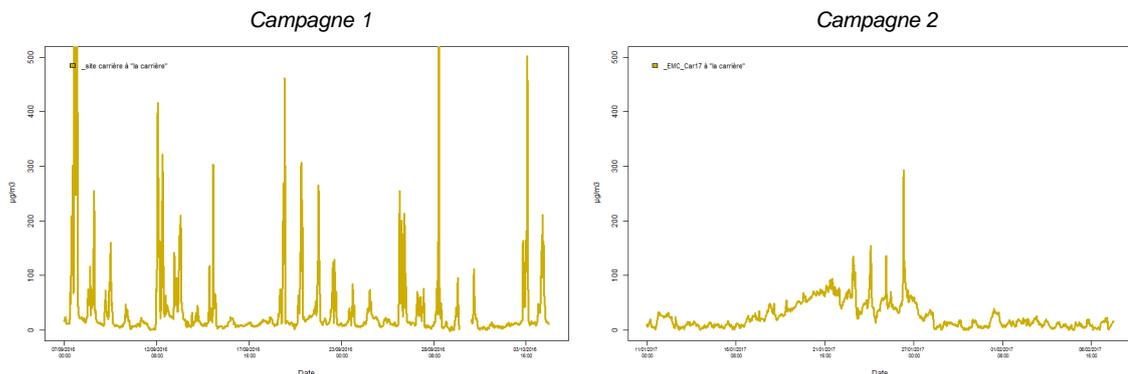


Figure 36 : Evolution des données 1/4h en PM10 sur le site de la carrière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant les 2 campagnes

On observe via ces évolutions qu'en période estivale sèche (campagne 1), les pics de concentrations sont récurrents (1 ou plusieurs pics par jour d'exploitation) et d'amplitudes élevées (pic journalier $\geq 300\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ atteignant fréquemment $500\ \mu\text{g}/\text{m}^3$).

En hiver, en période de précipitations comme en début et fin de la campagne 2, les pics sont très peu significatifs ($<30\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) comparativement à ceux de la campagne estivale. Toutefois, l'absence de précipitations sur plusieurs jours, comme lors des conditions anticycloniques rencontrées à mi-campagne, peut occasionner à cette période, des envols de poussières à l'origine de pics journaliers atteignant 200 à $300\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit proche des pics estivaux.

- Les mesures PM10 hors site – Bouyère :

L'échelle retenue précédemment pour la comparaison des sites ne permet pas de comparer finement les deux sites hors carrière entre eux. Toutefois, il se dégage des graphiques précédents des niveaux bien inférieurs à ceux mesurés sur la carrière et proches entre les deux sites malgré la proximité du point Bouyère par rapport à la carrière. Cette observation est valable pour les deux campagnes de mesures.

Une comparaison de ces deux sites est réalisée par la suite à l'aide des moyennes journalières.

b) Analyse statistiques des données quart horaires

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 quart-horaires ont été retenues pour cette analyse.

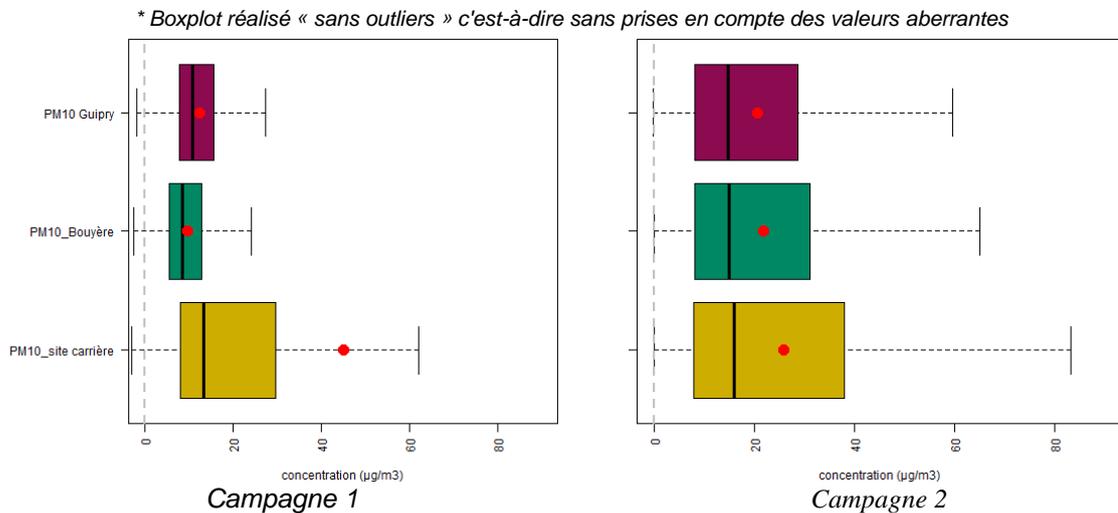


Figure 37 : Distribution statistique des données PM10 des deux campagnes de mesures (données 1/4h en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Dans ce type de représentation, la comparaison des valeurs de la médiane et de la moyenne est intéressante car un écart important s'explique par des valeurs ponctuellement élevées qui tendent à augmenter la valeur de la moyenne contrairement à la médiane.

Pour le site carrière durant la campagne 1, la distribution des valeurs diffère nettement de celles des deux autres points. De même, pour ce site, la moyenne est bien supérieure à la médiane du fait de l'influence des valeurs ponctuellement très élevées en période de pic.

Cette remarque est moins marquée sur la campagne 2 en raison de pics moins élevés et moins fréquents. La moyenne du site carrière est toutefois légèrement plus élevée que celles des autres sites ce qui pourrait s'expliquer par la présence de pics ponctuelles. Les médianes des trois sites sont par contre identiques.

Pour les deux autres sites, les distributions statistiques sont assez proches entre elles pour chacune des campagnes. Pour la campagne 1, la médiane du site Bouyère ($8.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est même inférieure à celle de Guipry ($10.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En campagne 2 elles sont identiques.

Les distributions des données entre les campagnes sont différentes en raison de l'épisode de pollution lors de la campagne 2 qui a influencé les mesures sur les 3 sites.

En analyse globale sur la campagne, ces distributions confirment la présence de pics importants sur le site carrière, et semblent dégager une absence d'impact de la carrière sur le site Bouyère qui présente une distribution identique à celle de Guipry, considéré comme témoin.

c) Evolution des concentrations journalières

Cette partie vise à présenter les concentrations journalières mesurées au regard de la valeur limite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ imposée par la directive 2008/50/CE⁴, laquelle ne doit pas être dépassée plus de 35 fois par an dans l'air ambiant extérieur.

Cette réglementation est définie pour des mesures en air ambiant, c'est-à-dire « l'air extérieur à l'exclusion des lieux de travail tels que définis par la directive 89/654/CEE, auxquels s'appliquent les dispositions en matière de santé et de sécurité au travail et auxquels le public n'a normalement pas accès ». Elle ne s'applique donc pas aux mesures au sein de la carrière.

Pour cette raison, deux graphiques sont proposés par campagne ci-après. L'un comparant les données journalières des sites carrière, Bouyère et Guipry et l'autre présentant les résultats des points hors site Bouyère et Guipry comparés au seuil limite journalier de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Notons que les échelles des graphiques sont différentes en raison des niveaux différents mesurés en carrière et hors carrière.

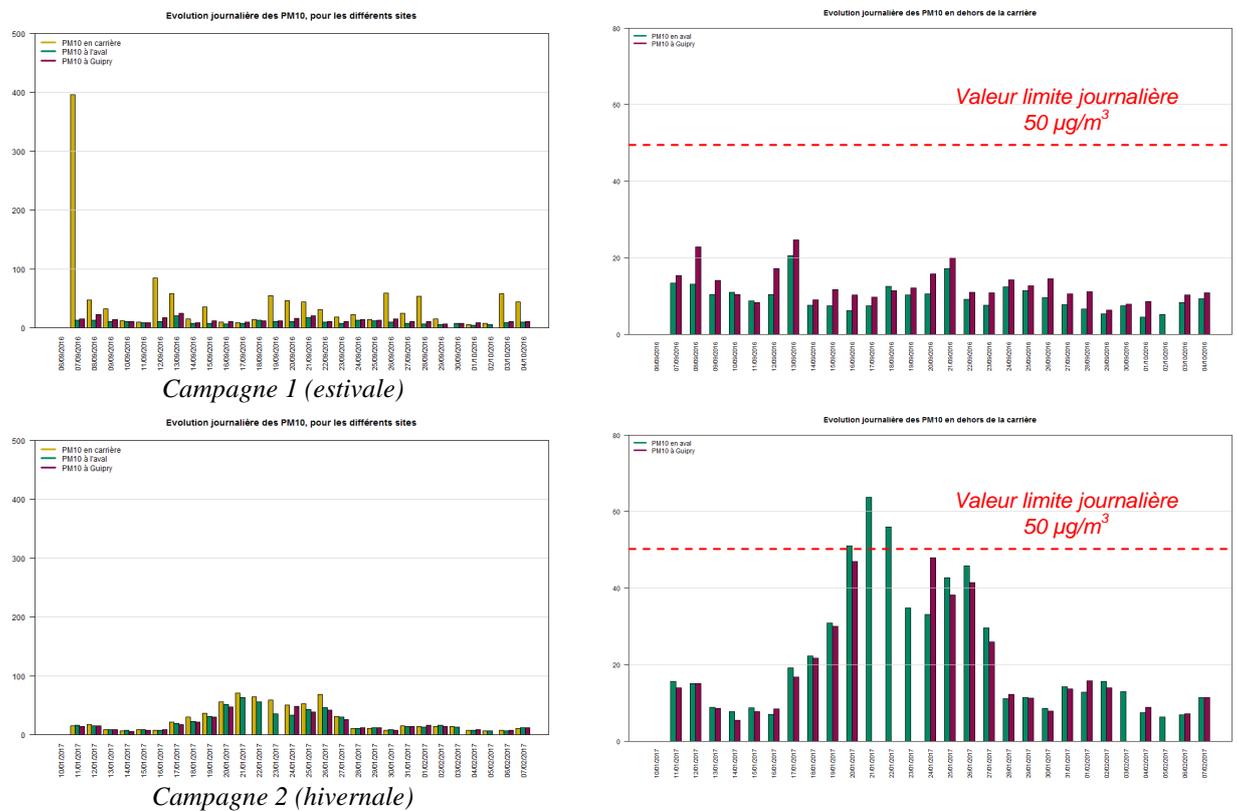


Figure 38 : Evolution des moyennes journalières par site lors des deux campagnes de mesures

- Les mesures PM10 sur le site de la carrière :

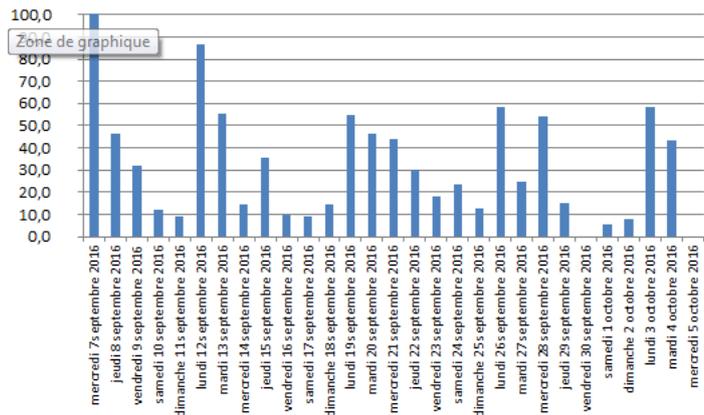
Les graphiques présentant les moyennes journalières des trois sites de mesures (partie gauche ci-dessus) mettent en évidence des moyennes journalières élevées sur le site de la carrière comparativement aux autres sites, essentiellement sur la campagne 1 estivale.

La concentration moyenne journalière sur cette campagne 1 est de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ masquant toutefois de grandes amplitudes puisque la valeur maximale journalière atteint près de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme illustré sur le graphique ci-après qui présente les moyennes journalières du site carrière seul pendant la campagne 1.

⁴ Transcrite dans le code de l'environnement – article R221-1

On observe sur ce graphique des différences importantes entre les moyennes journalières en semaine lors de l'exploitation de la carrière (moyenne de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) par rapport aux moyennes journalières observées le week-end (moyenne de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figure 39 (ci-contre) : Evolution des moyennes journalières en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur la carrière durant la campagne 1



Revenons sur la figure 38 de la page précédente. On observe que les différences entre les moyennes journalières du site de la carrière et les deux autres sites durant la campagne 2 sont faibles durant la 1^{ère} et dernière semaine de la campagne, du fait des précipitations récurrentes. Une différence de l'ordre de 10% est observée sur ces semaines alors que cette différence atteint 40% en milieu de campagne en période anticyclonique. Ce point se justifie par une hausse plus importante des niveaux mesurés sur le site de la carrière malgré l'élévation des niveaux de fond observés sur les deux sites du fait de l'épisode de pollution régionale.

- Les mesures PM10 hors site – Bouyère :

Durant la campagne 1, malgré des concentrations importantes observées sur la carrière, les mesures sur le point Bouyère restent inférieures au seuil réglementaire journalier de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La moyenne journalière maximale est de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pendant la campagne 2, au même titre que le site rural de Guipry, le point de mesure Bouyère présente des dépassements du seuil réglementaire de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Notons toutefois que durant cette période, les différences entre les moyennes journalières des deux sites Bouyère et Guipry sont semblables en début et fin de période alors qu'elles sont plus importantes en milieu de campagne toujours durant la période anticyclonique.

En synthèse de cette présentation des moyennes journalières par site et pour les deux campagnes, on observe :

- **Sur site carrière : des différences d'un facteur 5 entre les moyennes journalières en période d'activité et le week-end lors de la campagne estivale.**
- **Hors site, que les mesures sur le site Bouyère, proche de la carrière, restent toujours en dessous du seuil réglementaire (malgré des valeurs ponctuellement élevées mesurées sur site notamment en campagne 1), exceptée toutefois en période d'épisode de pollution régionale au même titre que les autres stations du réseau régional.**

d) Estimation des valeurs moyennes annuelles

La directive 2008/50/CE⁵ 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.

Malgré le fait que celle-ci se soit déroulée sur deux années civiles distinctes, les moyennes sur les deux périodes sont calculées ci-après et comparées à la valeur limite réglementaire pour le site hors carrière Bouyère et le site rural national de Guipry.

⁵ Transcrite dans le code de l'environnement – article R221-1

Tableau 7 : Estimation des moyennes annuelles et comparaison à la valeur limite réglementaire

PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne campagne 1	Moyenne campagne 2	Moyenne annuelle estimée	Valeur limite réglementaire
Carrière	47,1	25,2	36,1	X
Bouyère (aval)	9,7	21,4	15,6	40
Guipry - site rural national (témoin)	12,3	20,9	16,6	

La moyenne annuelle estimée sur la base des deux mois de mesures sur le site Bouyère respecte largement la valeur limite imposée et est légèrement inférieure à la moyenne calculée sur la même période pour le site rural national de Guipry (hors influence des installations).

Cette comparaison permet de confirmer qu'en moyenne sur les deux campagnes de mesures, le site proche de la carrière Bouyère ne semble pas influencé par les activités de celle-ci.

e) Synthèse PM10

En synthèse de cette partie descriptive relative aux particules PM10, les mesures sur l'emprise de la carrière à proximité immédiate des installations témoignent d'un impact fort de l'activité sur les niveaux enregistrés. Les pics sont récurrents (à chaque jour d'activité) et d'amplitudes fortes.

Une différence d'un facteur 5 a été constatée en campagne 1 entre les moyennes journalières en semaine et celles du week-end. Hors période d'exploitation, les niveaux journaliers sur la carrière se rapprochent de ceux observés hors site même restent toute de même 30% supérieurs à ces derniers ce qui s'explique par les ré-envols.

Quant à l'origine des pics de concentrations sur la carrière, une analyse détaillée de quelques-uns d'entre eux sera réalisée dans la suite du rapport.

En dehors de la carrière, les mesures réalisées sur le site Bouyère (500 mètres des limites de la carrière) ne semblent pas influencées par l'activité par comparaison aux niveaux mesurés sur le site témoin Guipry. Ce point doit toutefois être modéré du fait des faibles taux d'exposition du point de mesures aux envols du site pendant les deux campagnes ($\leq 5\%$ des périodes).

Les valeurs limites réglementaires ont également été respectées excepté pendant l'épisode de pollution régionale.

VI.4.2 Les particules fines PM2.5

Au même titre que pour les PM10, les PM2.5 ont été mesurées via des équipements réglementaires sur les sites carrière et Bouyère (campagnes 1 et 2) et avec un appareil de mesure non réglementaire sur le site Chêne sec durant la campagne 1 (absence de mesure en campagne 2).

La comparaison des niveaux mesurés sur les trois sites n'est pas réalisée pour cette raison mais l'approche par les ratios permettra de compléter cette analyse.

a) Evolution des données quart-horaires

Les graphiques de la page suivante présentent les données quart-horaires pour chaque semaine au sein des campagnes et pour les deux sites de mesures (la carrière, Bouyère) comparées au site de Guipry (témoin).

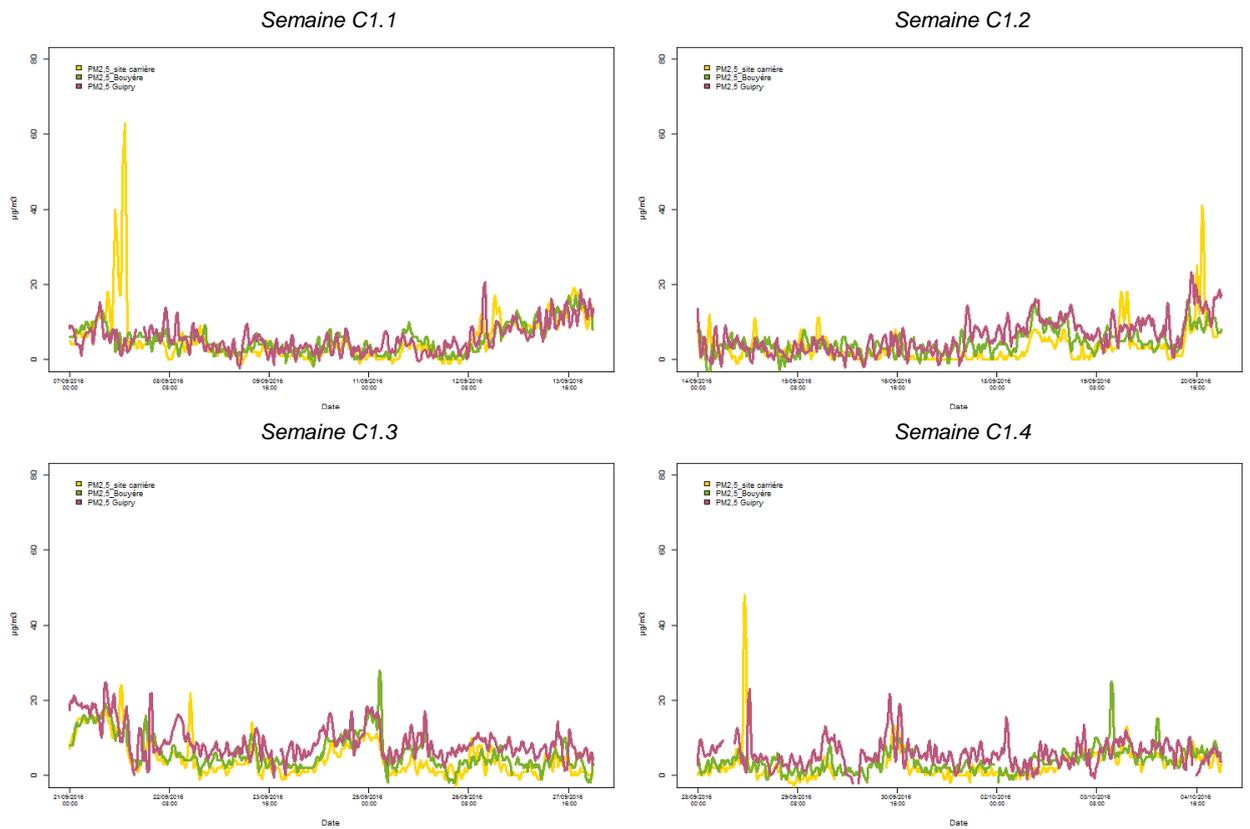


Figure 40 : Données 1/4h en PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 1 ESTIVALE

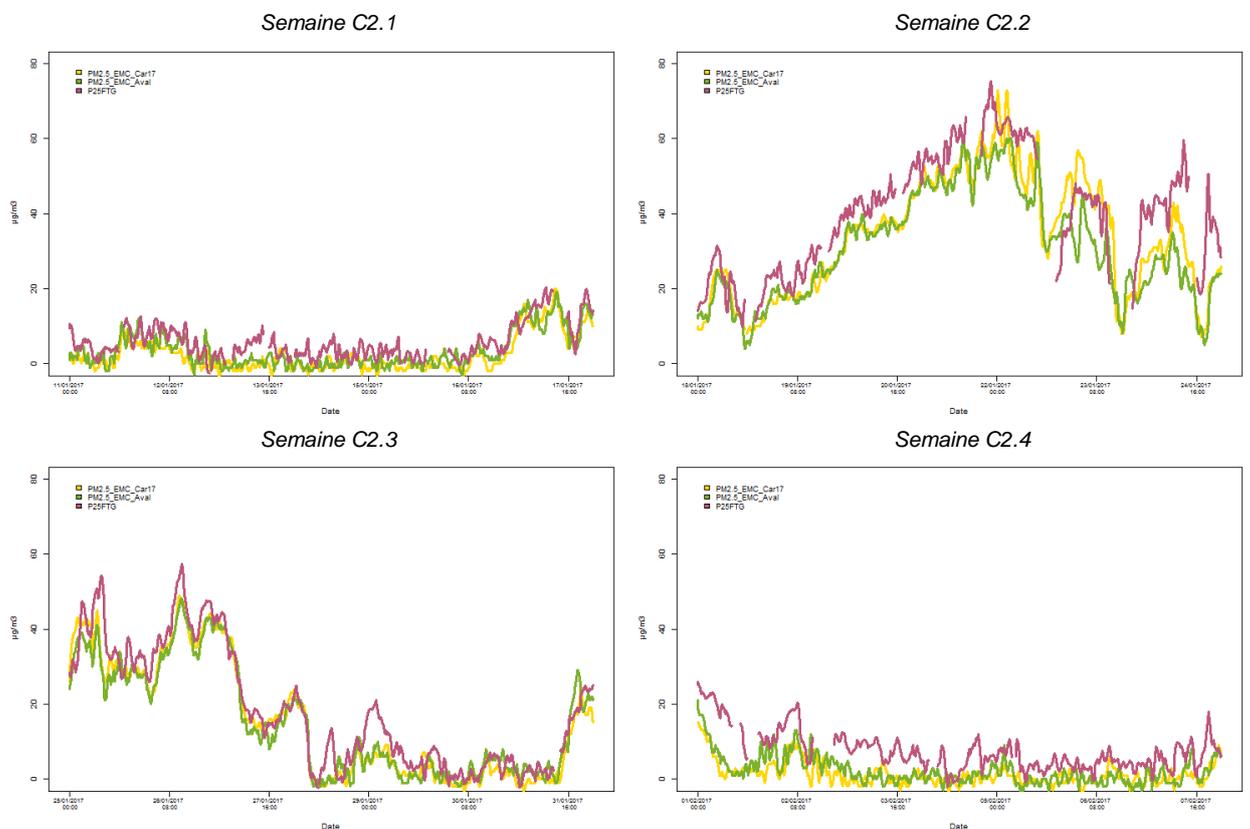


Figure 41 : Données 1/4h en PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durant la campagne 2 HIVERNALE

Durant la campagne estivale et la majorité de la campagne hivernale, les résultats sont proches sur les trois sites de mesures. Le site de Guipry présente même des niveaux souvent supérieurs à ceux des deux autres sites.

Des pics ponctuels sont toutefois visibles lors de la campagne estivale pour les sites carrière (le 7/09 par exemple) et Bouyère (le 25/09 et le 03/10).

Pour la campagne 2 hivernale, l'influence de l'épisode de pollution régionale est très marquée contribuant à une élévation du niveau de fond.

Contrairement à ce qui a été observé en campagne 1, les sites de mesure carrières et Bouyère ne présentent pas de pics ponctuels (en dehors de ceux mesurés à Guipry) qui pourraient être liés à l'activité de la carrière.

Les PM2.5 sont produites majoritairement par les processus de combustion dont le résidentiel tertiaire et l'agriculture représentent 72% des émissions régionales. Les pics observés durant la campagne 1 pourraient correspondre à une ou des source(s) de combustion. Ce point sera vérifié par analyse des ratios PM10/PM2.5 dans la suite du rapport.

En préalable, les graphiques ci-après présentent les évolutions des données quart-horaires sur le site de la carrière pour mettre en évidence la fréquence et l'ampleur des pics observés.

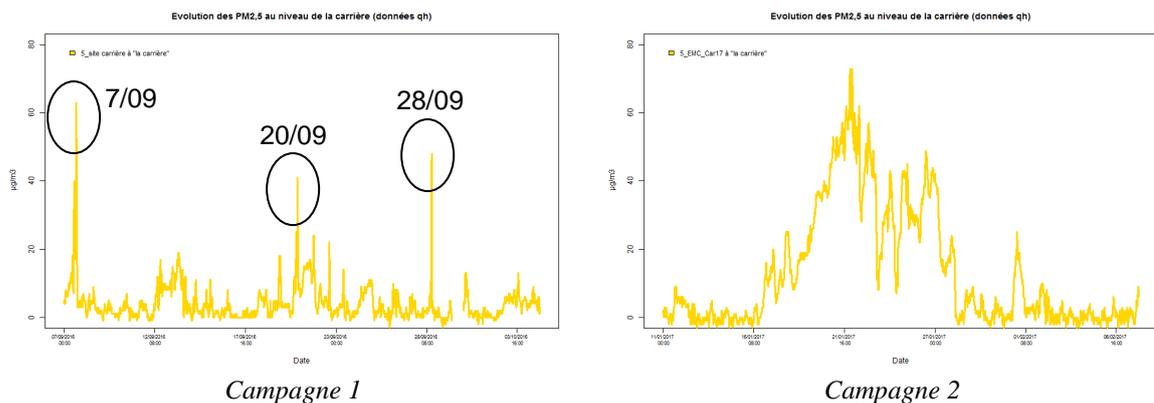


Figure 42 : Evolution des données PM2.5 quart-horaires (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur le site carrière

Sur le site de la carrière, les pics en campagne 1 estivale sont récurrents (journaliers) mais d'amplitudes faibles ($<20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Trois d'entre eux présentent toutefois des amplitudes plus élevées à savoir le 7/09 ($63 \mu\text{g}/\text{m}^3$), le 20/09 ($41 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et le 28/09 ($39 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

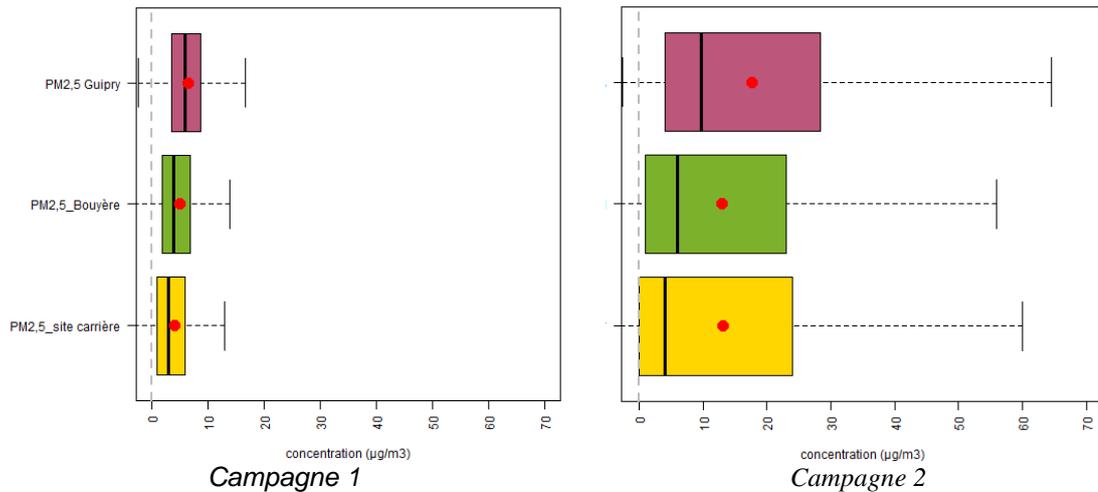
Durant la campagne hivernale, en dehors de l'influence liée à l'épisode de pollution régionale contribuant à l'élévation du niveau de fond (augmentation des particules produites par le chauffage), 1 pic est observé le 31/01 d'amplitude modérée ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) au regard du niveau de fond. Toutefois ce pic a également été observé à Guipry ce qui permet d'écarter l'influence de la carrière.

L'origine de ces pics en campagne 1 fera l'objet d'une analyse détaillée dans le cadre du chapitre VI.5.

b) Analyse statistiques des données quart-horaires

Les données de mesures PM2.5 sont présentées ci-après sous forme de 'boxplot' permettant d'illustrer la distribution statistique des jeux de données.

Les données brutes quart-horaires ont été retenues pour cette analyse. De même que pour les PM10, ces graphiques ont été réalisés sans les valeurs aberrantes.



	Campagne 1			Campagne 2		
	Guipry	Bouyère	Carrière	Guipry	Bouyère	Carrière
1 ^{er} quartile	3.3	3	1	4,4	1	0
Médiane	5.6	4	3	10,5	6	4
Moyenne	6.2	4.9	4	17,6	12,5	12,7
3 ^{ème} quartile	8.3	6	5	29	21	23,7
Maximum	24.8	28	63	75,3	60	73

Figure 43 : Distribution statistique des données PM2.5 des deux campagnes de mesures (données ¼h en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

A l'image des PM10, les distributions statistiques des données entre les deux campagnes sont différentes du fait de l'épisode de pollution.

Lors des deux campagnes, les médianes des données sur la carrière et à proximité (Bouyère) sont inférieures à celle du site témoin de Guipry. Les différences entre les médianes et moyennes pour chacun des sites et pour chaque campagne, sont également identiques ce qui montre l'absence de pic additionnels sur la carrière pour ce paramètre.

L'influence de la carrière sur le site à proximité est donc non significative pour ce paramètre.

c) Evolution des concentrations journalières

Il n'existe pas à ce jour de valeur limite ou seuil d'information/alerte pour un pas de temps journalier pour les PM2.5. L'évolution des moyennes journalières n'est donc pas étudiée pour ce paramètre.

d) Estimation des valeurs moyennes annuelles

Les particules PM2.5 disposent d'une valeur limite annuelle de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prescrite dans la Directive 2008/50/CE⁶ à respecter en moyenne annuelle.

De la même manière que pour les particules PM10, nous avons estimé une moyenne annuelle à partir des deux campagnes de mesures. Seules les mesures des points Bouyère et Guipry (hors carrière) sont comparées à la valeur limite.

⁶ Transcrite dans le code de l'environnement – article R221-1

Tableau 8 : Estimation des moyennes annuelles et comparaison à la valeur limite réglementaire

PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne campagne 1	Moyenne campagne 2	Moyenne annuelle estimée	Valeur limite réglementaire
Carrière	4,0	12,7	8,4	X
Bouyère (aval)	4,9	12,5	8,7	25
Guipry - site rural national (témoin)	6,2	17,6	11,9	

Les moyennes annuelles estimées sur les points hors emprise de la carrière sont bien inférieures à la valeur limite réglementaire.

Le point carrière présente une moyenne annuelle estimée proche de celle du site de Bouyère et inférieure de celle du site témoin de Guipry.

En synthèse de cette analyse pour les PM2.5, nous concluons sur le fait que l'activité de la carrière ne semble pas affecter les niveaux de ce paramètre. Les résultats sur le site et à proximité étant très proches.

Quelques pics d'amplitudes modérées ont été observés sur la carrière pendant la campagne 1. Une analyse détaillée sera réalisée dans la suite du rapport pour tenter d'en déterminer l'origine.

VI.4.3 Comparaison des mesures PM10/PM2.5

En préalable de l'approche par les ratios qui sera développée dans le chapitre suivant, les figures de la page suivante présentent la comparaison des niveaux de PM10 et PM2.5 mesurés par site et lors des deux campagnes de mesures.

L'objectif de cette présentation n'est pas de comparer les niveaux entre les sites mais plutôt d'étudier le delta entre les mesures PM10 et PM2.5 par site et leur évolution durant les campagnes.

Dans le cadre de cette analyse, les mesures du site amont peuvent être utilisées puisque les niveaux de particules PM10 et PM2.5 sur ce site ont été mesurés avec le même dispositif.

En première approche, on observe que les profils journaliers PM10 et PM2.5 sont assez proches sur chaque site et pour les deux campagnes. Une exception toutefois pour le site carrière durant la campagne 1 qui présente des décrochements réguliers de la courbe PM10 par rapport à celle des PM2.5. Ce point met en évidence des apports ponctuels plus importants en PM10 par rapport au PM2.5 durant l'activité sur la carrière ce qui confirme les analyses des chapitres précédents. Lors de la campagne 2, les profils PM2.5 et PM10 sont assez proches.

Le point amont durant la campagne 1 présente des profils proches. De légers décrochages sont toutefois observés ponctuellement le 12/09, le 19/09 qui pourraient être à l'origine d'un apport en PM10. Notons que pour ces journées, des pics importants de PM10 ont été mesurés sur la carrière. Des vents en direction du site amont lors de cette journée pourraient expliquer ce décalage. Une analyse détaillée sera réalisée dans la suite du rapport.

Pour le site aval, les profils sont très proches durant les 2 campagnes.

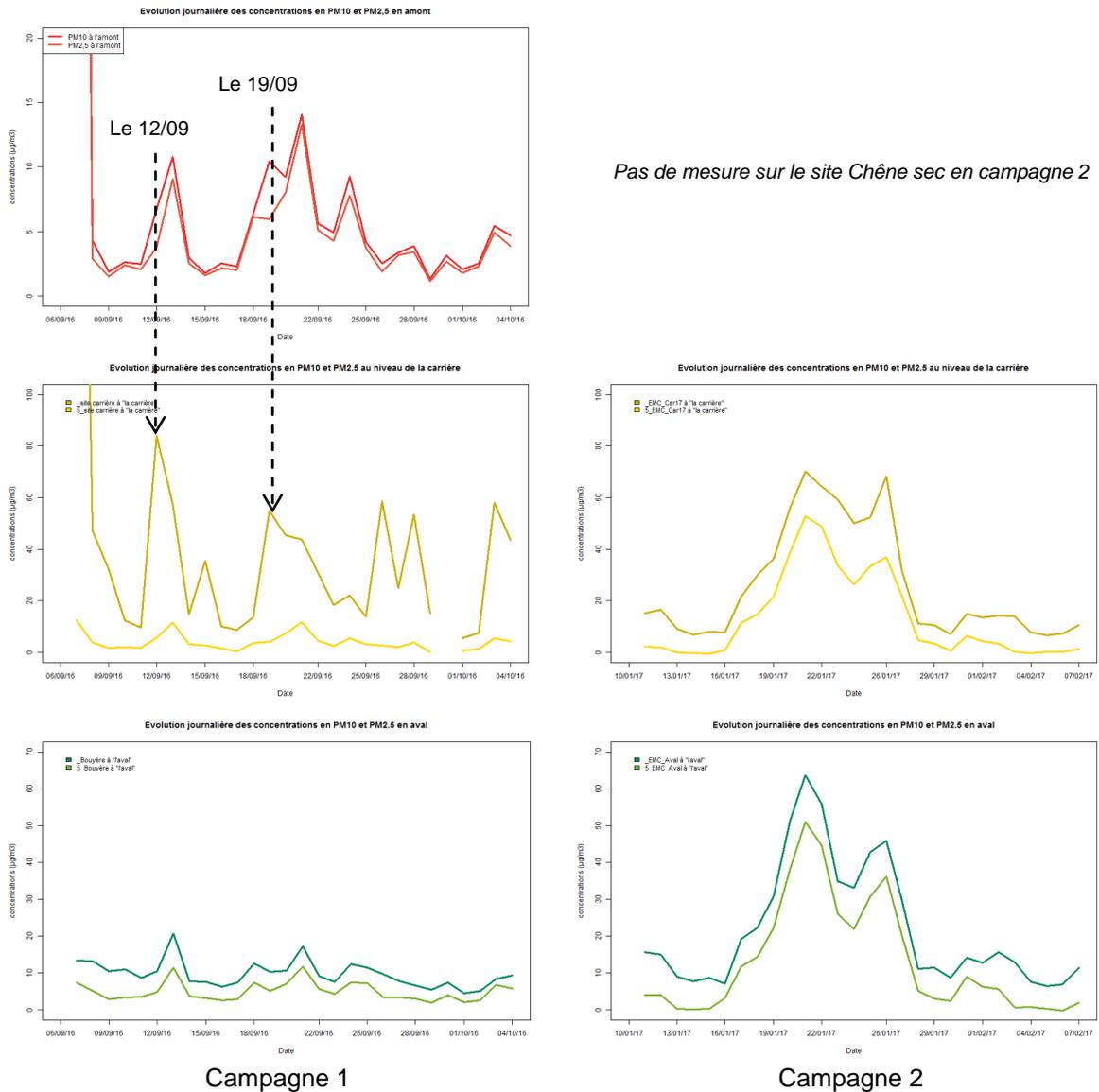


Figure 44 : Evolution des mesures PM10 et PM2.5 par site de mesures durant les deux campagnes (en moyennes journalières- $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

VI.4.4 Analyse des ratios PM2.5/PM10

Le calcul du ratio des niveaux de PM2.5 sur PM10 permet de s'affranchir des différences liées aux méthodes de mesures entre les sites et donc d'être en mesure de les comparer entre eux.

Les résultats des ratios doivent être interprétés en tenant compte des analyses précédentes à savoir que les particules PM10 constituent le principal paramètre traceur de l'activité de la carrière contrairement aux particules PM2.5.

Le tableau suivant présente les ratios moyens calculés sur chaque campagne et pour chacun des sites.

Tableau 9 : ratios PM2.5/PM10 moyens par campagne et par site

	Moyenne campagne 1	Moyenne campagne 2
Guipry - site rural national (témoin)	0,73	0,68
Chêne sec (amont)	0,85	X
Carrière	0,17	0,25
Bouyère (aval)	0,51	0,38

Pour le site rural de Guipry, les ratios moyens sur chaque campagne sont de l'ordre de 0,7. Cela signifie sur les deux périodes, que les particules PM2.5 représentent 70% en moyenne des particules PM10.

Pour les 3 autres sites, les répartitions sont différentes.

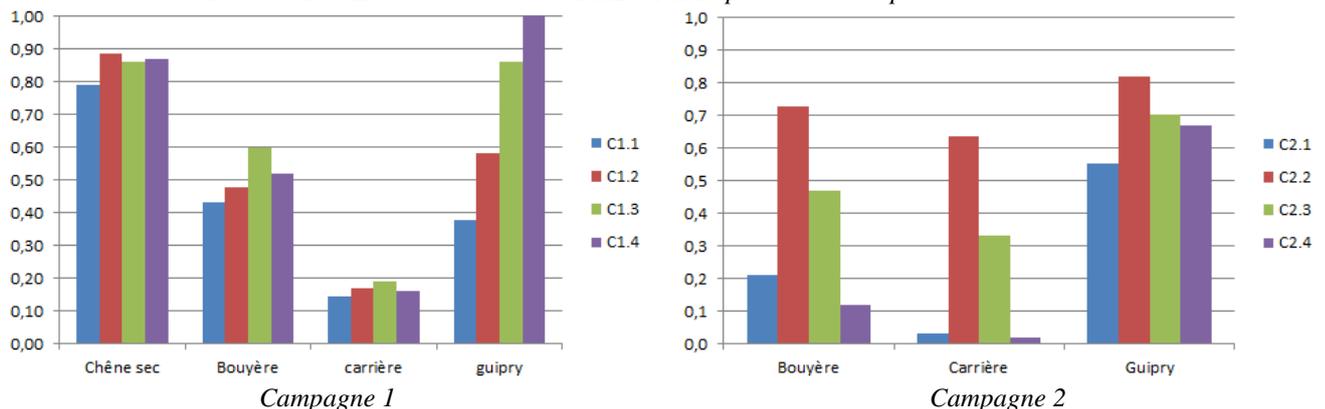
Pour le site amont, le ratio est légèrement plus élevé que sur le site témoin (ce qui pourrait être lié à la méthode de mesure).

Pour le site carrière, le ratio est significativement plus faible puisque les PM2.5 représentent en moyenne seulement 20% des PM10 du à un apport important en PM10.

Pour le site Bouyère, les ratios sont différents sur les deux campagnes et intermédiaires entre le site amont et le site carrière.

Ces moyennes masquent toutefois des disparités importantes entre les semaines notamment sur le site de Guipry. Les graphiques ci-après présentent les ratios moyens par semaine pour les sites de mesures.

Tableau 10 : Evolution des ratios PM2.5/PM10 par semaine et pour chacun des sites



Durant la **campagne 1**, les ratios sont assez stables sur les sites Chêne sec, Bouyère et carrière contrairement au site de Guipry qui présente des ratios moyens compris entre 0.4 et 1. Cela permet ainsi de constater qu'en dehors de l'influence d'une source prédominante comme c'est le cas sur le site de Guipry, le ratio PM2.5/PM10 peut varier considérablement.

Sur les semaines C1.1 et C1.2, les ratios des sites Bouyère et Guipry sont proches contrairement aux deux dernières semaines (C1.3 et C1.4) pour lesquels les ratios mesurés sur le site Bouyère sont bien inférieurs à ceux de Guipry ce qui pourrait témoigner d'un apport plus important en PM10. Cette observation coïncide avec les données météorologiques puisque le site Bouyère a été

préférentiellement sous les vents de la carrière durant ces deux semaines comparativement aux au reste de la période (cf. figure 28).

Le site amont présente des ratios élevés stables durant la campagne.

Durant la campagne 2, les semaines 2.2 et 2.3 présentent des ratios plus élevés pour chacun des sites du fait de l'épisode de pollution régionale (apport en PM_{2.5}).

Pour les sites carrières et Bouyère, les ratios sont exceptionnellement faibles en semaines C2.1 et C2.4.

Une réserve peut toutefois être apportée en raison des faibles teneurs mesurées et des incertitudes importantes à ces niveaux.

Les graphiques suivants présentent l'évolution journalière des ratios PM_{2.5}/PM₁₀ pour chacune des campagnes.

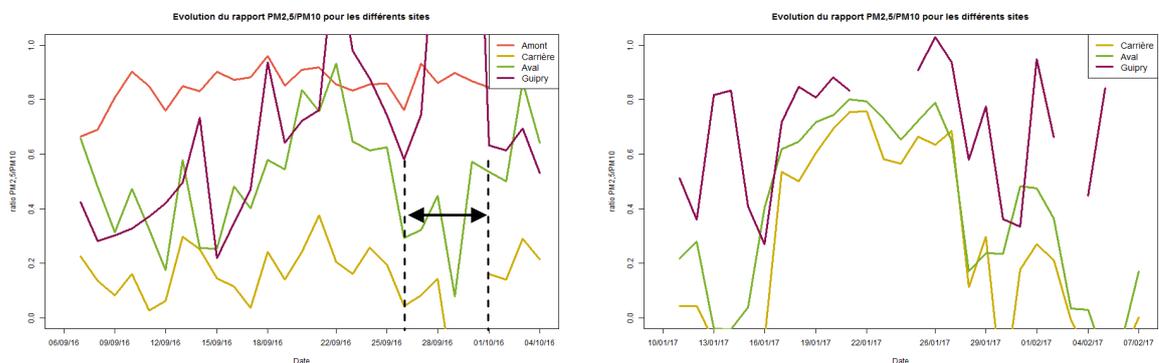


Figure 45 : Evolution des ratios PM_{2.5}/PM₁₀ par site et pour les deux campagnes

Les variations de ces ratios sont importantes même pour le site de Guipry hors influence de la carrière.

Pour la campagne 1 sur la carrière, cela permet de confirmer l'influence des apports en PM₁₀ qui se traduit par un ratio faible qui oscille entre 0,1 et 0,4 (soit 10% à 40% des PM_{2.5} au sein des PM₁₀).

Le site Bouyère (aval) présente des amplitudes de variation des ratios plus importantes qui suivent globalement celles du site de Guipry bien que toujours inférieures. Un décalage entre les profils des ratios de Guipry et Bouyère est toutefois observé du 26/09 au 01/10 (semaines C1.3 et C1.4 – observation confirme celle de la page précédente). Le profil du site de Bouyère marque alors une baisse contrairement à celui de Guipry et simultanée à celle observée sur le site en carrière. L'exposition du site Bouyère aux envois de particules sur le site de la carrière pourrait être l'une des explications.

Pour la campagne 2, les profils des deux sites de la zone d'étude (carrières et Bouyère) suivent globalement la même tendance. Un décrochage de ces deux profils avec celui de Guipry, considéré comme témoin, est observé en début de campagne (du 13 au 15/01) qui est lié à des teneurs insignifiantes mesurées en PM_{2.5}. Ce décrochement n'est pas retenu.

L'analyse des ratios PM_{2.5}/PM₁₀ permet de mettre en évidence un ratio caractéristique sur le site carrière (de l'ordre de 0.2) qui varie peu entre les semaines et les saisons 'excepté durant l'épisode de pollution (du fait d'apport en PM_{2.5}).

Le site Chêne sec ne semble pas influencé par des apports en PM₁₀ venant du site.

Le site Bouyère marque un profil intermédiaire entre Guipry et la carrière avec un ratio assez stables qui peut être ponctuellement abaissé par un apport en PM₁₀ comme lors des semaines C1.3 et C1.4 ce qui mérite d'être analysé en fonction des données météorologiques.

Les figures ci-après présentent en complément l'évolution des ratios en fonction des concentrations en PM10. L'objectif est ici d'identifier la valeur du ratio pour les plus fortes concentrations en PM10.

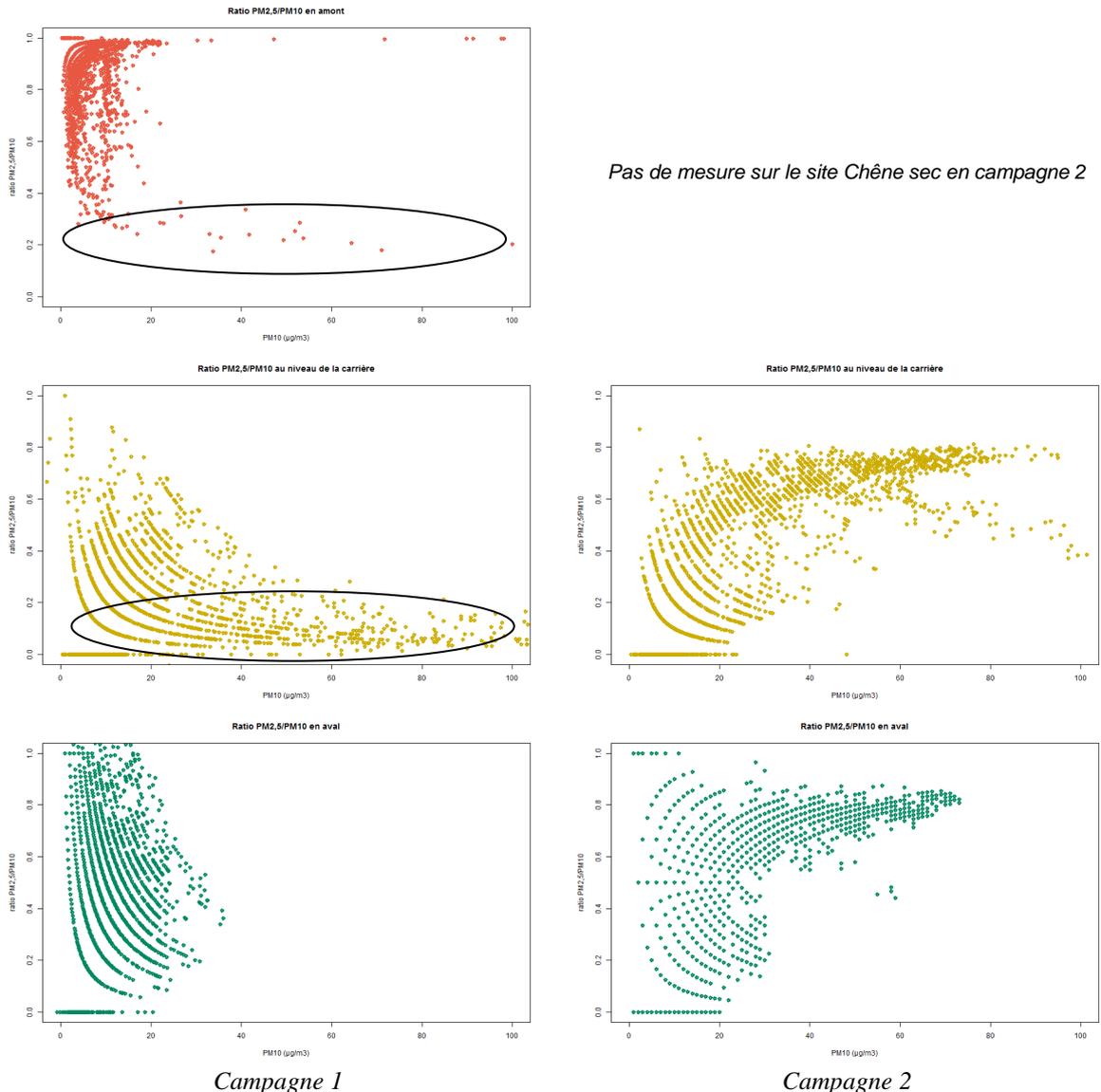


Figure 46 : ratio PM2.5/PM10 en fonction des PM10 pour les deux campagnes de mesures

On observe pour le site carrière lors de la campagne 1 que le ratio se rapproche de zéro lorsque les concentrations en PM10 augmentent. La représentation est très caractéristique ce qui est moins vrai en campagne hivernale pour laquelle les valeurs fortes en PM10 sont accompagnées par des valeurs également élevées en PM2.5 (épisode de pollution) donnant un ratio plus important.

Hors site, les ratios du point amont sont majoritairement élevés excepté toutefois pour quelques épisodes ou des ratios faibles sont associés à des mesures PM10 plus élevées.

Pour le site aval, la représentation est intermédiaire en campagne 1. Les ratios les plus faibles sont associés aux concentrations les plus fortes en PM10.

En conclusion de ce chapitre relatif à l'analyse des ratios PM2.5/PM10, on distingue que le site carrière présente un ratio faible comparé aux autres sites ce qui témoigne d'apports importants en PM10.

Pour le site chêne sec amont, les ratios sont généralement supérieurs à 0,6. Certains ratios sont très rarement faibles ce qui témoignerait d'un impact ponctuel en PM10.

Pour le site Bouyère aval, la représentation est différente. Les ratios sont intermédiaires entre les sites carrière et amont ce qui signifierait un impact PM10 plus fréquent dans des niveaux de concentrations en PM10 qui restent toutefois modérés ($<40\mu\text{g}/\text{m}^3$).

VI.4.5 Origine des particules PM10 : les roses des pollutions

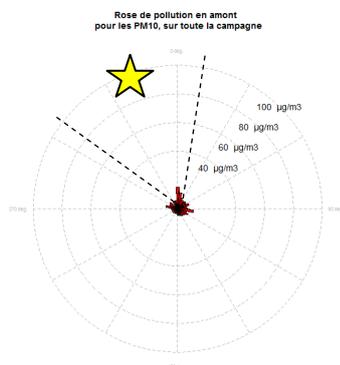
La représentation sous forme de roses de pollution permet d'associer les niveaux de concentrations en PM10 aux conditions météorologiques et ainsi en déterminer l'origine.

Ces roses des pollutions se lisent comme suit :

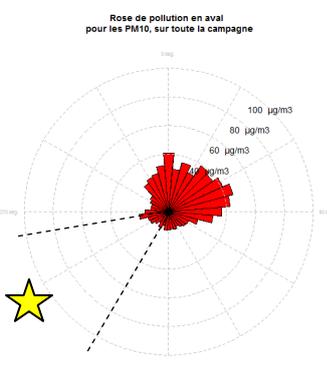
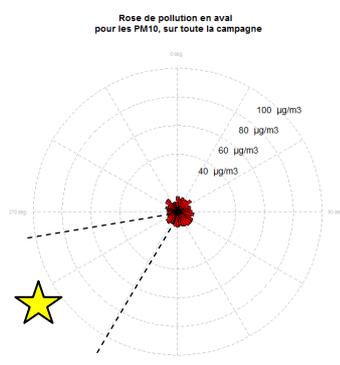
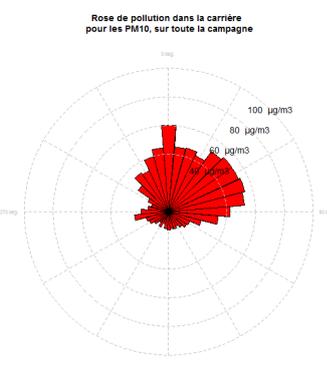
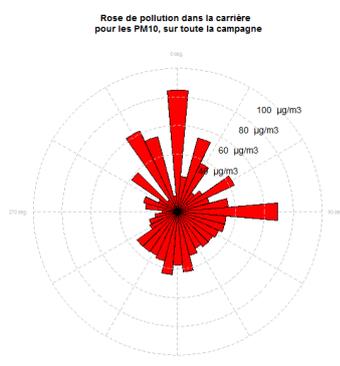
- Chaque pôle correspond à une direction d'où vient le vent ;
- La grandeur de la pôle indique la concentration moyenne dans cette direction ; ainsi plus la longueur de la pôle est importante, plus les concentrations moyennes dans cette direction sont importantes.

Pour les points hors site, l'étoile indique la localisation de la carrière par rapport au point.

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



Pas de mesure sur le site Chêne sec en campagne 2



Campagne 1

Campagne 2

Figure 47 : Rose des pollutions des PM10 durant les 2 campagnes

Pour le site carrière en campagne 1, les concentrations les plus fortes sont mesurées par vent en provenance des secteurs Nord-Est à Nord soit des installations de traitement, ainsi que de l'Est (zone de stockage).

Il s'agit probablement de sources ponctuelles au regard des différences de niveaux observées selon chaque direction pour ces secteurs.

Par ailleurs, on observe par vent de Sud-Ouest à Est des concentrations plus faibles mais plus constantes en fonction des secteurs de vent. Ces concentrations pourraient être liées à des sources diffuses (ré-envols, circulation, ...).

Pour la campagne 2, les concentrations les plus élevées sont mesurées par vents de Nord-Est. Cette rose est très influencée par l'épisode de pollution régionale (par vent de Nord-Est).

En dehors de la carrière, les roses de pollution du site Bouyère sont nettement différentes et ne permettent pas d'identifier des sources d'émissions.

Pour le site amont, par vent de Nord soit en provenance de la carrière, les concentrations sont légèrement supérieures. Toutefois les niveaux moyens dans cette direction restent très faibles (<20µg/m³) et sans doute influencés par un pic ponctuel.

En complément de cette présentation, nous avons superposé la rose des pollutions issue des mesures durant la campagne 1 au niveau du site carrière, à une photographie aérienne afin de visualiser les sources de particules PM10.



Figure 48 : Rose des pollutions des PM10 sur le site carrière durant la campagne 1

Trois sources sont identifiées à proximité du point de mesures :

- Les installations de traitement au Nord,
- La piste reliant les installations de traitement à la zone de stockage des produits finis à l'Ouest,
- Le convoyeur avec la zone de stockage de granulats à l'Est.

Cette représentation sous forme de pollution pour les PM10 permet d'identifier la présence des sources d'émissions pendant la campagne 1 sur le site carrière.

Pour les autres sites et durant les deux campagnes, il n'y a pas de directions préférentielles ce qui justifie le fait que ces derniers n'ont pas été influencés significativement pendant la campagne. Des impacts ponctuels sont possibles mais non identifiables sur ce type de représentation par campagne.

VI.4.6 Les poussières sédimentables

Les retombées atmosphériques, ou poussières sédimentables, ont été mesurées à partir des Jauges Owen installées au sein de la carrière et en dehors de celle-ci, au niveau des sites Bouyère et Chêne sec. La détermination des matières en suspension a ensuite été effectuée par le laboratoire INAESCO. Les échantillons ont ensuite été envoyés pour analyses chimique complémentaire au LSCE.

Les résultats pour les deux campagnes sont présentés dans le tableau ci-après. Pour les mesures hors site, les résultats sont comparés au seuil défini dans l'arrêté du 30/09/16.

Tableau 11 : Niveaux de retombées mesurés sur les sites (en mg/m²/jr)

	Campagne 1	Campagne 2	Seuil réglementaire
Carrière	652,4	242,5	X
Chêne sec (amont)	52,9	6,5	500
Bouyère (aval)	40,0	2,2	

Ces résultats mettent en évidence une variabilité importante des résultats.

Sur le site de la carrière, les niveaux moyens de retombées varient d'un facteur 2.6 entre les deux campagnes.

Hors site, la décroissance est très importante puisque les mesures sur les deux points sont comprises entre 40 et 50 mg/m²/jr en campagne 1 soit moins de 10% de la valeur observée sur site. En campagne hivernale, les niveaux sont quasi insignifiants par rapport à la mesure sur site (<3%).

Les taux d'exposition moyens des points Bouyère et Chêne sec par campagne sont relativement proches (respectivement de 5% et 4% en campagne estivale et 2% et 4% en période hivernale) ce qui ne permet pas d'interpréter les différences des niveaux entre les deux sites et la contribution de la carrière en poussières sédimentables au regard du bruit de fond.

Dans les deux cas, les résultats des mesures en poussières sédimentables hors carrière sont inférieurs à la valeur limite réglementaire imposé par l'arrêté du 26/09/16.

VI.4.7 Synthèse de l'analyse descriptive

Les éléments suivants sont tirés de cette partie descriptive des résultats des mesures :

1) Particules PM10

Ce composé est jugé traceur de l'activité de la carrière. L'enregistrement en continu sur le point de mesure carrière révèle des pics journaliers lors de la période d'activité de la carrière dont certains sont très élevés au regard des valeurs habituellement rencontrées dans l'environnement.

Une différence importante a été mise en évidence entre les valeurs enregistrées en semaine et le week-end (facteur 5). Les concentrations en PM10 le week-end sont légèrement supérieures à celles mesurées hors site du fait des ré-envols.

La représentation sous forme de rose des pollutions a permis de mettre en évidence plusieurs sources majoritaires à savoir les bâtiments de traitement, la voie de circulation proche et le convoyeur et la zone de dépotage de granulats.

En dehors du site, les résultats du site proche (Bouyère), équipé d'un dispositif de suivi réglementaire, sont voisines de celles du site choisi comme référence (Guipry) et bien inférieures au seuil réglementaire (hors épisode de pollution régionale).

2) Particules PM2.5

Les différences des enregistrements sur les points de mesure carrière et Bouyère sont peu significatives sur l'ensemble des deux campagnes ce qui nous permet de conclure sur l'impact négligeable de l'activité de la carrière pour ce paramètre. Quelques pics d'ampleurs modérées ont été observés au niveau des points carrière et Bouyère qui feront l'objet d'une analyse pour en déterminer l'origine.

3) Les ratios PM2.5/PM10

Partant du constat que l'activité exercée génère majoritairement des PM10 par rapport au PM2.5, une analyse complémentaire a été réalisée en interprétant les ratios PM2.5/PM10. Cette analyse par site, permet de comparer les trois sites d'études entre eux puisqu'elle s'affranchie des différences de technique de mesure entre les sites.

On tire de cette analyse une signature très particulière du site carrière avec un ratio très faible de l'ordre de 0.2 comparativement au site de référence de Guipry par exemple qui démontre l'impact fort des émissions de PM10 par rapport au PM2.5.

Hors site, les ratios sont stables et assez élevés sur le site Chêne sec témoignant d'un impact faible des émissions de la carrière.

Pour le site Bouyère, les ratios moyens par campagne sont intermédiaires entre la carrière et le site chêne sec avec des semaines où le ratio s'approche de celui de la carrière.

4) Les particules sédimentables

En l'absence de référentiel, il est difficile de qualifier les niveaux mesurés sur site.

Hors site, une décroissance forte est observée sur les deux sites avec des niveaux représentant 10% des valeurs mesurées sur site en campagne estivale et moins de 5% en campagne hivernale. Ces niveaux mesurés hors site sont bien inférieurs au seuil réglementé.

A l'issue de cette analyse descriptive, bien que les mesures des PM10 soient élevées sur le site, on s'accorde sur le fait qu'en moyenne sur les périodes de mesure, l'impact hors site de l'activité sur son environnement proche est peu significatif.

Toutefois, une réserve a été soulevée au regard des temps d'exposition des sites de mesures relativement faibles durant ces campagnes.

Par conséquent, une analyse approfondie est réalisée par la suite afin d'affiner ces propos.

VI.5. Analyse approfondie des résultats

Durant la partie descriptive précédente, des pics de concentrations ont été mis en évidence en dehors du site qui pourraient traduire un impact ponctuel des émissions de la carrière du fait de conditions d'expositions particulières.

Par ailleurs, sur site, des pics fréquents en PM10 et plus rares en PM2.5, ont été observés.

L'objectif de ce chapitre est de déterminer l'origine de ces pics observés :

- hors site, pour vérifier si ponctuellement, un impact des émissions de la carrière est possible ;
- sur le site, pour déterminer les activités à l'origine de ces pics.

VI.5.1 Analyse détaillée HORS SITE

Les cas de figure suivants ont été identifiés précédemment et méritent une analyse complémentaire :

1. Déséquilibre du ratio PM2.5/PM10 sur le point Bouyère par rapport au site de référence Guipry du 26/09 au 30/09/16 ;
2. Pics ponctuels en PM10 sur le site Chêne sec (06/09, 12/09 et le 19/09).
3. Pics ponctuels en PM2.5 sur le site Bouyère le 25/09 et le 3/10 ;

a) Cas 1 : analyse du ratio PM10/PM2.5 du 26/09 au 30/09/16 à Bouyère

Sur cette période du lundi 26/09 au vendredi 30/09 2016, une baisse du ratio PM2.5/PM10 a été observée sur le site Bouyère, non corrélée aux évolutions du site de référence de Guipry.

Le graphique ci-par permet d'illustrer cette observation :

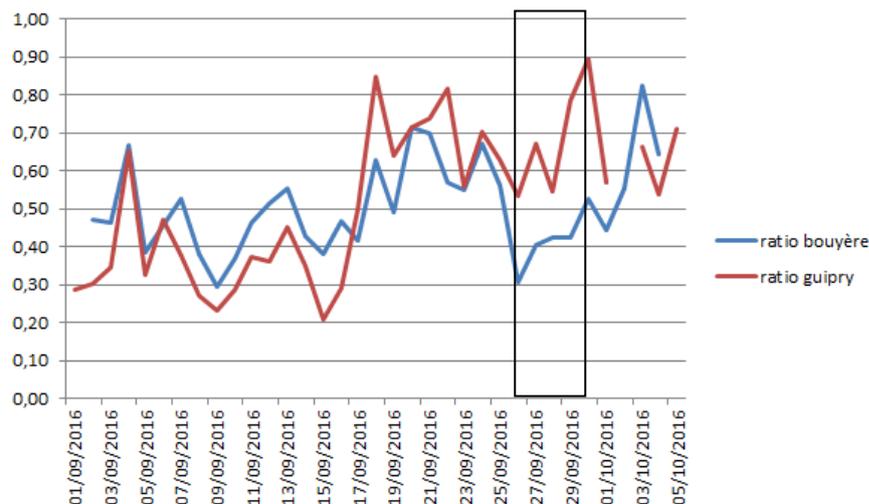
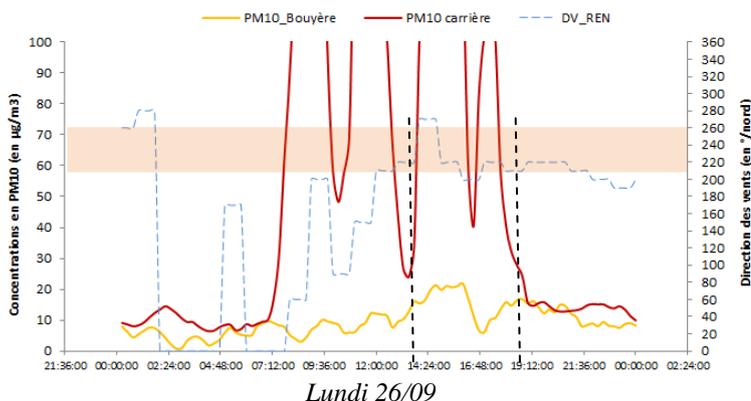


Figure 49 : Evolution des ratios PM2.5/PM10 sur les sites Bouyère et Guipry

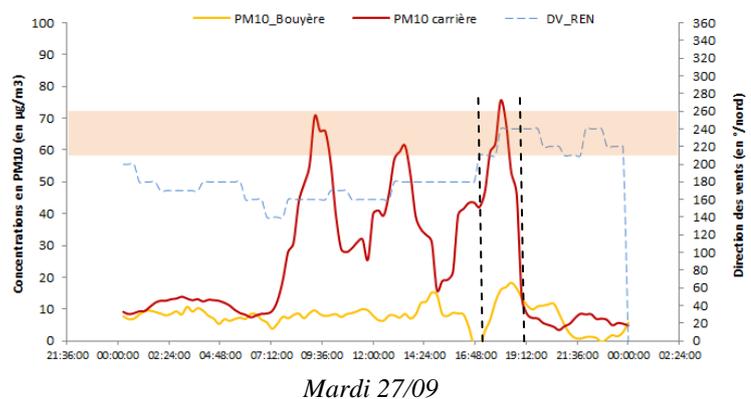
L'objectif de l'analyse qui suit est d'étudier conjointement les conditions météorologiques (direction du vent) lors de ces journées, les résultats des mesures en carrière et sur le site Bouyère. Les graphiques suivants synthétisent ces données pour ces journées. Une bande colorée a été ajoutée lorsque les conditions de vents sont susceptibles d'entraîner l'exposition du site Bouyère aux envols de la carrière (entre 210 et 260°). Les données de mesures pour les particules sont des valeurs 1/4h.



Commentaires :

Sur le site de la carrière, les concentrations oscillent fortement avec deux pics le matin (max 254 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) puis deux l'après-midi (max 213 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

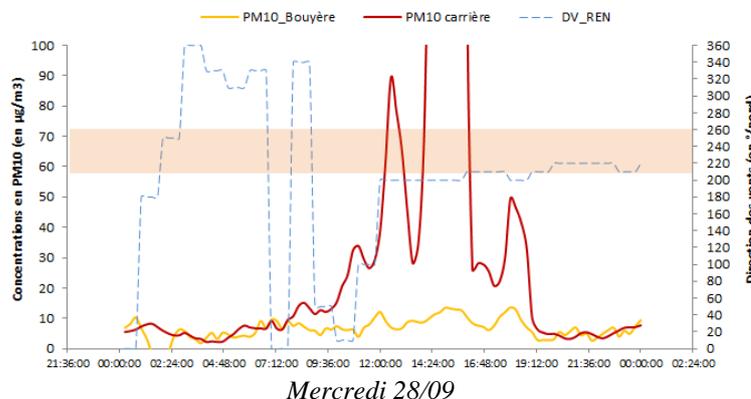
Sur le site Bouyère, contrairement aux pics du matin, une légère élévation des niveaux est constatée l'après-midi lorsque les vents sont favorables.



Commentaires :

Les pics sont d'amplitude moins élevée pour cette journée.

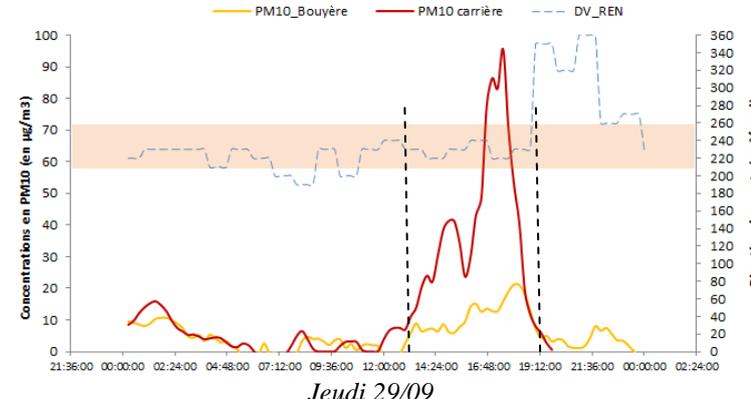
Celui de l'après-midi, par vent exposant le site Bouyère, entraîne une augmentation des niveaux mesurés sur ce point hors site.



Commentaires :

Pour cette journée, des pics élevés ont été mesurés sur site durant l'après-midi.

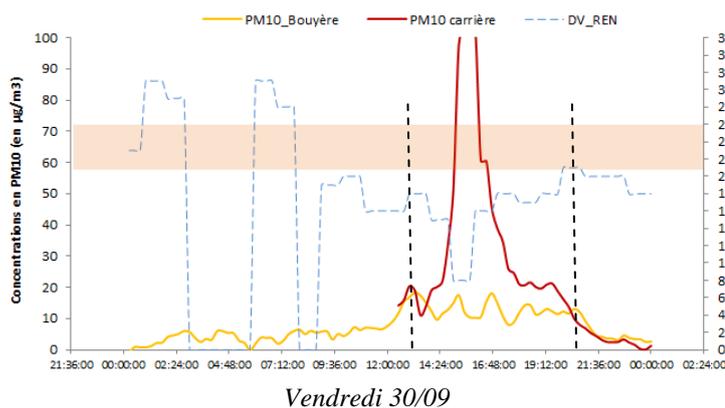
En raison de conditions de vents non favorables, aucune incidence n'a été observée sur le point hors site Bouyère.



Commentaires :

Le point Bouyère a été exposé aux vents du site une majeure partie de la journée.

L'élévation des teneurs en PM10 a été mesurée sur la carrière dans l'après-midi. Elle est associée à une élévation des niveaux hors site. La baisse des niveaux hors site est corrélée à une baisse des teneurs sur la carrière ainsi qu'à un changement de vents.



Commentaires :

Pour cette journée, un pic en carrière a été mesuré l'après-midi. Les conditions de vents n'ont pas été favorables à l'exposition du point Bouyère. Toutefois une légère élévation est constatée avec une diminution associée à une baisse des niveaux également sur la carrière.

Ces cas de figure permettent de constater qu'en situation favorable à l'exposition du site Bouyère aux envois de la carrière, le déséquilibre du ratio $PM_{2.5}/PM_{10}$ pourrait s'expliquer par un apport en PM_{10} en provenance de la carrière.

L'impact ponctuel hors site (à une distance de 500 m) des envois de PM_{10} pendant l'activité de la carrière serait donc possible.

b) [Cas 2 : pics ponctuels en \$PM_{10}\$ au Chêne sec](#)

La comparaison des mesures $PM_{2.5}$ et PM_{10} sur le site Chêne sec a permis de mettre en évidence un décalage significatif entre les deux moyennes journalières pour les journées du 6/09, 12/09 et 19/09.

La figure ci-après, représentant l'évolution du ratio $PMP_{2,5}/PM_{10}$, illustre ces propos.

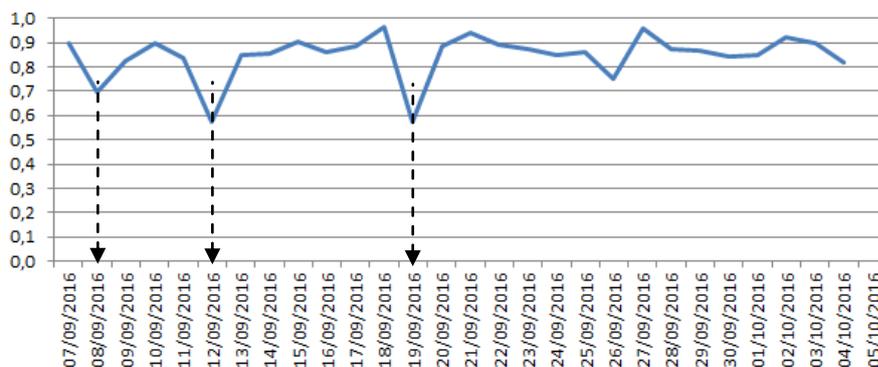


Figure 50 : Evolution des ratios moyens journaliers en $PM_{2.5}/PM_{10}$ sur le site Chêne sec en période estivale

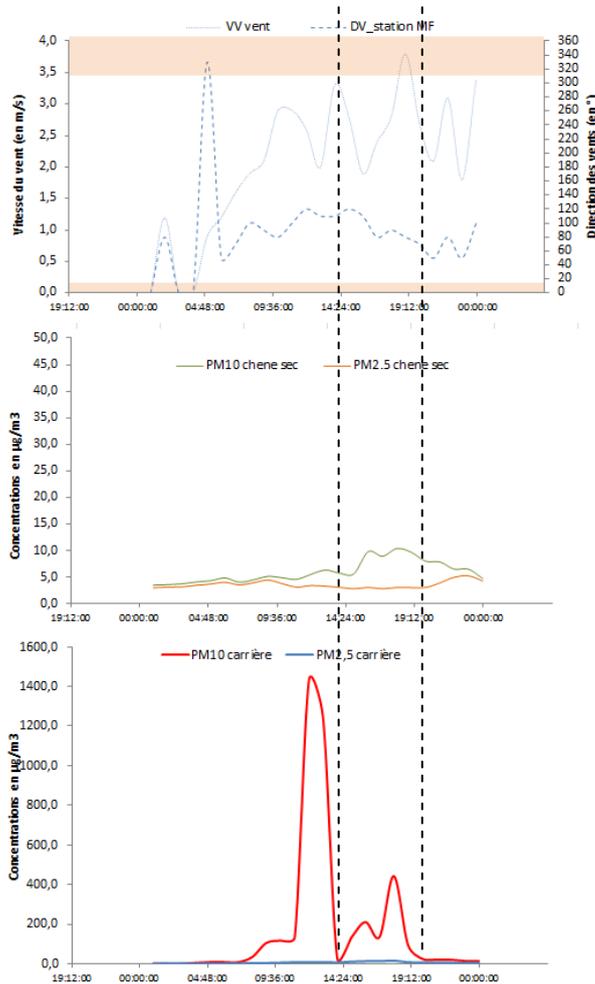
Pour ces trois journées, les ratios marquent une baisse contrairement aux autres journées.

Une analyse fine de l'évolution des mesures PM_{10} et $PM_{2.5}$ sur le site Chêne sec et sur le point carrière ainsi que des conditions météorologiques, est présentée ci-après.

Une bande colorée a été ajoutée lorsque les conditions de vent sont susceptibles d'entraîner l'exposition du site Chêne sec aux envois de la carrière (entre 310 et 10°).

Les données de mesures pour les particules sont des valeurs horaires (fréquence de mesure sur le point chêne sec).

Jeudi 6/09/16



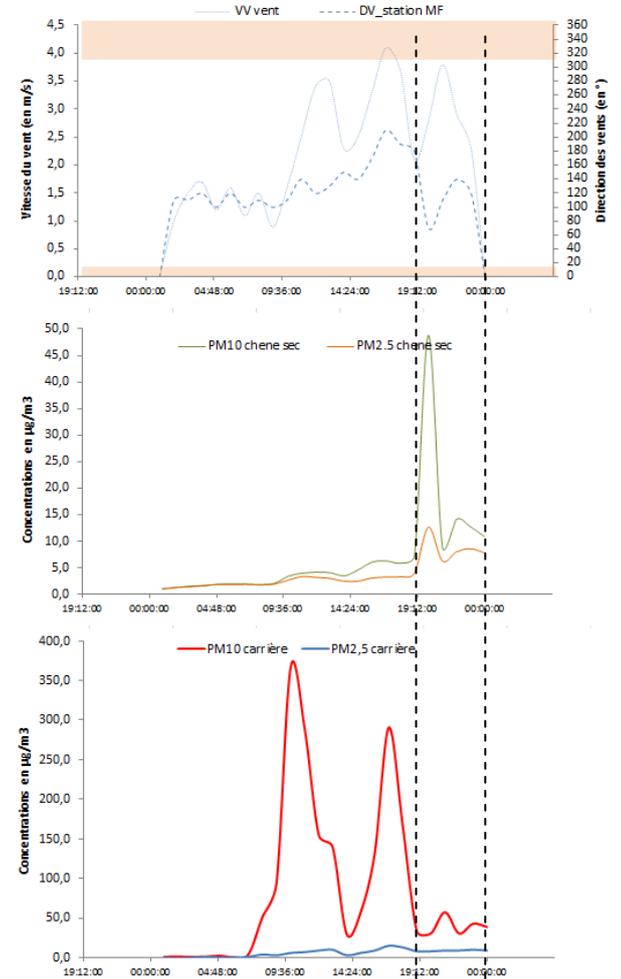
Commentaires :

Pour cette journée, la diminution du ratio sur le site Chêne sec est liée à une légère augmentation des PM10 entre 14h et 19h. Cette augmentation est corrélée à une hausse des teneurs PM10 au niveau du point carrière.

Toutefois, les conditions météorologiques ne sont pas favorables à l'exposition du site chêne sec aux envois de la carrière : les vents durant cette période provenant de l'Est/Sud-Est soit des parcelles agricoles.

La contribution de la carrière dans cette augmentation des niveaux de PM10 sur le site Chêne sec n'est donc pas avérée. En outre, les niveaux restent modérés.

Lundi 12/09/16

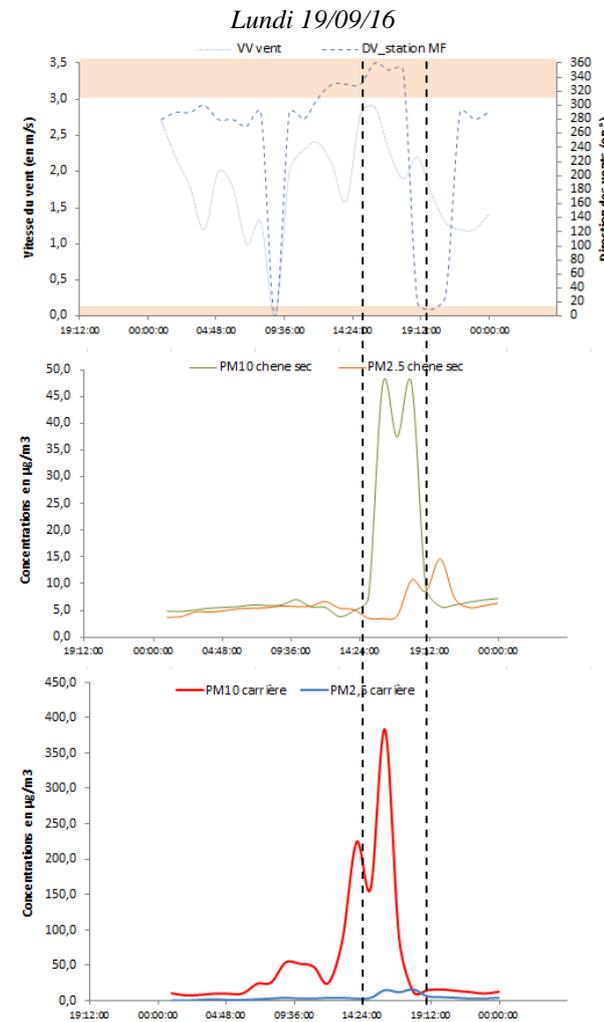


Commentaires :

Un pic ponctuel en PM10 a été mesuré sur le site Chêne sec en soirée (20h). ce dernier n'est pas corrélé à un pic en carrière du fait d'un arrêt de l'activité à cette période.

Les conditions météorologiques ne sont pas favorables à l'exposition du site chêne sec aux envois de la carrière : les vents durant cette période provenant de l'Est/Sud-Est soit des parcelles agricoles.

La contribution de la carrière pour cette journée n'est pas avérée au regard des conditions météorologiques et des enregistrements en parallèle sur le point carrière.



Commentaires :

Lors de cette journée, un pic PM10 a été mesuré sur le site Chêne sec entre 14h et 19h. Cette hausse est associée à un pic ponctuel mesuré simultanément sur le point carrière. Lors de ces pics, le site Chêne sec était exposé aux envols de la carrière puisque les vents provenaient du secteur Nord-Ouest/Nord.

Dans ce cas de figure, la contribution de la carrière sur les mesures PM10 au niveau du point Chêne sec est possible.

Cette analyse de quelques journées présentant des ratios PM2.5/PM10 faibles au regard des autres journées, montre que dans certains cas, la contribution de la carrière est écartée en raison des conditions météorologiques et/ou des mesures en carrière sur la même période.

Dans un autre cas, le pic sur le site Chêne sec est corrélé à un pic en carrière dans des conditions météorologiques où ce point hors site est sous les vents en provenance de la carrière.

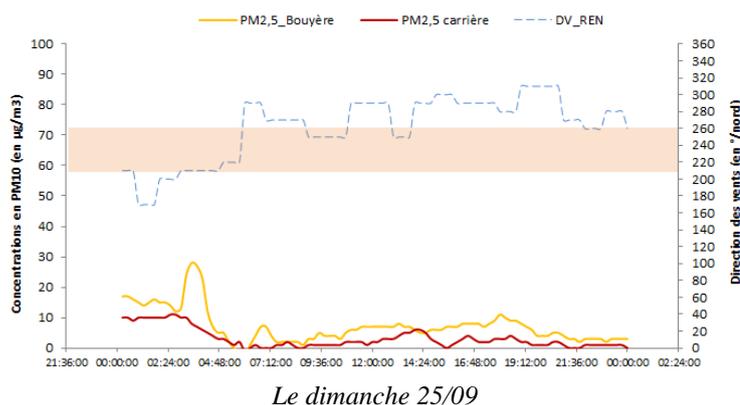
L'impact des émissions de la carrière sur le site Chêne sec est donc possible lors de conditions favorables.

c) Cas 3 : pics ponctuels en PM2.5 à Bouyère le 25/09 et le 3/10

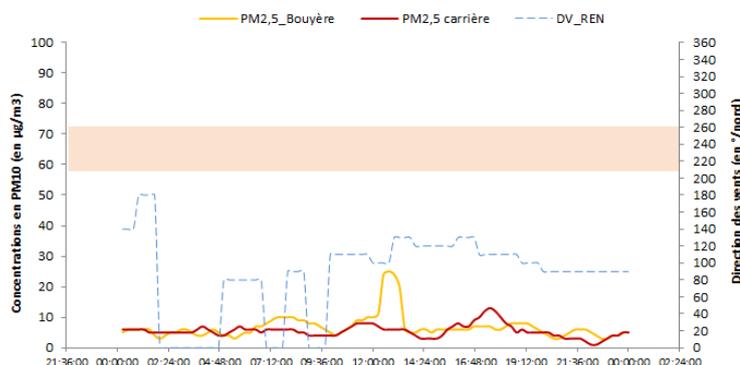
Les particules PM2.5 n'ont pas été jugées comme paramètre caractéristique des émissions de la carrière au regard des niveaux mesurés.

Toutefois, quelques pics ponctuels ont été mesurés sur le site Bouyère que nous analysons ci-après pour tenter d'en déterminer l'origine.

Deux journées sont concernées à savoir dimanche 25/09 et le lundi 3/10. Le site Bouyère est exposé aux envols de la carrière par vent de Sud-Ouest (zone colorée sur les figures ci-après).



Le dimanche 25/09



Le lundi 3/10

Commentaires :

Le pic PM2.5 mesuré sur le point Bouyère est intervenu dans la nuit du 24 au 25/09. Malgré une direction de vent favorable à l'exposition du point Bouyère aux envols de la carrière, aucun pic pour ce même paramètre n'est constaté sur le point carrière (pas d'activité le week-end).

La participation d'éventuels envols en provenance de la carrière n'est donc pas avérée dans ce cas. Ce pic pourrait être lié à une autre source (combustion ?).

Commentaires :

Le pic PM2.5 a été mesuré le lundi midi (13h) par vent d'Est (hors influence de la carrière).

Ce pic n'est pas associé à une élévation des niveaux en carrière.

Bien que les particules PM2.5 n'aient pas été considérées comme paramètre traceur de l'activité sur la carrière, quelques pics ont été observés dans des niveaux toutefois modérés.

Une analyse fine des conditions lors de ces pics a été réalisée dans le présent paragraphe qui a permis d'écartier la contribution de la carrière. D'autres sources sont possibles comme le brûlage de déchets, les barbecues, ...

d) Synthèse impact ponctuel hors site

L'analyse détaillée de quelques conditions particulières révèle que les émissions de PM10 en période d'activité de la carrière peuvent entraîner une augmentation simultanée des niveaux mesurés hors site (Bouyère et Chêne sec situés à environ 500 m de la carrière) lorsque les conditions de vents sont favorables.

Pour les PM2.5, les seuls pics (d'ampleur modérée) constatés à Bouyère ne sont pas liés à l'activité de la carrière.

VI.5.2 Analyse détaillée SUR SITE

L'objectif de cette partie est de déterminer les sources majoritaires de particules PM10 au niveau de la carrière sur la base des mesures réalisées sur site.

Pour ce faire, différentes approches ont été suivies à savoir :

- La corrélation des données 1/4h en PM10 avec les observations vidéo au niveau du point de mesure de la carrière ;
- La corrélation des données journalières en PM10 avec quelques indicateurs d'activités.

a) Corrélation des niveaux en PM10 avec les observations vidéo :

Le traitement des données d'observations vidéo représente un travail important. Par conséquent, le visionnage de la totalité de l'enregistrement n'a pu être réalisé.

Deux journées présentant des pics significatifs et une absence de précipitations ont été retenue pour ce travail : le mardi 6/09/16 et le lundi 23/01/17.

➤ Analyse du 06/09/16

Pour cette journée du mardi 6 septembre 2016, l'augmentation des concentrations en PM10 correspond au début de l'activité sur la carrière passant d'un bruit de fond avant 7h d'environ 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à un niveau de l'ordre de 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 9h.

Une diminution des niveaux est observable entre 9h et 10h qui pourrait correspondre aux passages successifs de la tonne à eau au niveau des voies de circulation. L'impact a toutefois été de courte durée.

Un pic très important a été enregistré à partir de 11:15. Le graphique de la page suivante permet de visualiser l'ampleur de ce pic.

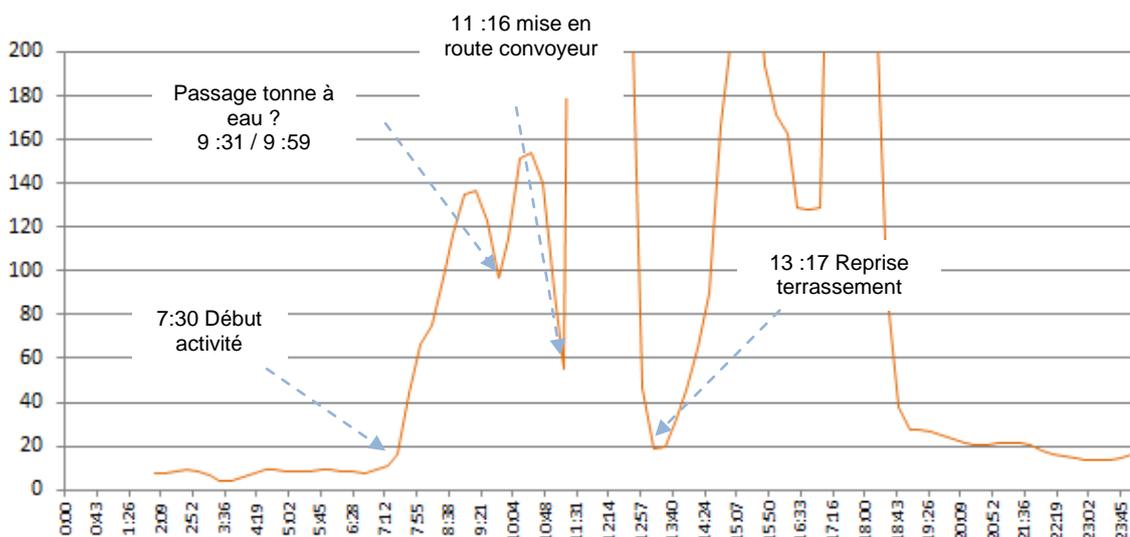


Figure 51 : Evolution des concentrations en PM10 au niveau du point carrière (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

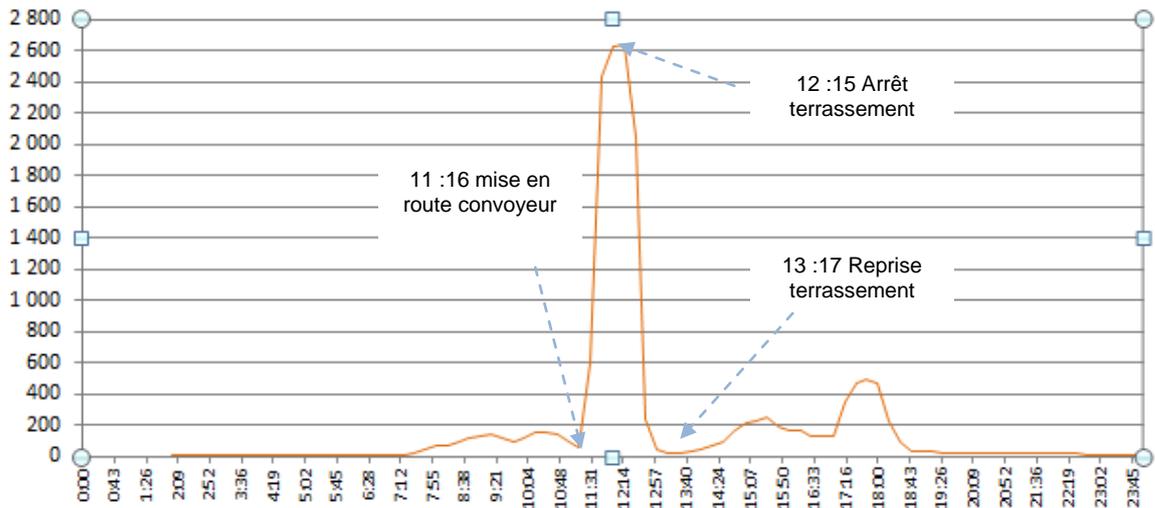


Figure 52 : Evolution des concentrations en PM10 au niveau du point carrière (en µg/m³)

Au vu des données d'activités, ce pic enregistré en fin de matinée pourrait être lié à une combinaison d'activités comme le terrassement exercé à proximité, le passage d'engins sur les voies de circulation proche et le fonctionnement du convoyeur.

Une nouvelle augmentation des concentrations semble être corrélée à la reprise du terrassement exercée à proximité.

heure locale	PM10 (en µg/m ³)	Activité
6/9/16 7:30	16,1	Début activité
6/9/16 7:45	44,3	
6/9/16 8:00	66,6	
6/9/16 8:15	75,2	
6/9/16 8:30	96,6	
6/9/16 8:45	116,3	
6/9/16 9:00	134,7	
6/9/16 9:15	136,4	9:07 arrivée tonne à eau 2 passages engins à prox.
6/9/16 9:30	123,0	1 passage engins à prox
6/9/16 9:45	96,9	9:31 passage tonne à eau voie principale 2 passages engins à prox
6/9/16 10:00	114,9	9:59 passage tonne à eau voie prox station 3 passages engins à prox
6/9/16 10:15	151,5	1 passage engins à prox
6/9/16 10:30	154,2	3 passages engins à prox
6/9/16 10:45	140,2	
6/9/16 11:00	90,4	
6/9/16 11:15	54,9	11:07 Début terrassement 2 passages engins à prox
6/9/16 11:30	603,0	11:16 - 11:18 fonctionnement convoyeur 1 passage engin à prox
6/9/16 11:45	2438,6	11:29 - 11:32 fonctionnement convoyeur
6/9/16 12:00	2623,9	1 passage engins à prox
6/9/16 12:15	2639,4	12:13 arrêt terrassement
6/9/16 12:30	2046,6	
6/9/16 12:45	239,6	
6/9/16 13:00	46,5	
6/9/16 13:15	19,1	
6/9/16 13:30	19,6	13:17 Reprise terrassement 1 passage engin à prox 13:29 - 13:30 fonctionnement convoyeur

Figure 53 : Relevé des données d'activités (selon observations vidéo) avec les concentrations en PM10

➤ Analyse du 23/01/17

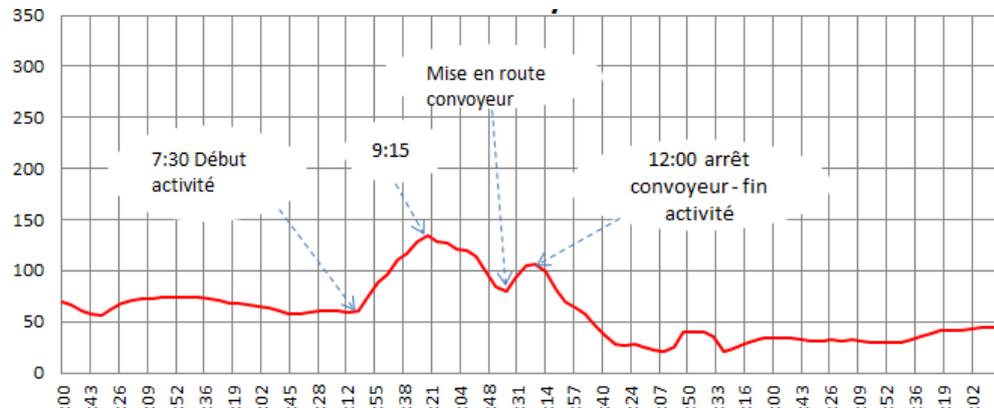


Figure 54 : Evolution des concentrations en PM10 au niveau du point carrière (en µg/m³)

Tableau 12 : Comparaison des données d'activités (selon observations vidéo) avec les concentrations en PM10

Heure locale	PM10 (µg/m3)	Activités selon observation webcam
23/01/2017 07:30	60,5	Début activité
23/01/2017 07:45	74,3	3 passages engins à prox + 1 chargement export produits finis
23/01/2017 08:00	88,9	2 passages engins à prox + 1 chargement export produits finis
23/01/2017 08:15	95,5	
23/01/2017 08:30	110,6	4 passages engins à prox + 1 déchargement installation vers stocks + 1 chargement export produits finis
23/01/2017 08:45	116,4	5 passages engins à prox + 2 déchargements installation vers stocks
23/01/2017 09:00	128	9 passages engins à prox
23/01/2017 09:15	134,5	6 passages engins à prox + 1 déchargement installation vers stocks
23/01/2017 09:30	129,1	09:17 fin de l'export des graves non traitées, 3 passages engins à prox
23/01/2017 09:45	127,3	3 passages engins à prox + 2 déchargements installation vers stocks
23/01/2017 10:00	120,8	7 passages engins à prox + 1 chargement export produits finis + 1 déchargement installation vers stocks
23/01/2017 10:15	119,3	6 passages engins à prox + 1 export des graves non traitées + 1 déchargement installation vers stocks
23/01/2017 10:30	113,4	5 passages engins à prox
23/01/2017 10:45	97,9	
23/01/2017 11:00	84,8	
23/01/2017 11:15	79,8	
23/01/2017 11:30	93,5	11:13-11:29: fonctionnement du convoyeur, 6 passages engins à prox + 2 déchargement installation vers stocks
23/01/2017 11:45	104,4	6 passages engins à prox + 1 déchargement installation vers stocks + 1 chargement export des graves non traitées
23/01/2017 12:00	106,2	11:46-12:06: fonctionnement du convoyeur, 1 chargement export produits finis + 1 passages engins à prox
23/01/2017 12:15	99,3	
23/01/2017 12:30	80,6	
23/01/2017 12:45	69,4	
23/01/2017 13:00	63,6	
23/01/2017 13:15	57,7	
23/01/2017 13:30	46,2	

Pour cette journée du 23/01/17 en période hivernale, les niveaux mesurés en PM10 sont nettement moins élevés que la journée précédemment analysée et le niveau de fond plus élevé en raison de l'épisode de pollution régionale.

Malgré cela, les niveaux mesurés en PM10 sont de nouveau bien corrélés aux observations vidéo :

- Augmentation des niveaux au lancement de l'activité à 7:30 : chargement d'engins, circulation, ...
- Baisse des niveaux (9:15) qui pourrait correspondre à la fin des opérations de chargement de granulats ;
- Mise en route du convoyeur qui a entraîné une hausse des niveaux en PM10 en fin de matinée.

En synthèse, l'analyse de ces deux journées a permis d'identifier certaines activités émettrices de particules PM10 et exercées à proximité du point de mesure.

Il s'agit notamment :

- **Des passages d'engins à proximité liés aux transferts entre le front de taille et les installations et des installations vers la zone de stockage de produits finis ;**

- Des opérations de chargements/déchargements de matériaux sur la plateforme de produits finis ;
- De la mise en route du convoyeur : d'après nos observations et les informations communiquées par l'exploitant, les émissions de particules au niveau de cette installation sont importantes au lancement de l'installation car l'humidification des matériaux intervient parfois quelques minutes après sa mise en route.
- Les opérations de terrassement.

La dissociation des activités est complexe car elles interviennent de manière simultanée.

Cette analyse permet de confirmer l'origine des particules sur l'emprise du site mais reste limitée aux activités exercées à proximité immédiate du point de mesure.

Pour cette raison, une analyse complémentaire est réalisée ci-après sur la base d'indicateurs d'activités et des données de mesures journalières.

b) Corrélation des niveaux journaliers en PM10 avec les indicateurs d'activités :

Durant les campagnes de mesures, l'exploitant a renseigné un journal d'activités.

Après échanges avec ce dernier et nos observations détaillées sur deux journées (chapitre précédent), les activités suivantes ont été identifiées comme les plus émettrices de particules :

1. Roulage des engins sur les pistes
 - o Roulage des dumpers du front de taille vers les installations
 - o Roulage des dumpers des installations vers la plateforme de stockage de produits finis
 - o Roulage des engins vers la plateforme de stockage des stériles
2. Fonctionnement du convoyeur – stockage graves non traités
3. Export de produits finis

L'objectif de ce chapitre est de corréler ces activités (sous la forme d'indicateurs) avec les données de mesures PM10 à l'échelle de la journée. Cette analyse est réalisée successivement pour chacun des indicateurs sur la campagne 1 en raison de nombreux pics observés, de l'absence de précipitation et d'épisode de pollution régionale.

➤ **Indicateur 1 : roulage sur piste**

Le graphique suivant présente l'évolution des concentrations journalières en PM10 mesurées sur le point carrière en fonction de la distance parcourue par les engins sur les pistes.

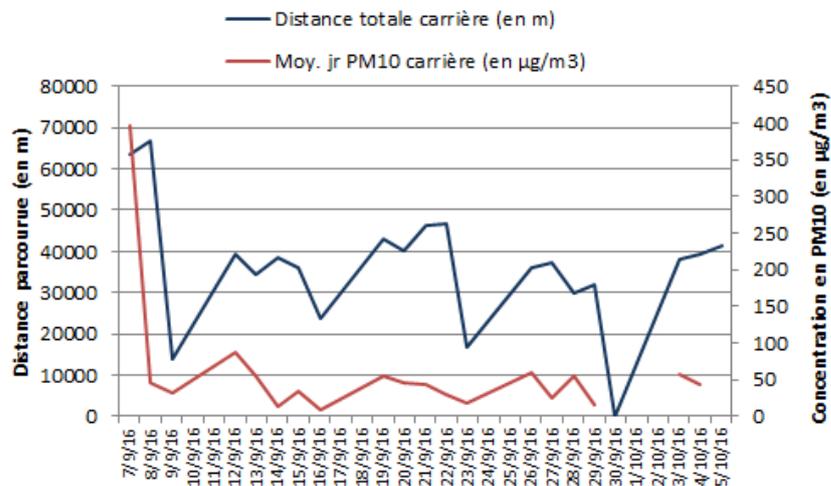


Figure 55 : Comparaison des distances parcourues par les engins par jour et des concentrations moyennes journalières en PM10 (en µg/m³)

Les cumuls journaliers des distances parcourues sont assez bien corrélés aux moyennes journalières en PM10.

La plus forte concentration a été mesurée lors d'une journée présentant également une distance parcourue par les engins la plus importante.

Notons qu'en début de campagne, lors de ces journées à fortes concentrations, les trajets vers les stériles représentaient 60 à 100% des distances parcourues contre 20% sur le reste de la période.

➤ Indicateur 2 : fonctionnement du convoyeur

Le graphique ci-après présente l'évolution du tonnage traité par jour par le convoyeur comparée aux mesures PM10.

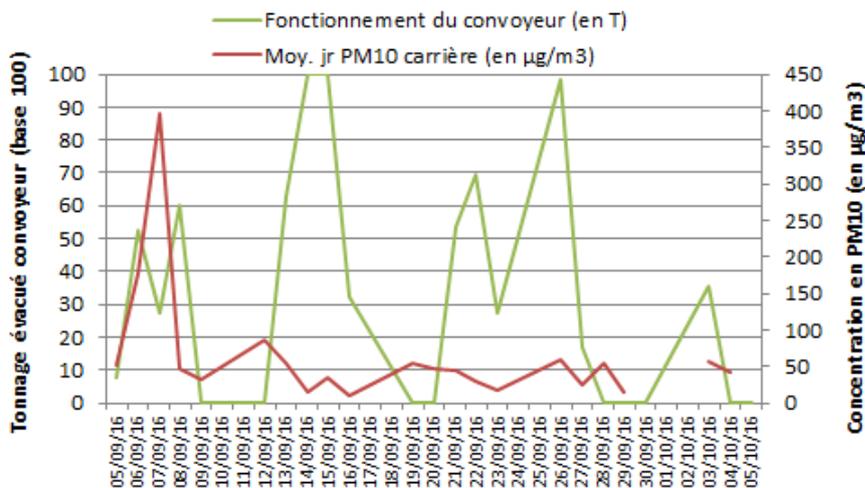


Figure 56 : Comparaison du fonctionnement du convoyeur avec les concentrations en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Les corrélations sont peu significatives pour cet indicateur notamment pour les journées ayant présenté un fonctionnement important du convoyeur (14 et 15/09).

Ce constat est lié au fait que les émissions du convoyeur sont plus importantes dans les 1ères minutes après la mise en route de l'installation dans l'attente du démarrage de l'humidification des matériaux. Ces émissions ponctuelles contribuent probablement peu à la hausse de la moyenne journalière.

➤ Indicateur 3 : export de produits finis

Le graphique ci-après présente les tonnages de produits finis chargés sur la plateforme, comparés aux mesures PM10.

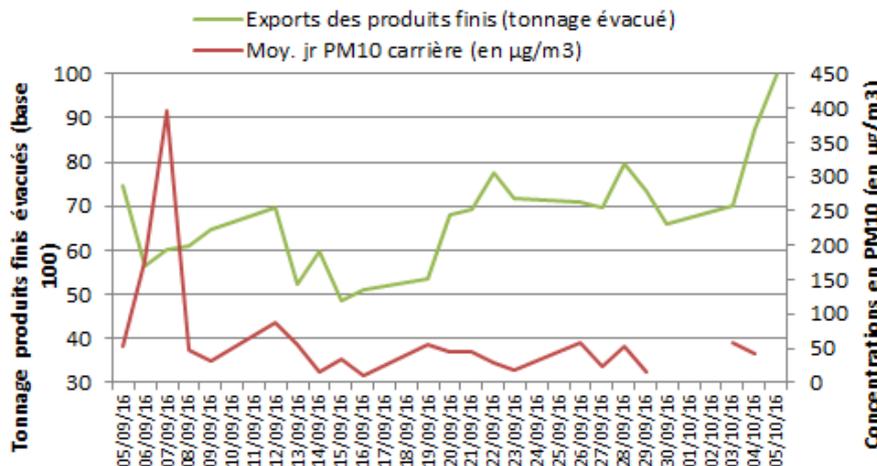


Figure 57 : Comparaison des opérations de chargements de produits finis avec les concentrations en PM10 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

La corrélation de niveaux de PM10 avec cet indicateur est peu significative ce qui peut s'expliquer notamment par l'éloignement de la plateforme de stockage de produits finis par rapport au point de mesure.

En synthèse de cette comparaison des données de mesures PM10 au niveau de la carrière avec trois indicateurs d'activités identifiés comme sources d'émissions majeures par l'exploitant, le roulage des pistes semble être le mieux corrélé aux mesures.

Trois types de trajet ont été identifiés sur la carrière parmi lesquels les transferts du front vers les installations représentent la majeure partie des distances parcourues (40 à 60% des cumuls journaliers).

Une exception toutefois durant la 1^{ère} semaine pour laquelle les transferts des installations vers la zone de stockage des stériles ont été majoritaires. C'est également à cette période que les concentrations moyennes journalières ont été les plus importantes.

c) Synthèse de l'analyse détaillée sur site

L'objectif de ce chapitre était d'identifier les activités exercées en carrières à l'origine des émissions de particules PM10 mesurées sur le site.

La première approche suivie a permis de confirmer la contribution de certaines activités exercées à proximité du point de mesure comme la mise en route du convoyeur, le passage d'engins à proximité ou encore le chargement/déchargement de matériaux.

La seconde approche, basée sur la comparaison d'indicateurs d'activités avec les niveaux mesurés, a permis de mettre en évidence une corrélation significative des distances parcourues par les engins sur les pistes avec les concentrations moyennes journalières en PM10.

VII. Conclusions

En 2016, l'association Air Breizh a été associée au projet EMCAIR afin de mener une campagne de mesures sur le site et à proximité d'une carrière et ainsi participer à l'amélioration des connaissances sur les émissions des carrières dans l'air et affiner les facteurs d'émissions relatifs aux exploitations de granulats.

Deux campagnes d'un mois ont été menées en octobre 2016 et janvier 2017 au niveau de la carrière d'Iffendic (Ille et Vilaine – 35), retenue par le pilote du projet à savoir l'UNICEM.

Les résultats et nos interprétations à l'issue de ces mesures sont les suivantes.

Le large dispositif déployé, à la fois sur la carrière et dans son environnement, a permis de constater que **les particules PM10 représentaient le paramètre traceur de l'activité** exercée sur la carrière contrairement aux particules PM2.5 dont les niveaux restent modérés.

Ainsi les mesures sur le site de la carrière révèlent des niveaux importants en PM10 surtout en campagne estivale avec des pics récurrents correspondant en période sèche à chaque jour d'activité.

En dehors des périodes d'activité, les niveaux diminuent significativement mais restent supérieurs à ceux mesurés hors site ce qui pourrait s'expliquer par la présence de ré-envols.

Hors site, en moyenne sur l'ensemble des campagnes, les mesures réalisées à une distance de l'ordre 500 mètres au Sud et au Nord-Est de la carrière témoignent d'une absence d'impact de l'activité exercée dans la carrière sur son environnement. Ces propos doivent toutefois être légèrement modérés en raison des faibles taux d'exposition des points durant les deux campagnes.

Les résultats des mesures PM10 hors site respectent les valeurs limites réglementaires.

C'est également le cas pour les poussières sédimentables pour lesquelles une décroissance brutale est observée entre les mesures sur site et hors site. Les mesures hors site représentant entre 5 et 10% des valeurs observées sur le site.

Une analyse détaillée de quelques journées présentant des niveaux de PM10 plus élevés hors site a été réalisée.

Elle a permis de constater que **lorsque l'ensemble des conditions sont réunies, à savoir une hausse des niveaux sur la carrière et des vents favorables, un impact ponctuel est possible en dehors de l'emprise de la carrière et dans un rayon de 500 m.** Ces propos pourront être confirmés par les analyses chimiques menées par le LSCE sur ces points de mesures.

Enfin, une analyse complémentaire basée sur une corrélation des données d'activités avec les enregistrements des concentrations en PM10 a été réalisée afin d'identifier les postes de la carrière à l'origine des émissions majoritaires.

Bien que complexe du fait d'activités multiples et simultanées, **ce travail a permis d'identifier des opérations à l'origine d'émissions ponctuelles comme la mise en route du convoyeur, et d'autres à l'origine d'émissions plus continues comme le roulage des engins sur le pistes.**

Outre le fait que ces données permettront notamment au CITEPA d'affiner les facteurs d'émissions des carrières, elles pourront également permettre aux professionnels du métier de mettre en œuvre des actions afin de contribuer à leur diminution.