



**AtmoSud**  
*Qualité de l'Air*

Provence - Alpes - Côte d'Azur

# Qualité de l'air autour des sites ALTEO de Gardanne et Mange-Garri

Campagne de mars 2017 à février 2018

# RESUME :

## QUALITE DE L'AIR AUTOUR DES SITES ALTEO DE GARDANNE ET MANGE-GARRI

### Campagne de mars 2017 à février 2018

---

Réalisée entre mars 2017 et février 2018, la campagne de surveillance menée par AtmoSud autour des sites ALTEO à Gardanne (usine de production d'alumine) et Bouc-Bel-Air (site de stockage de Mange-Garri et zone de stockage stratégique de Bauxite) a permis de mettre en évidence l'influence de ces sites sur les particules inhalables (celles qui restent en suspension dans l'air) et sédimentables (celles qui se déposent au sol).

#### ► Une influence des sites industriels avérée

Les particules inhalables et sédimentables sont d'origines diverses, néanmoins la présence plus importante de métaux traceurs de l'activité des sites (aluminium, titane, fer...) dans les particules relevées en proximité des sites ALTEO indiquent une influence de l'activité industrielle. D'autres sources tels que le trafic routier et les activités ferroviaire ont également été identifiées sur certain site de mesures.

#### ► L'influence des sites industriels sur les particules PM10 lors de vents forts

L'analyse croisée de la taille (granulométrie), de la concentration massique et de la composition en métaux des particules, a permis de mettre en évidence l'influence des sites industriels sur les niveaux de particules dans certaines conditions météorologiques.

En effet, lorsque le vent en provenance du Nord-Ouest est supérieur à 4 m/s, les points de mesures les plus proches de l'usine de Gardanne relèvent des niveaux de concentration en PM10 plus importants notamment provoqués par l'envol de poussières émanant du site. Ces conditions étant relativement fréquentes sur la zone (10% du temps), les concentrations moyennes annuelles sont impactées.

Par vent modéré de secteur Est sur le site de stockage de Mange-Garri, les niveaux de particules de diamètre supérieur à 2,5 µm relevés sur les points de mesure environnants augmentent. L'envol des poussières de résidus de bauxite influence les niveaux de particules les plus grosses. Ces conditions de vent étant peu fréquentes, les concentrations moyennes de particules sont peu ou pas impactées.

#### ► Des niveaux en particules qui restent comparables à ceux relevés dans les agglomérations

Même si la composition en métaux et les niveaux moyens de PM10 et dans une moindre mesure de PM2.5 relevés sur les 7 sites de mesures étudiés dans le cadre de cette étude, sont impactés par l'activité des sites, ils restent comparables aux niveaux de fond péri-urbain ou urbain mesurés sur les stations du réseau permanent de surveillance d'AtmoSud : 16 à 25 µg/m<sup>3</sup> pour les PM10 et 10 à 13 µg/m<sup>3</sup> pour les PM2.5. Aix, Marseille ou encore Meyreuil et Salon-de-Provence indiquent des niveaux équivalent en moyenne.

Il en est de même pour les particules sédimentables, la quantité moyenne mensuelle de particules se déposant au sol (comprise entre 1 et 4 g/m<sup>2</sup>/mois) reste comparables à celle d'une zone urbaine ou péri-urbaine.

#### ► La surveillance de la qualité de l'air à Gardanne se poursuit

Bien que cette campagne de surveillance d'un an ait pris fin, le plan de surveillance autour de Gardanne se poursuit grâce au renforcement de la station permanente d'AtmoSud installée en proximité des habitations, sous l'influence du site industriel ALTEO (station qui a, par ailleurs, relevé les niveaux de particules les plus importants lors de la campagne). Les paramètres étudiés dans le cadre de la campagne (PM10, PM2.5, particules sédimentables, 33 métaux) sont maintenus sur la station.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les personnes et les organismes qui ont accepté d'accueillir du matériel de mesures sur leurs terrains sans que ces mesures n'auraient pu avoir lieu.

## PARTENAIRES

La société ALTEO est partenaire de l'étude.

## AUTEURS DU DOCUMENT

La coordination du projet a été assurée par **Lise LE BERRE**.

### ► Auteurs de l'étude

- **Lise LE BERRE** : rédaction du rapport ;
- **Grégory GILLE** : vérification technique du rapport ;
- **Boualem MESBAH** : validation du rapport ;
- **Xavier VILLETARD** : validation du rapport.

### ► Intervenants

- **Sandra LAPEYRIE** : technicienne de mesures ;
- **Nicolas BOES** : technicien de mesures ;
- **Frédéric MARTY** : responsable laboratoire et métrologie.

#### Contact

Boualem MESBAH

[boualem.mesbah@atmosud.org](mailto:boualem.mesbah@atmosud.org)

#### Date de parution

Octobre 2018

#### Références

23ID0613 / ALTEO\_2017\_T1-T4-V01 / LLB-BM-XV

# SOMMAIRE

<b>1. Contexte et objectifs de l'étude .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Dispositif de surveillance mis en œuvre .....</b>	<b>8</b>
2.1 Paramètres mesurés et moyens mis en œuvre .....	8
2.2 Positionnement des sites de mesures .....	9
2.3 Période de mesures.....	10
<b>3. Conditions météorologiques .....</b>	<b>11</b>
3.1 Vitesses et Direction de vents .....	12
3.2 Températures et pluviométrie .....	13
<b>4. Les particules inhalables (PM10 et PM2.5).....</b>	<b>14</b>
4.1 Niveaux moyens .....	15
4.1.1 Particules fines PM10 .....	15
4.1.2 Particules très fines PM2.5.....	17
4.2 Variabilité temporelle et influence des conditions météorologiques .....	18
4.2.1 Particules fines PM10.....	18
4.2.2 Particules très fines PM2.5.....	20
4.3 Granulométrie des particules .....	22
4.4 Teneur de métaux dans les particules.....	25
<b>5. Les particules sédimentables .....</b>	<b>32</b>
5.1 Dépôts moyens des particules sédimentables .....	32
5.2 Variabilité temporelle des dépôts de particules sédimentables .....	33
5.3 Caractérisation en métaux des particules sédimentables.....	34
<b>6. Conclusions .....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>40</b>
<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>42</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>46</b>

## LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Détail des dispositifs mis en œuvre sur chaque site .....	47
ANNEXE 2	Détails techniques des mesures réalisées .....	49
ANNEXE 3	Concentrations journalières en PM10 et PM2.5 mesurées .....	51
ANNEXE 4	Définition statistique d'une « boîte à moustache ».....	55
ANNEXE 5	Concentrations en métaux des PM10 et PM2.5 .....	56
ANNEXE 6	Graphiques – statistiques des concentrations métaux - PM10 et PM2.5 .....	62
ANNEXE 7	Dépôts de poussières et de métaux.....	63
ANNEXE 8	Graphiques – statistiques des dépôts poussières et métaux.....	64
ANNEXE 9	Graphiques – évolution temporelle des dépôts poussières et métaux .....	65
ANNEXE 10	Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS .....	66

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Températures et précipitations – période du 24/02/2017 - 08/03/2018 .....	13
Tableau 2.	Teneurs en métaux (ng/m <sup>3</sup> ) – fraction PM10 et PM2.5 .....	25
Tableau 3.	Liste des métaux ne présentant pas d'impact notable – particules sédimentables.....	34
Tableau 4.	Détail des dispositifs mis en œuvre sur chaque site de mesures.....	47
Tableau 5.	Limites de quantification - métaux dans les poussières inhalables.....	56
Tableau 6.	Valeurs de comparaison - métaux dans les poussières inhalables (ng/m <sup>3</sup> ) .....	57
Tableau 7.	Valeurs de références pour les dépôts.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Plan d'échantillonnage de la campagne de mesures .....	9
Figure 2 :	Localisation des stations météorologiques.....	11
Figure 3 :	Rose des vents – station Mange-Garri période du 24/02/2017 – 08/03/2018 .....	12
Figure 4 :	Comparaison des conditions météorologiques des stations Mange-Garri et Gardanne .....	12
Figure 5 :	Températures et précipitations – période du 24/02/2017 - 08/03/2018 .....	13
Figure 6 :	Taux de couverture et taux de données valides période du 24/02/2017 – 21/02/2018 .....	14
Figure 7 :	Boîtes à moustaches des concentrations journalières en PM10 période du 24/02/2017 – 21/02/2018 .....	15
Figure 8 :	Boîtes à moustaches des concentrations journalières en PM2.5 période du 24/02/2017 – 21/02/2018 .....	17
Figure 9 :	Evolution temporelle des concentrations journalières en PM10 période du 24/02/2017 – 21/02/2018.....	18
Figure 10 :	Concentrations en PM10 en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent).....	19
Figure 11 :	Concentrations en PM10 en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent) .....	19
Figure 12 :	Evolution temporelle des concentrations journalières en PM2.5 période du 24/02/2017 – 21/02/2018.....	20
Figure 13 :	Concentrations en PM2.5 en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent) .....	21
Figure 14 :	Concentrations en PM2.5 en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent) .....	21
Figure 15 :	Granulométrie des particules en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent).....	23
Figure 16 :	Concentrations des métaux pour lesquels un impact des sites ALTEO est identifié .....	28
Figure 17 :	Concentrations des métaux pour lesquels un impact du trafic automobile ou du trafic ferroviaire est identifié .....	30
Figure 18 :	Boîtes à moustaches des dépôts mensuels de particules sédimentables période du 24/02/2017 – 08/03/2018.....	32
Figure 19 :	Flux de poussières sédimentables g/m <sup>2</sup> /mois .....	33
Figure 20 :	Rose des vents des différentes périodes de mesures* .....	33
Figure 21 :	Boîtes à moustaches des dépôts mensuels des métaux d'intérêts période du 24/02/2017 – 08/03/2018 .....	36
Figure 22 :	Jauge Owen installée sur le site de mesures « Mange-Garri 3 » .....	50
Figure 23 :	Description d'un graphique type « boîte à moustaches » .....	55

# 1. Contexte et objectifs de l'étude

Le site de production d'alumines, aujourd'hui exploitée par ALTEO, est implanté depuis 1893 sur la commune de Gardanne dans les Bouches-du-Rhône. Pour produire ces alumines, l'usine utilise le procédé BAYER qui attaque, par de la soude à haute température et sous pression, de la bauxite, matière première riche en aluminium.

Ce procédé génère des alumines de haute technicité mais également :

- des effluents liquides rejetés en mer, depuis 1966, au large de Cassis à 320 m de profondeur, dans le Parc national des Calanques créé en 2012 ;
- des résidus solides couramment dénommés « résidus de Bauxite » :
  - stockés sur le site de Mange-Garri implanté sur la commune voisine de Bouc-Bel-Air avant 1966,
  - rejetés en mer au large de Cassis ou stockés ponctuellement sur le site de Mange-Garri entre 1966 et 2015.

Depuis 2016, afin de ne rejeter en mer que des effluents liquides, les « résidus de Bauxite » générées par le procédé de fabrication d'alumines sont traitées par des filtres presses pour être stockées sur le site de Mange-Garri et valorisées sous forme de Bauxaline®. Cette modification de procédé a ravivé des inquiétudes pour ce qui est de l'impact sur la santé des poussières de « résidus de Bauxite » potentiellement remises en suspension au niveau du site de stockage de Mange-Garri, également exploité par la société ALTEO.

## ► Une investigation mobilisant plusieurs experts

Dans ce contexte, la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) du Ministère de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Énergie a saisi le BRGM<sup>1</sup>, l'ANSES<sup>2</sup>, et l'IRSN<sup>3</sup> afin qu'ils réalisent une analyse critique de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) relative aux émissions de poussières du site de Mange-Garri, étude produite par l'industriel dans le cadre de sa demande d'autorisation d'exploiter.

Chaque organisme a donc été chargé d'apporter une réponse à cette demande en fonction de son domaine de compétence. L'ensemble des réponses est univoque : l'étude de l'impact des poussières issues du site de Mange-Garri nécessite des mesures environnementales complémentaires dont le but est de valider les résultats des modélisations de dispersion atmosphérique pris en compte pour évaluer cet impact. En effet :

- Le BRGM, dans son rapport d'expertise de septembre 2015, constate qu'il « *n'existe pas de données issues de mesures renseignant sur la qualité des sols autour du site ou sur les concentrations en particules dans l'air et agents chimiques associés au voisinage du site* » et qu'ainsi l'impact des poussières issues du site de Mange-Garri sur les milieux d'exposition des populations riveraines a été établi sur la base de « *modélisations n'ayant pas été calées avec des mesures de terrain* ». Le BRGM a donc proposé de réaliser une campagne d'investigation de terrain permettant d'améliorer les connaissances sur l'influence des poussières émises par l'exploitation du site de Mange-Garri.
- L'ANSES, dans sa note d'appui scientifique et technique du 7 octobre 2015, attire également l'attention sur les limites des hypothèses et des résultats de modélisation de dispersion atmosphérique pris en compte pour réaliser l'EQRS et conclut que la caractérisation des risques sanitaires du site de Mange-Garri ne peut être considérée comme valide. A cet effet, l'ANSES recommande la réalisation d'une « *campagne de mesures [...] portant à la fois sur les PM2.5 et les PM10* ». Cette campagne devra « *être réalisée à des saisons contrastées afin de tenir compte de la variabilité climatique* » et permettra de vérifier la cohérence entre les mesures et les résultats de la modélisation de dispersion atmosphérique. L'ANSES préconise également que l'évaluation des risques s'intéresse simultanément aux sites de Mange-Garri et de Gardanne.
- L'IRSN, dans son avis relatif à l'impact radiologique du site du 29 octobre 2015, ne peut se prononcer sur « *le bien-fondé des résultats d'évaluation de l'impact radiologique du site de Mange-Garri sur son environnement présenté dans le dossier [...] compte tenu des incertitudes* » en lien avec la dispersion des poussières. L'IRSN considère néanmoins, sur la base de ses propres calculs, que « *l'enjeu radiologique associé au site de Mange-Garri est faible. L'arrêt total des rejets de boues rouges en mer prévu fin 2015 ne devrait [...] pas modifier significativement cet*

---

1 BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

2 ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

3 IRSN : Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire

*enjeu radiologique car l'impact radiologique du site est peu sensible à la quantité de poussières mises en suspension, en comparaison de celle déposée sur le sol ».*

### ► De nouvelles attentes réglementaires

Le préfet des Bouches-du-Rhône a autorisé, par arrêté préfectoral en date du 28/12/15, la société ALTEO à apporter des modifications substantielles à l'exploitation de son usine visant à cesser le rejet en mer des résidus de fabrication tout en maintenant le rejet d'un effluent liquide résiduel. Cet arrêté fixe néanmoins des prescriptions techniques dont : « la mise en place d'un programme de surveillance de la qualité de l'air autour de l'usine de Gardanne et du site de stockage des résidus de Mange-Garri pendant une durée minimale d'un an ».

Pour répondre à cette prescription, la société ALTEO a souhaité réaliser une surveillance environnementale indépendante. AtmoSud, association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air de la région PACA, et ALTEO se sont donc associés pour réaliser cette surveillance.

La mission d'AtmoSud est d'élaborer et réaliser un protocole visant à évaluer l'impact de l'usine de Gardanne et du site Mange-Garri sur la qualité de l'air.

La réalisation de cette campagne a des intérêts multiples pour AtmoSud :

- Un intérêt local : Préciser la variabilité spatiale de la pollution sur cette zone complexe, où sont présents des noyaux urbains denses, un axe de circulation structurant du département et des activités industrielles majeures.
- Un intérêt général : Documenter l'impact d'une installation unique en France.

### ► L'expertise continue

Depuis la parution de l'arrêté préfectoral du site du 28/12/2015 :

- le BRGM a publié les résultats de ses investigations de sols et d'air réalisés entre la fin d'année 2015 et le début d'année 2016 [BRGM, 2016] ;
- l'ANSES a publié une saisine qui évalue l'opportunité de recourir aux résultats des investigations du BRGM pour conduire une EQRS liés aux émissions de poussières du site de stockage de Mange-Garri [ANSES, 2017].

Les investigations de sols du BRGM ont notamment permis de caractériser les matériaux stockés et d'identifier la signature du site de stockage de Mange-Garri. Ainsi les éléments traceurs de l'activité du site de Mange-Garri sont :

- le fer (Fe), le sodium (Na), le titane (Ti), le chrome (Cr), le niobium (Nb), le Vanadium (V) et le zirconium (Zr) pour la Bauxaline ;
- l'aluminium (Al), le fer (Fe) et le titane (Ti), le chrome (Cr) et le vanadium (V) pour la Bauxite ;
- l'aluminium (Al), le bore (B), le chrome (Cr) et le lithium (Li) pour les matériaux blancs.

De plus, tout comme le précise l'ANSES dans sa saisine, les investigations du BRGM sur la matrice air ont conduit à identifier une problématique sanitaire associée aux particules présentes dans l'air ambiant mais n'ont pas permis de discriminer et de quantifier précisément la contribution spécifique de l'activité industrielle du site de stockage de Mange-Garri. Il semblerait même que la contribution spécifique du site soit actuellement faible en l'état actuel des connaissances disponibles. Néanmoins, l'ANSES préconise d'alimenter les résultats déjà obtenus par des mesures réalisées sur une période « plus étendues dans le temps » notamment « au cours de la période estivale, période plus propice aux envols de poussières ».

**Les objectifs de la présente étude sont donc :**

- **de mettre en place un dispositif de surveillance sur une année complète ;**
- **d'évaluer l'impact de l'usine de Gardanne et du site Mange-Garri sur la qualité de l'air.**

**Et ce afin de permettre à la société ALTEO ou aux organismes compétents de disposer de suffisamment d'éléments pour réaliser une évaluation des risques sanitaires, concernant le volet atmosphérique, des deux sites d'ALTEO.**

## 2. Dispositif de surveillance mis en œuvre

Le dispositif de surveillance déployé par AtmoSud pour cette campagne répond à la fois aux exigences de l'arrêté préfectoral du 28/12/2015 et aux besoins d'AtmoSud pour évaluer l'influence des deux sites d'ALTEO et affiner sa connaissance générale de la zone. Il tient compte des préconisations et des résultats des différentes expertises déjà réalisées par l'ANSES et le BRGM mais également des évaluations des risques sanitaires des deux sites, réalisées par l'exploitant. Ce protocole de surveillance a été validé par la DREAL.

### 2.1 Paramètres mesurés et moyens mis en œuvre

Le dispositif de surveillance est axé sur le suivi des substances particulières : les **particules sédimentables** (PS) et les **particules inhalables** (PM10<sup>4</sup> et PM2.5<sup>5</sup>) ; ainsi que la **composition en métaux** de celles-ci.

Les 34 métaux suivants seront étudiés :

- |                  |                                    |                  |                   |
|------------------|------------------------------------|------------------|-------------------|
| • Aluminium (Al) | • Chrome total (Cr)                | • Manganèse (Mn) | • Sodium (Na)     |
| • Antimoine (Sb) | • Chrome VI (Cr VI)                | • Mercure (Hg)   | • Tellure (Te)    |
| • Argent (Ag)    | • Chrome III <sup>6</sup> (Cr III) | • Molybdène (Mo) | • Thallium (Tl)   |
| • Arsenic (As)   | • Cobalt (Co)                      | • Nickel (Ni)    | • Titane (Ti)     |
| • Baryum (Ba)    | • Cuivre (Cu)                      | • Plomb (Pb)     | • Uranium (U)     |
| • Béryllium (Be) | • Etain (Sn)                       | • Potassium (K)  | • Vanadium (V)    |
| • Bore (B)       | • Fer (Fe)                         | • Sélénium (Se)  | • Zinc (Zn)       |
| • Cadmium (Cd)   | • Gallium (Ga)                     | • Silicium (Si)  | • Zirconium (Zr). |
| • Calcium (Ca)   | • Lithium (Li)                     |                  |                   |

En sus du programme de surveillance initialement prévu, AtmoSud a également réalisé ponctuellement des mesures de granulométrie des particules, mesures permettant de classer les particules selon leur taille.

La caractérisation des particules en composés organiques (HAP, PCB, Hydrocarbures...) n'a pas été retenue en raison des contraintes d'échantillonnage importantes (mise en place des dispositifs spécifiques en parallèle de ceux nécessaires à la caractérisation des métaux) et dans un souci de proportion, il a été considéré que l'évaluation des risques sanitaires associés à ces composés organiques pourrait être conduite sur la base de modélisation préalablement calées au moyen des mesures et de la caractérisation en métaux des particules en suspension et sédimentables.

Le suivi de ces paramètres a été réalisé dans le respect de l'état de l'art, en fonction des techniques disponibles et du type de substances recherchées sur chaque site de mesures :

- Analyseurs automatiques ;
- Préleveurs actifs, gravimétrie et analyses en laboratoire ;
- Collecteurs de particules sédimentables et analyses en laboratoire.

Le détail des moyens mis en œuvre sur chaque site de mesures est présenté en ANNEXE 1 et les détails techniques sont présentés en ANNEXE 2.

4 PM10 : Particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm

5 PM2.5 : Particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2.5 µm

6 Les concentrations et les dépôts en Cr III seront calculés par différence entre la concentration de Cr total et celle de Cr VI



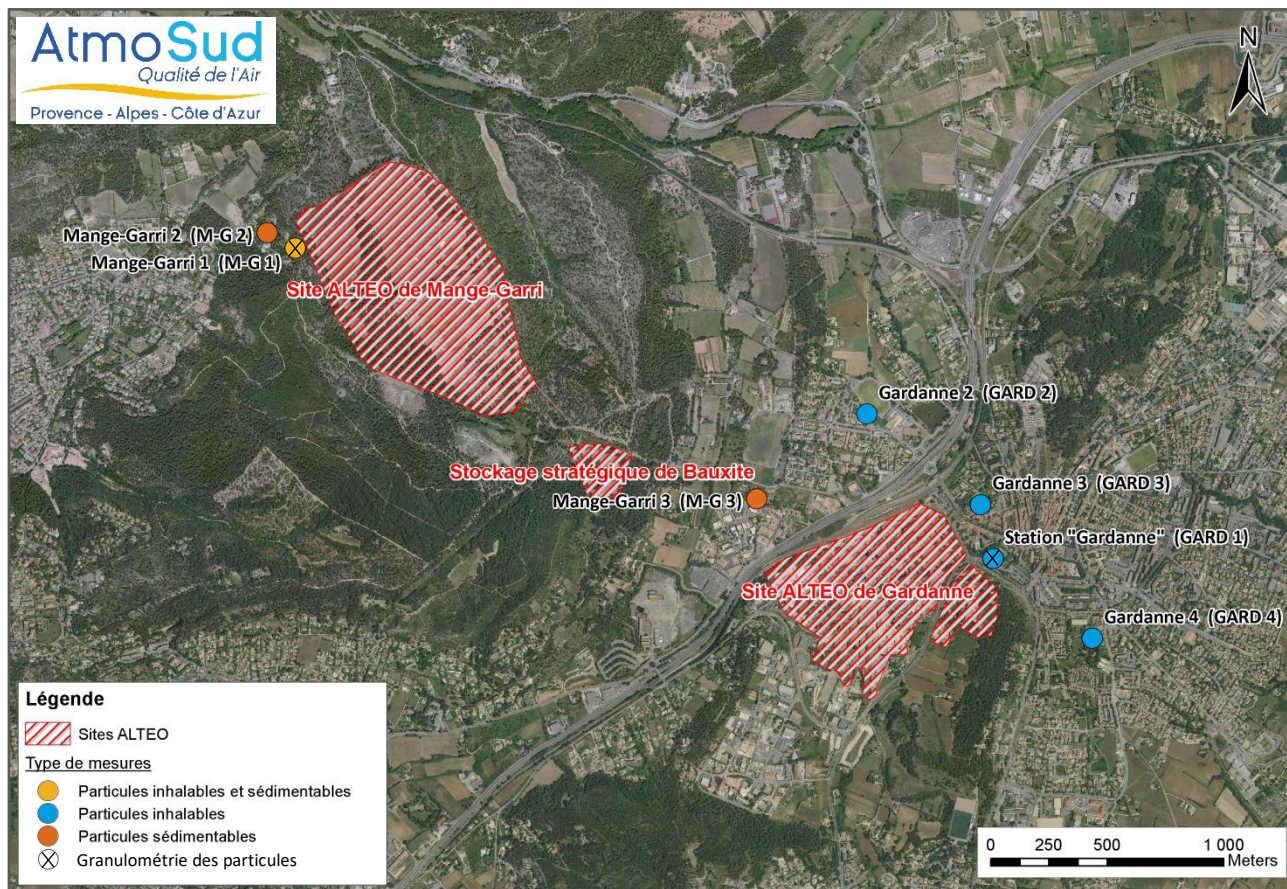
## 2.2 Positionnement des sites de mesures

### ► Sites de mesures autour des sites ALTEO

Le positionnement des sites de mesures a été établi en concertation avec la préfecture, la DREAL, l'exploitant et les riverains dans la mesure des moyens disponibles et des possibilités techniques. Il tient compte :

- des attentes réglementaires fixées par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) en charge de la surveillance des sites ALTEO ainsi que des attentes des différents collectifs de riverains de la zone ;
- des zones d'impact des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri identifiées à partir des modélisations de la dispersion réalisées dans le cadre des évaluations des risques sanitaires des sites [BURGEAP, 2015 – ANTEA Groupe 2015]. L'objectif était de placer des sites :
  - au droit des zones ayant les niveaux de pollution attendus les plus élevés.
  - au droit de zones intermédiaires faisant état de la décroissance des concentrations avec la distance.
  - au droit de zones de fond, non significativement influencés par les sources.
- de la localisation de la population afin d'avoir des sites :
  - représentatifs de l'exposition maximale des riverains (populations sous le panache)
  - représentatifs de l'exposition des populations dites sensibles (écoles...).
- des exigences d'alimentation électrique, de sécurisation des sites de mesures et d'autres contraintes techniques de terrain.

Figure 1 : Plan d'échantillonnage de la campagne de mesures



## ► Sites de références

Outre ces 7 sites de mesures, AtmoSud conduit, dans le cadre de la surveillance régionale de la qualité de l'air, des mesures de PM10 et de PM2.5 sur d'autres sites qui serviront de référence dans le cadre de la présente étude. Les stations de retenues comme référence sont :

- la station urbaine de fond « Marseille – Longchamp » (REF-Lonch) ;
- la station urbaine de fond « Aix - Ecole d'Art » (REF-Aix-Art) ;
- la station urbaine de fond « Salon » (REF-Salon) ;
- la station rurale de fond « Observatoire de Haute-Provence » (REF-OHP) ;
- la station péri-urbaine « Meyreuil » (REF-Meyreuil) sous influence industrielle ;
- la station d'observation spécifique « Malet » (REF-Malet) sous influence industrielle du site UNIPER.

Spécifiquement pour cette étude, AtmoSud a également conduit, en parallèle, des mesures de métaux sur les particules inhalables et sédimentables, sur un site de référence : la station AtmoSud « Marseille – Longchamp ». Le choix du site de références « métaux » a été réalisé sur la base du réseau de stations fixes AtmoSud existantes afin de disposer d'une connaissance préalable des sources d'émissions influençant les concentrations mesurées. Les sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri étant implantés en zone urbaine, le choix s'est porté sur les stations de fond urbaines les plus proches à savoir « Aix Ecole d'art » et « Marseille – Longchamp ». Au regard de l'implantation de ces deux stations, la station « Marseille – Longchamp » est apparue la plus pertinente car :

- elle est implantée au cœur de l'observatoire de Marseille à proximité du parc Longchamp et classée station « urbaine de fond » selon le référentiel national de classification des stations de mesures<sup>7</sup> ; par conséquent les niveaux de pollution sur cette station ne sont pas influencés de manière significative par une source d'émission spécifique mais plutôt par la contribution intégrée de multiples sources locales ;
- il n'existe pas de sources d'émissions des métaux traceurs de l'activité des sites ALTEO à proximité de cette station.

## 2.3 Période de mesures

Le dispositif de surveillance autour des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri a été mis en œuvre durant une année complète. Cette durée a été choisie afin d'avoir suffisamment de données, d'une part pour assurer la robustesse des statistiques et, d'autre part pour rencontrer les différentes conditions météorologiques présentes sur la zone et évaluer l'impact éventuel des sites ALTEO sur les niveaux de pollution environnementale.

Les mesures se sont déroulées :

- pour les particules inhalables (PM10 et PM2.5) entre le 24/02/2017 et le 21/02/2018 ;
- pour les particules sédimentables (PS) entre le 23/02/2017 et le 08/03/2018 ;
- pour les mesures de granulométrie des particules réalisées en sus du programme de surveillance initialement prévu :
  - entre le 19 mai et le 20 juillet 2017 sur le site « Gardanne 1 -station fixe »,
  - entre le 21 juillet et le 26 novembre 2017 sur le site « Mange-Garri 1 ».

---

<sup>7</sup> LCSQA (2017). Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air.



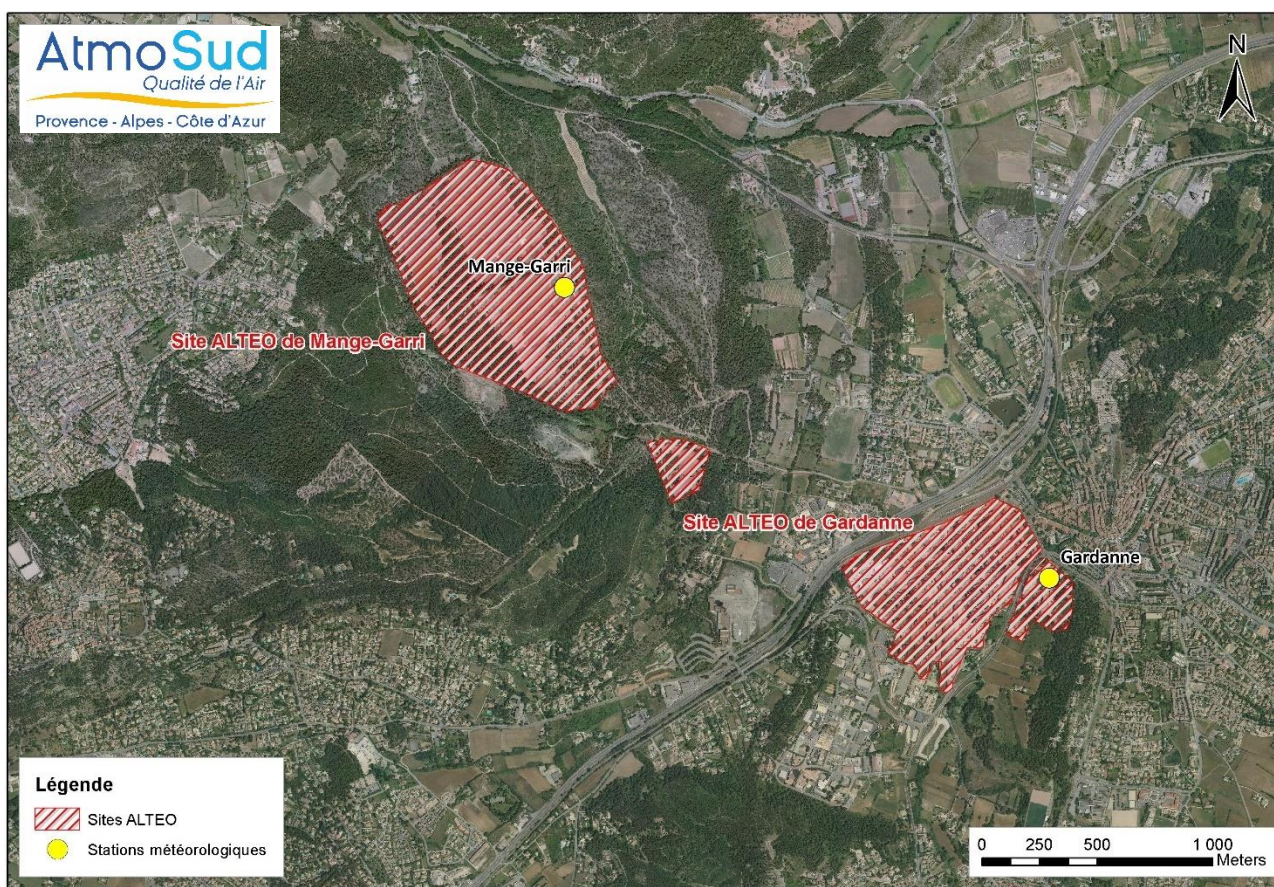
### 3. Conditions météorologiques

Le présent chapitre expose les conditions météorologiques rencontrées sur la zone d'étude lors de la campagne de mesures d'un an. Les données météorologiques utilisées dans le cadre de la présente étude sont celles de la station météorologique exploitée par ALTEO et implantée sur le toit du Filtre-Pressé 2 de Mange-Garri. Les données de la station météorologique implantée sur l'Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) de Gardanne exploitée par la SEMAG n'ont pas été exploitées du fait de la faible précision des données. En effet, la station météorologique ne fournit les directions qu'à un pas de 22,5°.

Afin de compléter la connaissance des conditions météorologiques locales et notamment l'influence du relief de la zone sur les directions de vent au droit de l'usine de Gardanne, AtmoSud a installé une station météorologique sur le bâtiment A de l'usine à compter de mi-janvier 2018.

La carte suivante présente la localisation des deux stations météorologiques exploitées dans le cadre de la présente étude.

Figure 2 : Localisation des stations météorologiques



### 3.1 Vitesses et Direction de vents

La figure suivante présente la rose des vents associée aux vitesses vents et aux directions de vents mesurées lors des trois premiers trimestres de mesures.

Lors de la campagne de mesures d'un an (périodes validées), les vents ont principalement été :

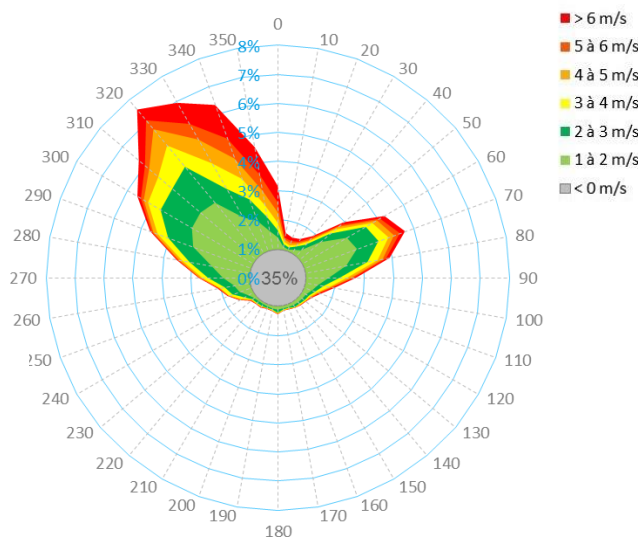
- calmes (vitesses inférieures à 1 m/s près de 35% du temps) auxquels aucune direction de vent ne peut être associée et,
- faibles (vitesses de vent comprises entre 1 m/s et 3 m/s près de 40 % du temps également) principalement d'un large secteur Nord-Ouest et de secteur Est-Nord-Est,
- modérés (vitesses de vent comprises entre 3 m/s et 8 m/s près de 20 % du temps principalement de secteur Nord-Nord-Ouest (Mistral).

Les vents forts (supérieurs à 8 m/s) ont quant à eux été présents 1 % du temps selon la dominante Nord-Nord-Ouest (Mistral).

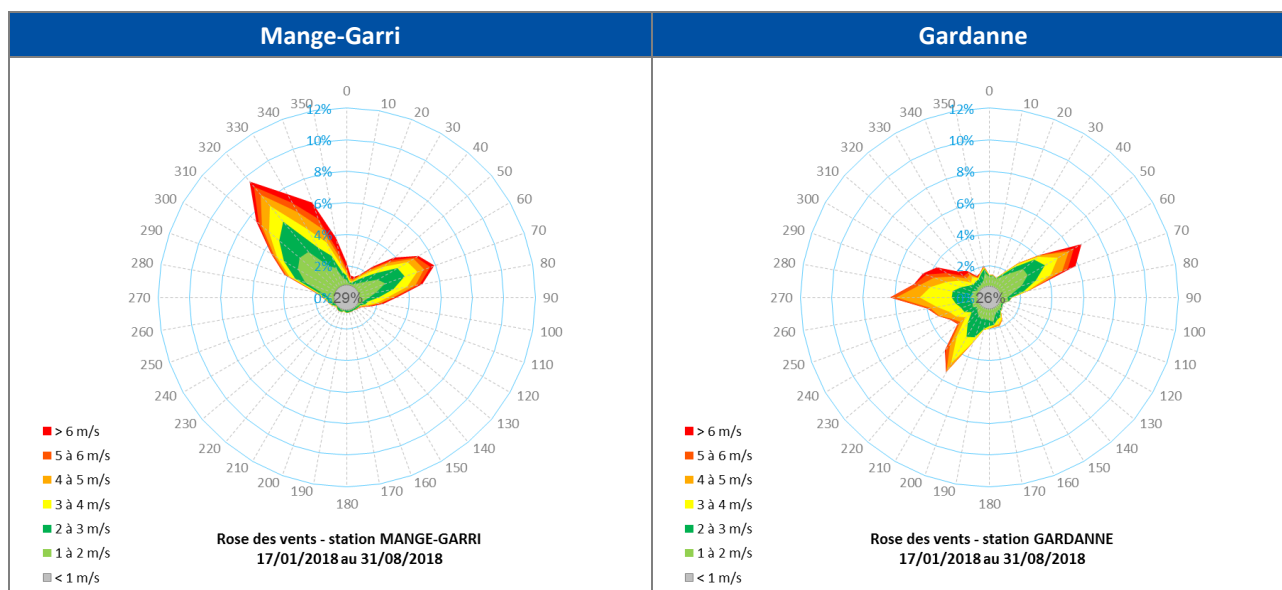
A noter toutefois, que de fin juin à mi-novembre la girouette de la station météorologique a dysfonctionné, les directions de vents durant cette période ont donc été invalidées.

La comparaison des roses des vents sur les stations de Mange-Garri et de Gardanne, obtenues entre mi-janvier et mi-mars 2018, permet en outre de mettre en évidence qu'en présence de Mistral, les vents sont de secteur Nord-Ouest au droit du site de Mange-Garri alors qu'au droit de l'usine de Gardanne, les vents sont canalisés par le relief local et sont d'un large secteur Ouest. Ces différences locales prendront toute leur importance dans l'identification des sources de pollution.

**Figure 3 : Rose des vents – station Mange-Garri période du 24/02/2017 – 08/03/2018**



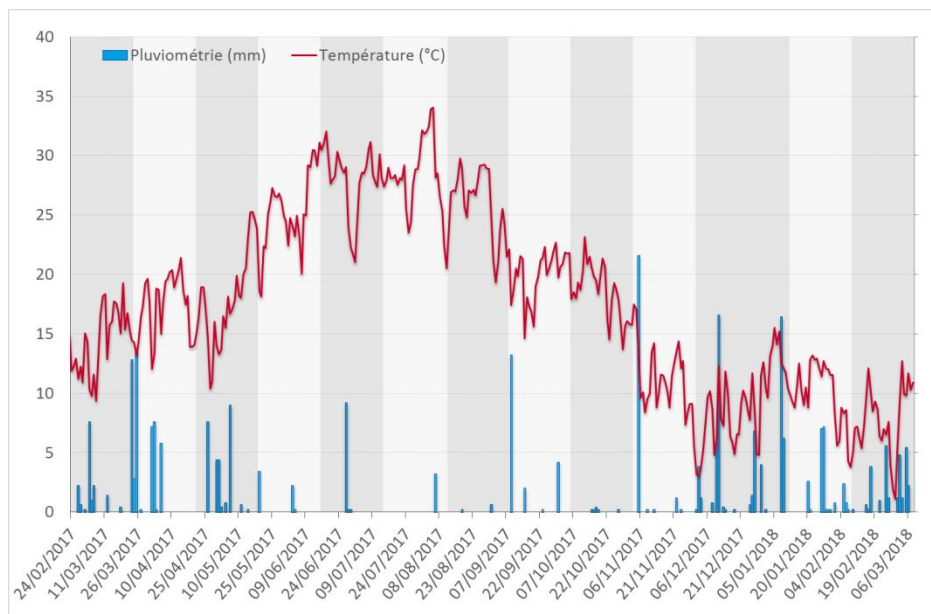
**Figure 4 : Comparaison des conditions météorologiques des stations Mange-Garri et Gardanne**



## 3.2 Températures et pluviométrie

Le graphique et le tableau ci-après présentent l'évolution de la température et des précipitations relevées lors de la campagne de mesures d'un an sur la station de Mange-Garri ainsi que les statistiques sur la période de mesures.

**Figure 5 : Températures et précipitations – période du 24/02/2017 - 08/03/2018**



**Tableau 1. Températures et précipitations – période du 24/02/2017 - 08/03/2018**

Mois	Température moyenne (°C)		Pluviométrie (mm)		Nombre de jours de pluie $\geq 1$ mm	
	Mange-Garri	Normales (1971-2000)	Mange-Garri	Normales (1971-2000)	Mange-Garri	Normales (1971-2000)
Mars - 2017	15.2	10.7	42.2	40.4	7	4.8
Avril - 2017	16.8	13.1	32.8	57.9	5	6.3
Mai - 2017	21.4	17.4	18.8	41.2	3	4.9
Juin - 2017	27.1	21.1	12.0	25.4	2	3.5
Juillet - 2017	27.9	24.1	0.0	12.6	0	1.4
Août - 2017	27.9	23.9	4.0	31.4	1	3.1
Septembre - 2017	20.3	20.4	19.6	60.6	3	4.1
Octobre - 2017	19.1	16.0	1.2	85.4	0	6.3
Novembre - 2017	11.4	10.7	23.4	50.6	2	5.2
Décembre - 2017	7.8	8.0	42.0	52.0	7	5.6
Janvier - 2018	11.7	7.1	40.4	53.6	5	6.1
Février - 2018	6.8	8.2	16.8	43.5	5	5.1

Lors de la campagne de mesures d'un an :

- les températures ont été supérieures aux valeurs moyennes sur 30 ans de la région ;
- les précipitations ont été inférieures aux normales saisonnières : 253 mm de précipitations en une année avec 40 jours de pluie, les conditions normales affichent des statistiques de 555 mm de pluie, avec 56 jours de pluie.

**Les conditions météorologiques rencontrées lors de la campagne de mesures d'un an ont donc été plus favorables aux envois de poussières qu'à la normale.**



## 4. Les particules inhalables (PM10 et PM2.5)

Ce chapitre porte sur les particules dites inhalables qui peuvent pénétrer dans le système respiratoire et rester en suspension dans l'air pendant des jours et être transportées par les vents sur de longues distances. Il présente une analyse des données obtenues au cours de la campagne de mesures d'un an : statistiques sur la période de la campagne, variabilité temporelle des relevés à l'échelle journalière et horaire pour certains sites, ainsi que la teneur en métaux dans les particules.

Les niveaux observés, entre le 24/02/2018 et le 21/02/2018, sur les 5 sites de mesures (« Gardanne 1 – station fixe AtmoSud », « Gardanne 2 », « Gardanne 3 », Gardanne 4 » et « Mange-Garri 1 ») sont comparés aux observations des sites de références.

Pour rappel, les mesures de PM10 et de PM2.5 ne sont pas réalisées simultanément mais alternativement (changement des têtes de prélèvement toutes les 15 jours) sur les sites équipés de préleveurs (« Gardanne 2 », « Gardanne 3 », Gardanne 4 » et « Mange-Garri 1 ») et sont réalisées simultanément et en continu sur les sites équipés d'analyseurs automatiques (« Gardanne 1 – station fixe AtmoSud » et les sites de références). Le tableau suivant présente pour chacun de ces sites, le taux de couvertures des mesures ainsi que le % de données valides sur ces périodes.

**Figure 6 : Taux de couverture et taux de données valides  
période du 24/02/2017 – 21/02/2018**

Site	Technique de mesures	PM10		PM2.5	
		Taux de couverture	% de données valides	Taux de couverture	% de données valides
GARD 2	Préleveurs	47 %	100 %	47 %	100 %
GARD 3		47 %	88 %	47 %	92 %
GARD 4		47 %	100 %	47 %	100 %
M-G 1		47 %	92 %	47 %	91 %
GARD 1	Analyseurs automatiques	100 %	88 %	100 %	88 %
REF-Longchamp		100 %	99 %	100 %	100 %
REF-Salon		100 %	99 %	-*	-*
REF-Aix-Art		100 %	99 %	100 %	99 %
REF-Malet		100 %	94 %	100 %	96 %
REF-Meyreuil		100 %	90 %	100 %	94 %
REF-OHP		100 %	98 %	100 %	94 %

\* PM2.5 non mesurées sur cette station permanente.

Pour les préleveurs, le plus faible taux de validité des données sur le site « Mange-Garri 1 » s'explique par un dysfonctionnement du préleveur durant 2 semaines au cours du premier mois de mesures alors que celui de « Gardanne 3 » s'explique par une invalidation par expertise environnementale des 3 premières semaines de mesures. En effet, le préleveur du site « Gardanne 3 » était, dans un premier temps, installé à l'école de Musique de Gardanne à proximité d'une zone fumeur. Le site de mesures a ensuite été déplacé non loin du site initial dans le centre de Protection Maternelle et Infantile de Gardanne.

Pour les analyseurs automatiques, le taux de validité des données est supérieur à l'objectif de qualité fixé à 85% pour les stations permanentes dans les Directives Européennes.

## 4.1 Niveaux moyens

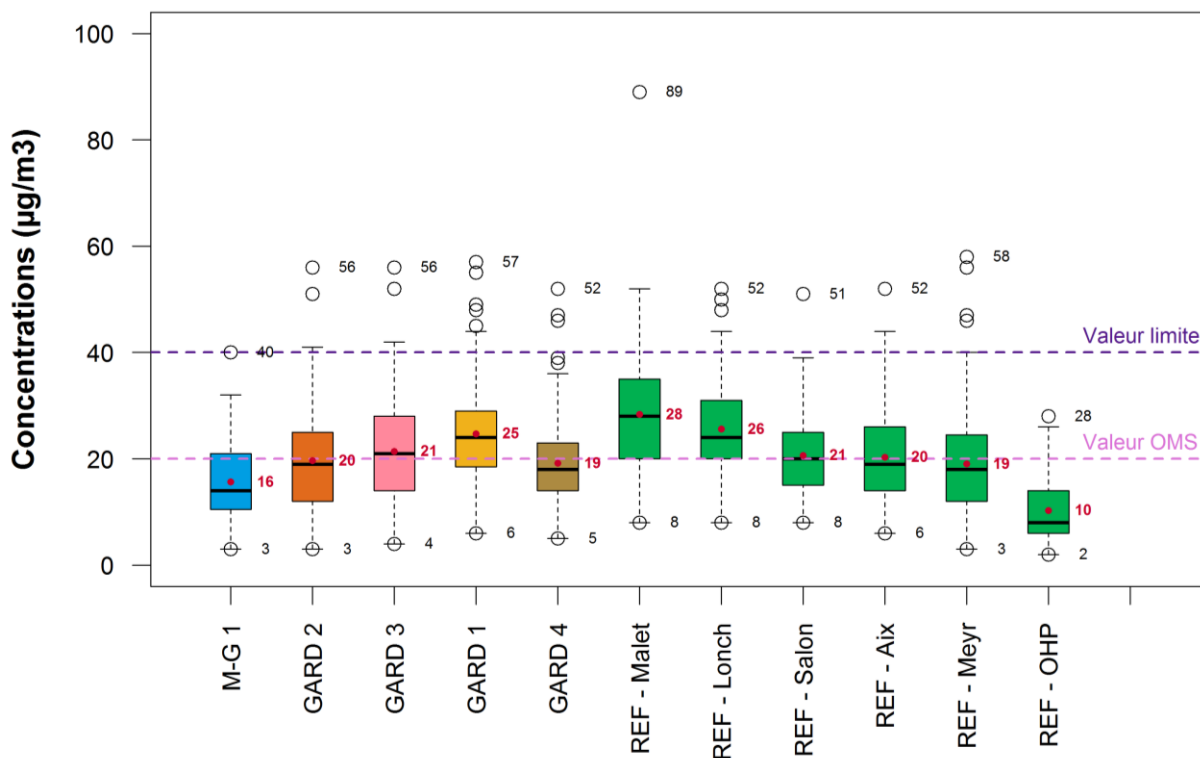
Les principaux résultats statistiques pour les PM10 et les PM2.5 (minimum et maximum journalier, moyenne, médiane et percentiles 25 et 75 des données journalières) sont présentés sous forme de boîte à moustaches dans les paragraphes suivants. Le détail des concentrations mesurées sur chacun des sites est présenté en ANNEXE 3.

Les boîtes à moustaches permettent de comparer facilement plusieurs grandeurs statistiques. Cette représentation graphique de la distribution des concentrations met en exergue les premier et troisième quartiles, qui sont les bordures inférieure et supérieure de la boîte rectangulaire. Ces extrémités se prolongent par des traits terminés par des cercles (minimum et maximum). Dans la boîte rectangulaire, le trait est la médiane, et la marque • la moyenne (Cf. ANNEXE 4).

### 4.1.1 Particules fines PM10

La variabilité des concentrations journalières en PM10 durant la campagne de mesures d'une année est présentée sur le graphique ci-après et ce uniquement lorsque les PM10 étaient mesurées sur l'ensemble des sites.

**Figure 7 : Boîtes à moustaches des concentrations journalières en PM10  
période du 24/02/2017 – 21/02/2018**



Parmi les sites de mesures implantés autour des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri :

- Le site « Gardanne 1 – station fixe AtmoSud » est, le site présentant les plus hauts niveaux de concentrations en PM10 avec une concentration moyenne de :
  - 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  si l'on considère l'ensemble de la période de mesures (le site « Gardanne 1 » est le seul site de mesures équipé d'un analyseur en continu de PM10 et sur lequel il n'y a pas d'alternance PM10/PM2.5) ;
  - 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  si l'on considère uniquement les données lorsque les PM10 étaient mesurées sur l'ensemble des sites.

Ces concentrations moyennes sur 1 année sont inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité de l'air respectivement fixés à 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle. Toutefois, elles sont supérieures à la valeur

guide recommandée par l'OMS<sup>8</sup> (20 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle). A noter également que, lorsque les PM10 étaient mesurées sur l'ensemble des sites, 2 dépassements de la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup> ont été observés (le 16/06/2017 et le 06/12/2017) contre 10 si l'on considère l'ensemble de la période de mesures.

Les niveaux en PM10 mesurés sur le site « Gardanne 1 – station fixe AtmoSud » sont comparables à ceux du site de référence « Marseille – Longchamp » représentatif de la pollution de fond urbaine d'une agglomération comme Marseille.

- Le site « Gardanne 3 » présente des niveaux de concentrations en PM10 inférieurs au site « Gardanne 1 » mais plus élevés que ceux des autres sites implantés autour des sites ALTEO avec une concentration moyenne de 21 µg/m<sup>3</sup>. Tout comme pour le site « Gardanne 1 », la concentration moyenne sur 1 an reste inférieure à la valeur limite et à l'objectif de qualité en moyenne annuelle mais supérieure à la ligne directrice de l'OMS.

Les niveaux en PM10 mesurés sur le site « Gardanne 3 » sont compris entre ceux du site de référence « Marseille – Longchamp » représentatif de la pollution de fond urbaine d'une agglomération comme Marseille et ceux des sites de référence « Aix – Ecole d'Art » ou « Salon » représentatifs de la pollution de fond urbaine de communes comme Aix-en-Provence ou Salon-de-Provence.

- Le site « Gardanne 2 » présente des niveaux de concentrations en PM10 légèrement inférieurs au site « Gardanne 3 » avec une concentration moyenne sur 1 an de 20 µg/m<sup>3</sup>, concentration qui reste inférieure à la valeur limite et à l'objectif de qualité en moyenne annuelle et qui respect tout juste la ligne directrice de l'OMS.

Les niveaux en PM10 mesurés sur le site « Gardanne 2 » sont également comparables à ceux des sites de référence « Aix – Ecole d'Art », « Salon » ou « Meyreuil » représentatifs de la pollution de fond urbaine de communes comme Aix-en-Provence et Salon-de-Provence ou de la pollution péri-urbaine de fond d'une commune comme Meyreuil.

- Le site « Gardanne 4 » et « Mange-Garri 1 » présentent, quant à eux, des niveaux de concentrations en PM10 inférieurs aux précédents sites avec une concentration moyenne sur 1 an de 19 µg/m<sup>3</sup> pour « Gardanne 4 » et de 16 µg/m<sup>3</sup> pour « Mange-Garri 1 », concentrations inférieures à la ligne directrice de l'OMS.

Les niveaux en PM10 mesurés sur ces deux sites sont compris entre ceux des sites représentatifs de la pollution de fond urbaine (« Aix école d'Art » - « Salon ») ou périurbaine (« Meyreuil ») et ceux du site représentatif de la pollution de fond rurale (« Observatoire de Haute-Provence »).

Cette première analyse statistique tend à mettre en évidence :

- une faible influence du site ALTEO de Mange-Garri sur les concentrations moyennes journalières en PM10 en proximité immédiate. En effet, les niveaux à proximité de ce site (site de mesures « Mange-Garri 1 ») sont les plus faibles et inférieures aux niveaux mesurés par AtmoSud sur le site de référence « Meyreuil » représentatif de la pollution de fond en zone péri-urbaine ;
- la présence d'une ou plusieurs sources d'émissions qui influencent les concentrations moyennes journalières en PM10 sur les sites « Gardanne 1 » et « Gardanne 3 ». Sur ces sites de mesures, les concentrations mesurées sont comparables à celles mesurées dans des communes à plus forte densité de population que celle de Gardanne. La décroissance des concentrations en PM10 en fonction de la distance des sites de mesures avec le site ALTEO de Gardanne laisse présager une influence du site ALTEO de Gardanne. L'analyse de l'évolution temporelle des concentrations en fonction des vitesses et des directions de vents ainsi que la caractérisation en métaux de ces particules permettront de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse (Cf. paragraphes 4.2.1 et 4.3).

---

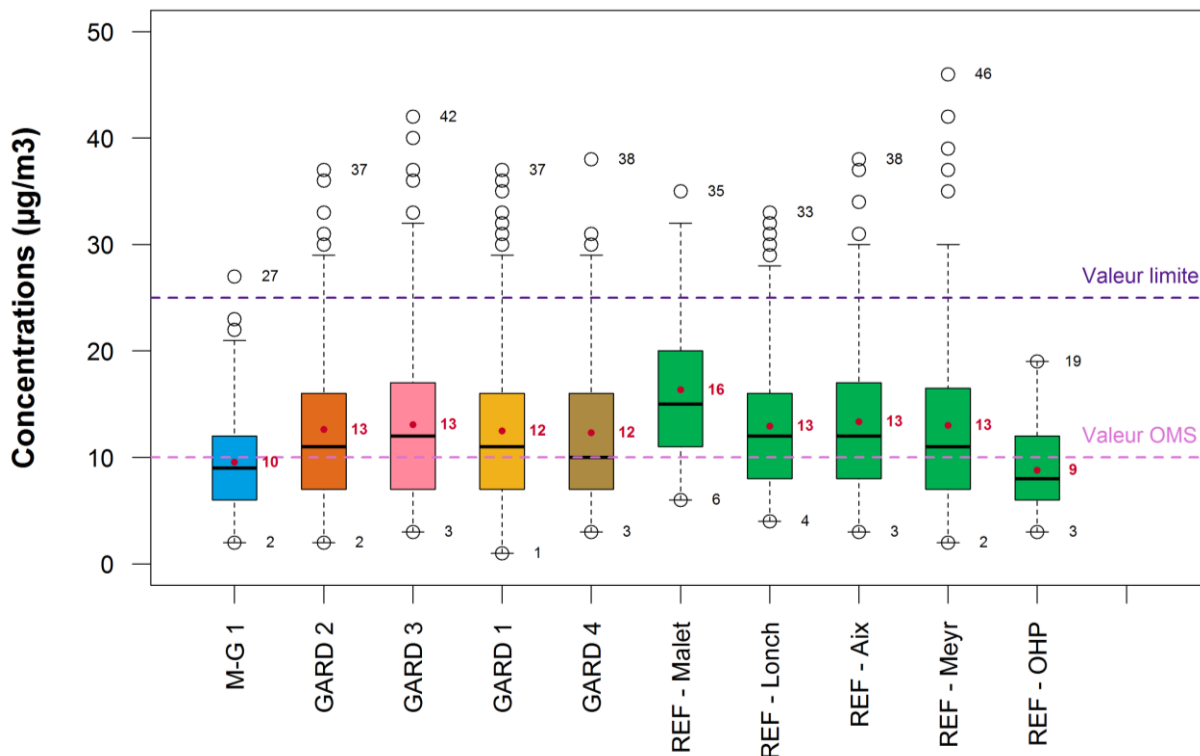
8 OMS : Organisation Mondiale de la Santé



## 4.1.2 Particules très fines PM2.5

La variabilité des concentrations journalières en PM2.5 durant la campagne de mesures d'une année est présentée sur le graphique ci-après et ce uniquement lorsque les PM2.5 étaient mesurées sur l'ensemble des sites.

**Figure 8 : Boîtes à moustaches des concentrations journalières en PM2.5  
période du 24/02/2017 – 21/02/2018**



Parmi les sites de mesures implantés autour des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri :

- les sites « Gardanne 1 », « Gardanne 2 », « Gardanne 3 » et « Gardanne 4 » présentent des niveaux moyens en PM2.5 homogènes et comparables à ceux des sites de référence « Aix – Ecole d'Art » représentatif de la pollution de fond urbaine d'une commune comme Aix-en-Provence ou « Meyreuil » représentatif de la pollution de fond péri-urbaine d'une commune comme Meyreuil.

Les concentrations moyennes sur 1 année, comprises entre 12 et 13 µg/m³, sont inférieures à la valeur limite et à la valeur cible respectivement fixées à 25 µg/m³ et 20 µg/m³ en moyenne annuelle. Toutefois, elles sont supérieures à l'objectif de qualité et la valeur guide recommandée par l'OMS (tous deux fixés à 10 µg/m³ en moyenne annuelle).

- le site « Mange-Garri 1 » présente, quant à lui, des niveaux moyens comparables à ceux du site de référence « Observatoire de Hautes-Provençes » représentatif de la pollution de fond rurale.

La concentration moyenne sur 1 année de 10 µg/m³ est inférieure à la valeur limite, à la valeur cible et respecte tout juste l'objectif de qualité et la valeur guide recommandée par l'OMS.

Cette première analyse statistique ne permet donc pas de mettre en évidence une influence des sites ALTEO de Gardanne et/ou de Mange-Garri sur les concentrations en PM2.5. En effet, les faibles variations entre les différents sites de mesures semblent plus en lien avec la typologie des sites de mesures et leur proximité aux principaux axes de circulation.

## 4.2 Variabilité temporelle et influence des conditions météorologiques

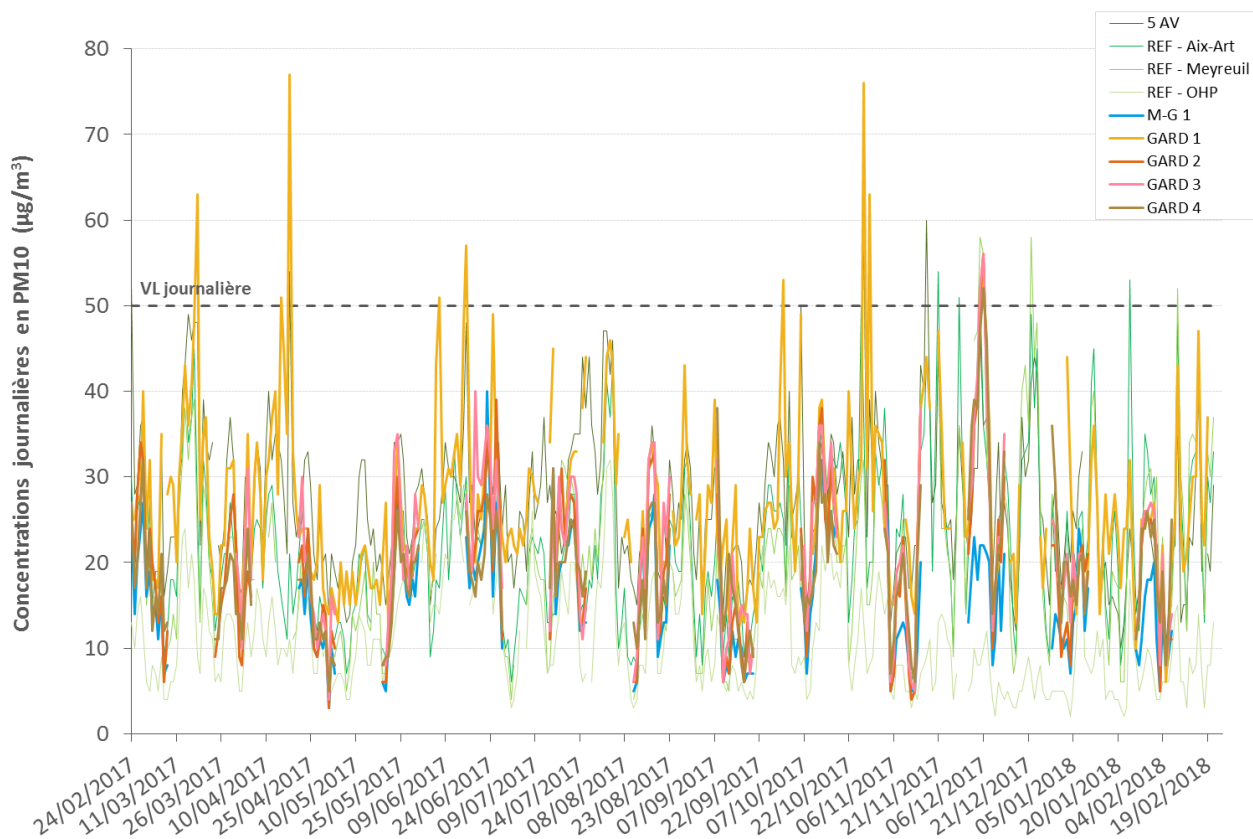
### 4.2.1 Particules fines PM10

L'évolution temporelle des concentrations journalières en PM10 mesurées sur les différents sites de mesures est présentée Figure 9.

L'analyse de ces graphiques permet de :

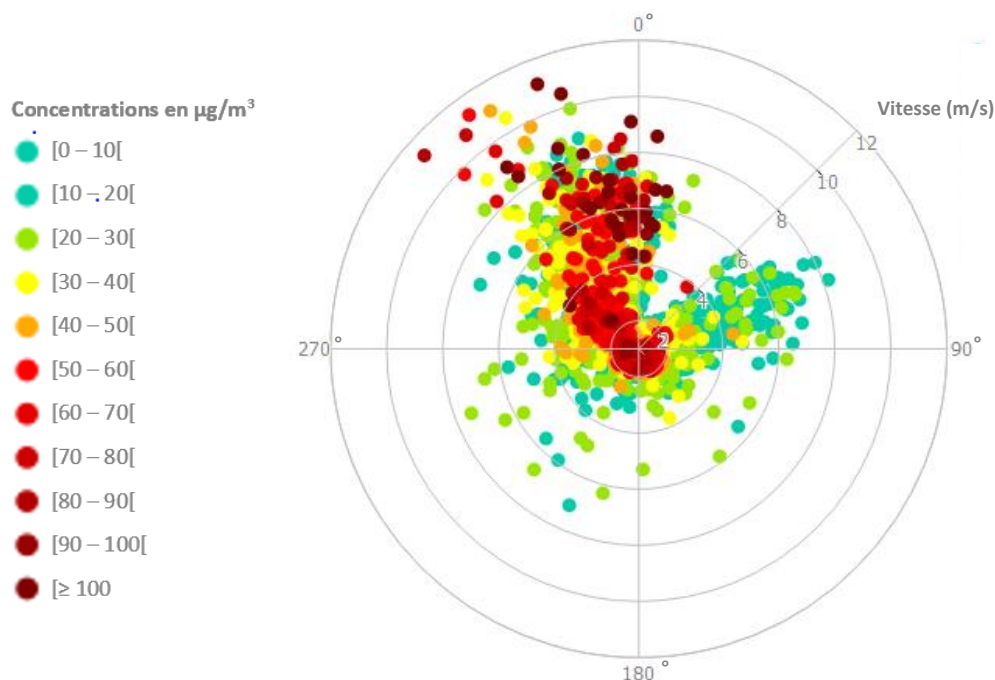
- confirmer que les concentrations journalières en PM10 sur le site « Gardanne 1 – station fixe AtmoSud » sont supérieures à celles des autres sites implantés autour d'ALTEO à l'exception ponctuellement du site « Gardanne 3 » alors que celles du site « Mange-Garri 1 » sont plus faibles ;
- mettre en évidence que les concentrations en PM10 suivent la même évolution sur les différents sites de mesures (sites autour d'ALTEO et sites de référence) hormis ponctuellement sur les sites de mesures « Gardanne 1 » (exemple du 16/06/2017 ou du 27/10/2017) et « Gardanne 3 » (exemple du 19/06/2017). En effet, sur certaines journées spécifiques, les concentrations en PM10 sur ces sites décrochent de celles mesurées sur les autres sites. Ces événements sont principalement observés en présence de vent d'ouest pour le site « Gardanne 3 » et de Nord-Ouest pour le site « Gardanne 1 », conditions de vents plaçant les sites de mesures sous les vents du stockage de bauxite du site ALTEO de Gardanne. A noter, que lorsque des décrochages de concentrations en PM10 se produisent sur ces sites, les concentrations des autres sites (lorsque celles-ci sont disponibles) ne décrochent pas. Sur le site « Gardanne 1 », ces décrochages sont souvent associés à un dépassement de la valeur limite journalière fixée à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- mettre en évidence qu'en dehors des périodes où les PM10 étaient mesurées sur l'ensemble des sites de mesures et durant lesquelles 2 dépassements du seuil de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  journalier a été observé sur le site « Gardanne 1 – station fixe AtmoSud », 8 dépassements du seuil de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  journalier ont été relevés. Ces dépassements ont été observés le 18/03/2017, le 15/04/2017, le 18/04/2017, le 07/06/2018, le 16/06/2018, le 30/09/2017, le 27/10/2017, 29/10/2017, le 06/12/2017 et le 21/12/2017 avec des concentrations pouvant atteindre plus de 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (les 18/04/2017 et 27/10/2017). Sur ces journées, le vent était de secteur Nord-Ouest avec des vitesses de vents supérieures à 5 m/s voir dépassant les 10 m/s les 18/04/2017 et 27/10/2017.

**Figure 9 : Evolution temporelle des concentrations journalières en PM10 période du 24/02/2017 – 21/02/2018**



Le graphique suivant présente l'influence des conditions météorologiques (vitesses et directions de vents) sur les concentrations en PM10. Le pas de temps journalier étant trop important pour mettre en évidence un lien potentiel entre ces différents paramètres, le pas de temps horaire a été étudié. Ainsi, parmi les sites de mesures implantés à proximité d'ALTEO, seul le site équipé d'analyseurs automatiques (« Gardanne 1 – station fixe AtmoSud ») a été étudié (Cf. Figure 10).

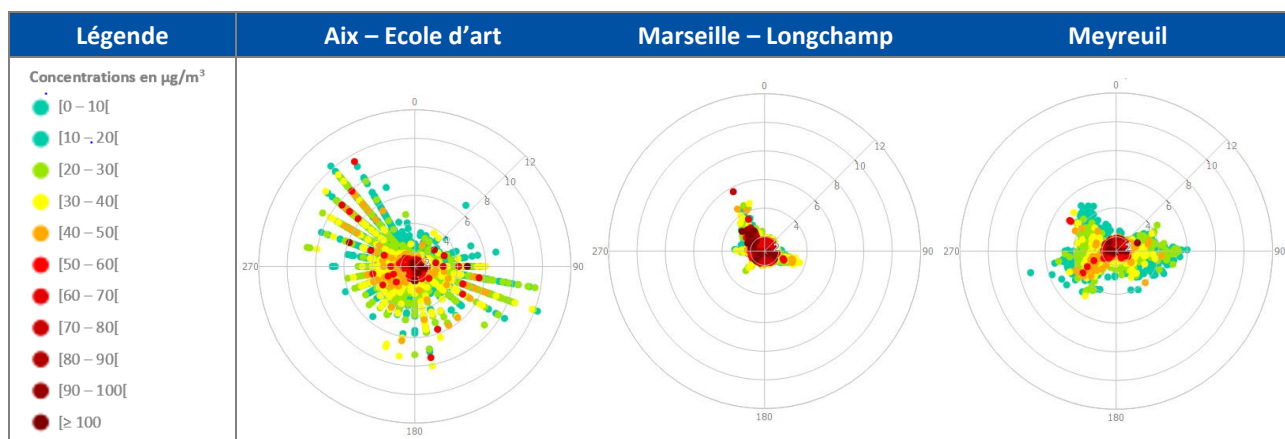
**Figure 10 : Concentrations en PM10 en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent)**  
**Données horaires – « Gardanne 1 – station fixe AtmoSud » - station météorologique Mange-Garri**



L'analyse de ce graphique et la mise en parallèle de ce dernier avec les graphiques obtenus sur les différents sites de référence (Cf. Figure 11) met en exergue que les concentrations horaires en PM10 sur le site « Gardanne 1 – station fixe AtmoSud » sont influencées en présence de :

- vents modérés avec une vitesse supérieures à 4 m/s de secteur Nord-Nord-Ouest probablement en lien avec le site ALTEO de Gardanne et notamment du stockage de Bauxite au regard de la localisation de ce dernier et de la modification des directions de vents observée entre le site ALTEO de Mange-Garri et celui de Gardanne (Cf. paragraphe 3.1) ;
- vents faibles à modérés (vitesses inférieures à 4 m/s) de secteur Ouest-Nord-Ouest probablement en lien avec les axes de circulation à proximité et /ou le site ALTEO de Gardanne au regard de la localisation de ces derniers.

**Figure 11 : Concentrations en PM10 en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent)**  
**Données horaires des sites de références – données météorologiques associées**



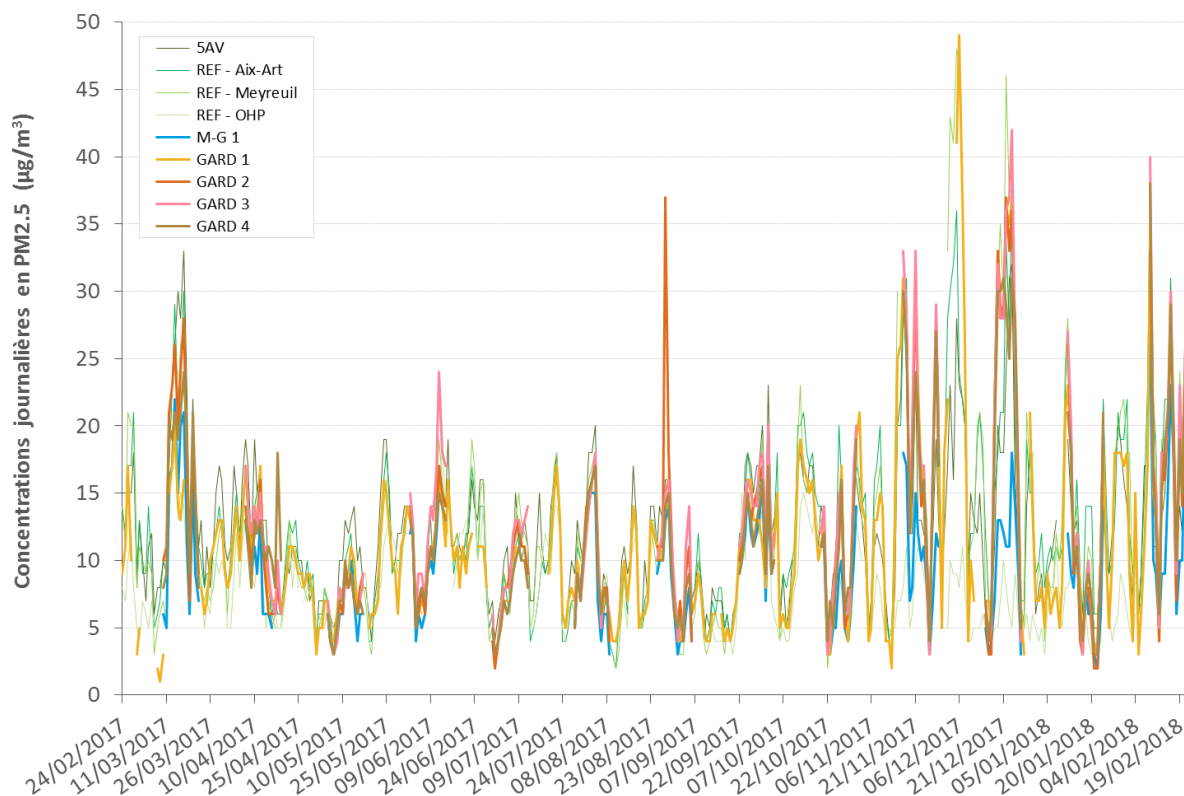
## 4.2.2 Particules très fines PM2.5

L'évolution temporelle des concentrations journalières en PM2.5 mesurées sur les différents sites de mesures est présentée Figure 12.

L'analyse de ce graphique permet de :

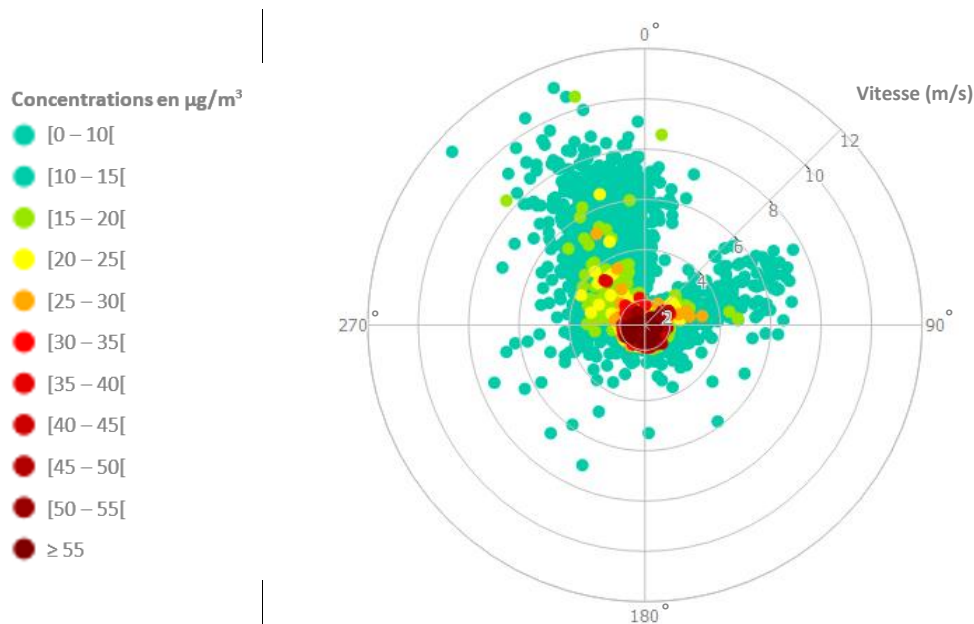
- confirmer que les concentrations journalières en PM2.5 sur l'ensemble des sites implantés autour d'ALTEO sont comparables aux sites de références et qu'elles suivent la même évolution temporelle à l'exception de quelques journées le 18/04/2017, le 12/06/2017, le 28/08/2017, le 05/09/2017, le 17/11/2017 et le 21/11/2017 ;
- mettre en évidence qu'alors que l'analyse statistique laissait penser que les concentrations journalières en PM2.5 étaient du même ordre de grandeur sur l'ensemble des sites implantés autour d'ALTEO, l'analyse temporelle montre, quant à elle, que ponctuellement des différences significatives de concentrations journalières en PM2.5 peuvent être observées :
  - Exemple des cas du 14 au 17 mars 2017 et des 17 et 21 novembre 2017 : Sur ces journées, les conditions de stabilité atmosphérique (vents calmes à faibles en alternance Est-Ouest) favorise l'accumulation de polluants, les niveaux sont donc plus importants sur les points de mesures situées à proximité d'une multitude de sources (« Gardanne 2 » - « Gardanne 3 ») : axes de circulations importants, zones d'habitations où la part de particules liées au chauffage domestique au bois est plus importante sur la zone les périodes les plus froides...
  - Exemple du 18 avril 2017 : Durant cette journée, les vents étaient de secteur Nord-Nord-Ouest sur le site de Mange-Garri donc Ouest sur le site de Gardanne avec des vitesses de vents pouvant atteindre 10 m/s générant un dépassement de la valeur limite journalière en PM10 sur le site « Gardanne 1 ». Les niveaux en PM2.5 plus importants sur le site « Gardanne 4 » pourraient s'expliquer par une augmentation de la distance d'impact des rejets canalisés du site ALTEO de Gardanne avec la vitesse des vents.
  - Exemple du 12 au 14 juin 2017, du 7 au 9 juillet 2017 et du 5 septembre 2017 : Par vents faibles d'ouest de vitesse de 2 m/s, les concentrations en PM2.5 sur le site « Gardanne 3 » sont plus importantes que sur les autres sites de mesures. Dans ces conditions, les concentrations sont probablement influencées par les axes de circulation et/ou le site ALTEO de Gardanne. La caractérisation en métaux de ces particules permettra de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse (Cf. paragraphes 4.2.1 et 4.3).

**Figure 12 : Evolution temporelle des concentrations journalières en PM2.5 période du 24/02/2017 – 21/02/2018**



Le graphique suivant présente l'influence des conditions météorologiques (vitesses et directions de vents) sur les concentrations en PM2.5. Le pas de temps journalier étant trop important pour mettre en évidence un lien potentiel entre ces différents paramètres, le pas de temps horaire a été étudié. Ainsi, parmi les sites de mesures implantés à proximité d'ALTEO, seul le site équipé d'analyseurs automatiques (« Gardanne 1 – station fixe AtmoSud ») a été étudié (Cf. Figure 13).

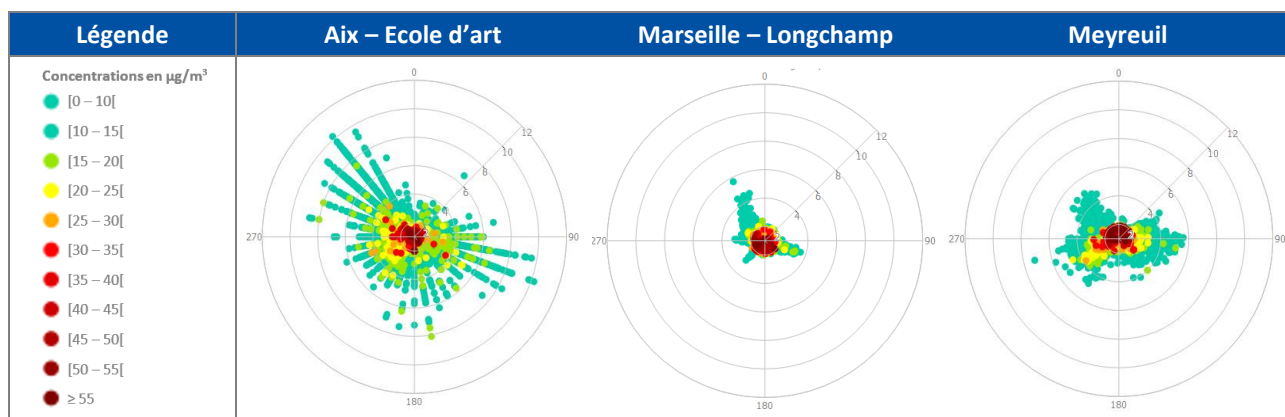
**Figure 13 : Concentrations en PM2.5 en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent)  
Données horaires – « Gardanne 1 – station fixe AtmoSud » - station météorologique Mange-Garri**



L'analyse de ce graphique et la mise en parallèle de ce dernier avec les graphiques obtenus sur les différents sites de référence (Cf. Figure 14) met en exergue que les concentrations horaires en PM2.5 sur le site « Gardanne 1 – station fixe AtmoSud » sont influencées en présence :

- de vents faibles (vitesse inférieures à 2 m/s) :
  - de secteur Ouest probablement en lien avec le site ALTEO de Gardanne et/ou les axes de circulation à proximité au regard de la localisation de ces derniers,
  - d'un large secteur sud-est probablement en lien avec le parking situé à proximité ;
- de vents faibles à modérés (vitesse comprises entre 2 et 4 m/s)
  - de secteur Nord-Ouest probablement en lien avec le site ALTEO de Gardanne et/ou les axes de circulation à proximité au regard de la localisation de ces derniers,
  - de secteur Est-Nord-Est probablement en lien avec une autre source d'émission que les sites ALTEO de Gardanne au regard de sa position

**Figure 14 : Concentrations en PM2.5 en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent)  
Données horaires des sites de références – données météorologiques associées**





## 4.3 Granulométrie des particules

En sus du programme de surveillance initialement prévu, AtmoSud a installé un granulomètre GRIMM sur :

- le site « Gardanne 1 -station fixe » du 19 mai au 20 juillet 2017 ;
- le site « Mange-Garri 1 » du 21 juillet au 26 novembre 2017.

Le granulomètre GRIMM permet de mesurer en continu, par diffraction lumineuse, le nombre de particules en fonction de leur taille selon 31 canaux de tailles particulières différentes (0,26 à 34  $\mu\text{m}$ ). Le résultat est exprimé en nombre de particules par litre d'air.

La granulométrie des particules permet d'évaluer la nature et l'origine des particules. Le domaine de dimension des particules dans l'atmosphère s'étend de quelques nanomètres environ (agrégats moléculaires) jusqu'à 100 micromètres (poussières naturelles). La classification en taille des particules est relative aux mécanismes de formation des particules classiquement divisée en trois modes de formation :

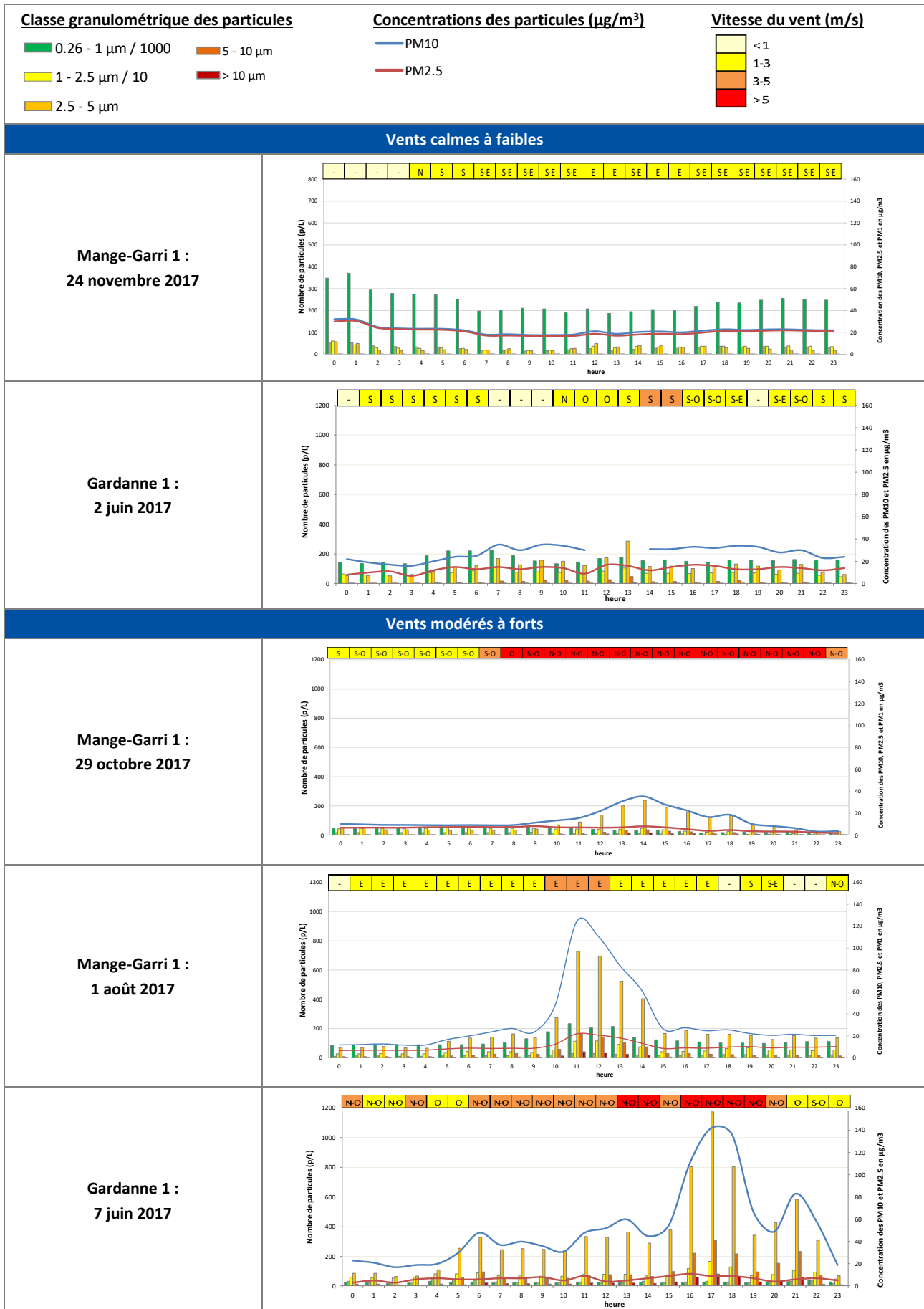
- **le mode nucléation** qui comprend, les particules, dont la taille est inférieure à 0,1  $\mu\text{m}$  (les particules ultra fines), issues pour l'essentiel de la combustion en moteur ou de processus de conversion gaz-particules. Les performances du GRIMM ne permettent pas de descendre en deçà de 0,26  $\mu\text{m}$  de diamètre, ce mode de formation ne sera donc pas identifié dans le cadre de la présente étude.
- **le mode accumulation** qui intègre les particules dont la taille est comprise entre 0,1  $\mu\text{m}$  et 1-2  $\mu\text{m}$  provenant soit du grossissement par condensation, soit de la coagulation des particules du mode nucléation.
- **le mode particules grossières** qui comprend les particules supérieures à 1-2  $\mu\text{m}$  issues pour l'essentiel de processus mécaniques (abrasion, érosion éolienne, etc.).

Les graphiques, présentés page suivante (Cf. Figure 15), mettent en évidence l'influence de la vitesse du vent sur la granulométrie des particules :

- Par vent faibles, sur les deux sites de mesures, les particules de diamètre supérieur à 5  $\mu\text{m}$  sont peu présentes alors que les particules de diamètre inférieur à 0,5  $\mu\text{m}$  sont dominantes. L'évolution du nombre de particules sur ce type de journée est à corrélérer avec :
  - le mouvement pendulaire domicile-travail sur le site « Gardanne 1 » le 2 juin ;
  - les activités de chauffage sur le site « Mange-Garri 1 » le 24 novembre 2017.
- Par vents modérés à forts (vitesses supérieures à 4 m/s), on observe une diminution du nombre de particules de diamètre inférieur à 0,5  $\mu\text{m}$  et une augmentation de celles dont le diamètre est supérieur à 2,5  $\mu\text{m}$  :
  - Sur le site de « Mange-Garri 1 » :
    - Cas du 29/10/2017 : l'augmentation du nombre de particules de diamètre supérieur à 2,5  $\mu\text{m}$  en présence de vents modérés à fort de secteur Nord-Ouest n'est pas en lien avec le site de Mange-Garri puisque le site de mesures n'est pas sous les vents du site de Mange-Garri dans ces conditions, l'hypothèse d'un apport terrigène de particules semble la plus probable.
    - Cas du 01/08/2017 : l'augmentation beaucoup plus importante de particules de diamètre supérieur à 2,5  $\mu\text{m}$  en présence de vents modérés de secteur Est tend à mettre en évidence un impact du site ALTEO de Mange-Garri sur le nombre de particules supérieures à 2,5  $\mu\text{m}$ . Une augmentation du nombre de particules de l'ensemble des fractions accompagne cette augmentation. Toutefois, il est important de noter que l'augmentation du nombre de particules de diamètre < 1  $\mu\text{m}$  était généralisée à l'ensemble de la région (augmentations similaires sur le site de « Marseille – Longchamp »).
  - Sur le site « Gardanne 1 », l'augmentation beaucoup plus importante de particules de diamètre supérieur à 2,5  $\mu\text{m}$  en présence de vents modérés à fort de secteur Nord-Ouest tend à mettre en évidence un impact du site ALTEO de Gardanne sur le nombre de particules supérieures à 2,5  $\mu\text{m}$ . Une augmentation du nombre de particules de diamètre compris entre 1 et 2,5  $\mu\text{m}$  accompagne cette augmentation alors que le nombre de particules de diamètre < 1  $\mu\text{m}$  reste stable.

A noter que, les mesures n'ayant pas eu lieu simultanément sur les deux sites, les niveaux de particules ne sont pas comparables entre eux. Les niveaux de particules et notamment les plus fines sont plus élevées sur le site « Mange-Garri 1 » que sur « Gardanne 1 » en raison de la période de mesures (période froide pour Mange-Garri 1).

Figure 15 : Granulométrie des particules en fonction des conditions météorologiques (vitesses et directions de vent)



L'analyse de la répartition granulométrique des particules permet de compléter et d'affiner, l'analyse de l'impact des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri sur les particules.

En effet, l'analyse des niveaux moyens et l'analyse de l'évolution temporelle des concentrations en PM10 et PM2.5 (Cf. paragraphes 4.1 et 4.2) a permis de mettre en évidence que dans certaines conditions météorologiques bien particulières (vents d'un large secteur Nord-Ouest de vitesse supérieure à 4 m/s), les concentrations en PM10 sur le site « Gardanne 1 » et « Gardanne 3 » étaient probablement influencées par le stockage de Bauxite du site ALTEO de Gardanne alors que les concentrations en PM2.5 l'étaient moins ou peu. L'analyse de la granulométrie des particules confirme cette analyse et met en exergue que dans ces conditions de vents, les fractions sur lesquelles une augmentation du nombre de particules est observée sont les fractions dont le diamètre est supérieur à 1 µm et principalement celles de diamètre supérieur à 2,5 µm. L'augmentation du nombre de particules de diamètre compris entre 1 et 2,5 µm ne s'observe pas ou peu sur la caractérisation des particules en masse du fait de leur faible poids.

En ce qui concerne le site « Mange-Garri 1 », l'analyse des niveaux moyens et l'analyse de l'évolution temporelle des concentrations en PM10 et PM2.5 (Cf. paragraphes 4.1 et 4.2), n'a pas permis de mettre en évidence un impact du site ALTEO de Mange-Garri sur les concentrations en PM10 et PM2.5. A contrario, l'analyse en continu de la granulométrie des particules a permis de mettre en évidence que dans des conditions météorologiques bien particulières – vents d'Est de vitesse supérieure à 4 m/s – conditions de vents plaçant le site de mesures « Mange-Garri 1 » sous les vents du stockage de Bauxaline, le site ALTEO de Mange-Garri pouvaient influencer le nombre de particules. Tout comme sur le site de mesures « Gardanne 1 », dans ces conditions de vents, on observe une augmentation du nombre de particules pour les particules de diamètre supérieur à 1 µm mais plus particulièrement pour celles de diamètre supérieur à 2,5 µm. Ce phénomène n'a pas été identifié au travers de l'analyse des niveaux moyens et de l'évolution temporelles car ces conditions météorologiques bien particulières (vents d'Est de vitesse supérieure à 4 m/s) ne représentent qu'une faible proportion des conditions rencontrées sur la zone (1% du temps durant la campagne de mesures d'un an). D'autant plus que lorsque ces conditions météorologiques se présentent, elles n'apparaissent que durant quelques heures dans la journée ce qui ne permet pas de les identifier à partir de concentrations journalières.



## 4.4 Teneur de métaux dans les particules

Les teneurs en métaux dans les particules ont été établies à un pas de temps hebdomadaire tout au long de la campagne de mesures d'une année sur les deux fractions de particules étudiées, et ce en deux temps : cumul des prélèvements journaliers sur filtre, puis analyse des filtres en différé au laboratoire après minéralisation à l'exception de chrome VI qui nécessite la réalisation de prélèvements spécifiques et pour lequel les prélèvements ont été réalisés sur la fraction PM10 2 à 3 semaines par saison.

Les teneurs en métaux sont exprimées en élément métallique et ce quel que soit l'état d'oxydation du métal dans l'environnement. A titre d'exemple, les teneurs en aluminium présentées ci-après tiennent compte à la fois de la forme métallique de ce métal dans l'environnement et de ces formes oxydées telle que l'alumine sans qu'aucune distinction puisse être réalisée.

Le Tableau 2 présente les concentrations moyennes obtenues pour chacun des métaux et chacune des fractions étudiées et précise entre parenthèse le pourcentage de valeurs inférieures aux LQ. De plus, les concentrations moyennes sont mises en parallèle avec les valeurs de références existantes. L'ensemble des résultats ainsi que les limites de quantification des métaux étudiés et les valeurs de comparaison existantes sont présentés en ANNEXE 5.

**Tableau 2. Teneurs en métaux (ng/m<sup>3</sup>) – fraction PM10 et PM2.5**

Métaux	Fraction PM10						Fraction PM2.5					
	GARD 1	GARD 2	GARD 3	GARD 4	M-G 1	REF-Lonch	GARD 1	GARD 2	GARD 3	GARD 4	M-G 1	REF-Lonch
Nb éch.	21	25	22	25	22	17	20	26	24	26	23	20
Ag	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Al	597 (0 %)	202 (4 %)	415 (0 %)	204 (0 %)	165 (28 %)	120 (8 %)	91 (26 %)	43 (73 %)	105 (27 %)	52 (63 %)	40 (95 %)	41 (89 %)
As	0.4 (67 %)	0.4 (76 %)	0.3 (82 %)	0.3 (80 %)	0.3 (86 %)	< LQ (100 %)	0.5 (60 %)	0.3 (85 %)	0.3 (83 %)	0.4 (77 %)	0.3 (91 %)	0.3 (90 %)
B	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	84 (95 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Ba	6.2 (19 %)	5.6 (30 %)	6.4 (18 %)	3.3 (72 %)	3.2 (81 %)	8.0 (0 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	2.6 (95 %)
Be	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Ca	1579 (0 %)	1319 (5 %)	1237 (5 %)	907 (20 %)	1375 (56 %)	1231 (8 %)	281 (90 %)	353 (91 %)	278 (95 %)	315 (92 %)	378 (96 %)	392 (90 %)
Cd	< LQ (100 %)	0.1 (92 %)	< LQ (100 %)	0.1 (96 %)	< LQ (100 %)	0.2 (88 %)	0.1 (90 %)	0.1 (92 %)	0.1 (92 %)	0.1 (92 %)	0.1 (96 %)	< LQ (100 %)
Co	0.1 (90 %)	0.1 (91 %)	0.1 (91 %)	< LQ (100 %)	0.1 (95 %)	0.1 (94 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	0.1 (96 %)	0.1 (90 %)
Cr	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Cu	11.8 (10 %)	9.8 (4 %)	12.3 (0 %)	7.6 (20 %)	4.6 (55 %)	16.6 (0 %)	3.6 (75 %)	3.6 (73 %)	4.1 (54 %)	3.2 (79 %)	3.2 (91 %)	3.2 (84 %)
Fe	514 (0 %)	331 (0 %)	452 (0 %)	247 (4 %)	189 (40 %)	340 (0 %)	94 (65 %)	84 (75 %)	102 (63 %)	69 (92 %)	68 (91 %)	75 (85 %)
Ga	0.5 (43 %)	0.3 (88 %)	0.3 (82 %)	< LQ (100 %)	0.3 (95 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Hg	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
K	147 (5 %)	163 (0 %)	151 (0 %)	135 (4 %)	104 (9 %)	120 (0 %)	128 (35 %)	117 (27 %)	118 (25 %)	109 (23 %)	67 (33 %)	84 (25 %)

Métaux	Fraction PM10						Fraction PM2.5					
	GARD 1	GARD 2	GARD 3	GARD 4	M-G 1	REF-Lonch	GARD 1	GARD 2	GARD 3	GARD 4	M-G 1	REF-Lonch
Nb éch.	21	25	22	25	22	17	20	26	24	26	23	20
Li	0.3 (95 %)	0.3 (96 %)	0.3 (95 %)	0.3 (96 %)	0.3 (91 %)	0.3 (94 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	0.3 (96 %)	< LQ (100 %)
Mn	5.3 (0 %)	5.2 (0 %)	5.3 (0 %)	4.5 (0 %)	3.2 (5 %)	5.5 (0 %)	1.6 (30 %)	1.8 (25 %)	1.6 (21 %)	1.7 (19 %)	1.0 (60 %)	1.6 (10 %)
Mo	0.8 (67 %)	0.7 (76 %)	0.7 (73 %)	0.6 (84 %)	0.6 (91 %)	0.7 (82 %)	0.5 (95 %)	0.6 (85 %)	0.6 (92 %)	0.6 (85 %)	0.6 (91 %)	0.6 (90 %)
Na	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Ni	1.3 (29 %)	1.3 (35 %)	1.4 (27 %)	1.1 (44 %)	1.4 (40 %)	1.9 (8 %)	0.9 (70 %)	1.2 (58 %)	1.0 (63 %)	1.0 (62 %)	0.9 (75 %)	1.7 (19 %)
Pb	4.7 (0 %)	4.5 (0 %)	4.8 (0 %)	4.1 (0 %)	2.7 (5 %)	4.2 (0 %)	2.9 (10 %)	2.7 (0 %)	2.7 (0 %)	2.7 (0 %)	2.2 (5 %)	2.5 (0 %)
Sb	1.6 (19 %)	1.0 (36 %)	1.4 (9 %)	1.2 (48 %)	0.5 (59 %)	1.0 (24 %)	0.6 (55 %)	0.7 (42 %)	0.6 (54 %)	0.6 (65 %)	0.4 (74 %)	0.5 (55 %)
Se	< LQ (100 %)	0.6 (96 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	0.6 (96 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Si	180 (95 %)	210 (92 %)	208 (91 %)	270 (92 %)	150 (95 %)	187 (81 %)	171 (90 %)	144 (92 %)	127 (96 %)	127 (96 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Sn	1.4 (52 %)	0.9 (60 %)	1.2 (41 %)	0.6 (84 %)	0.6 (95 %)	0.9 (47 %)	0.5 (95 %)	0.5 (96 %)	0.5 (96 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	0.6 (90 %)
Te	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Ti	14.0 (11 %)	9.8 (19 %)	11.9 (5 %)	7.0 (36 %)	15.1 (40 %)	8.3 (31 %)	2.8 (90 %)	3.3 (92 %)	2.8 (91 %)	3.1 (88 %)	3.6 (96 %)	3.6 (90 %)
Tl	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
U	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
V	2.9 (10 %)	2.1 (4 %)	2.6 (0 %)	1.9 (0 %)	2.1 (5 %)	2.5 (0 %)	1.6 (15 %)	1.9 (0 %)	1.9 (0 %)	1.8 (0 %)	1.4 (17 %)	2.7 (0 %)
Zn	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	12.5 (94 %)	< LQ (100 %)	10.2 (96 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)
Zr	0.9 (57 %)	0.7 (79 %)	0.8 (64 %)	< LQ (100 %)	0.7 (82 %)	0.7 (76 %)	< LQ (100 %)	0.5 (96 %)	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	0.5 (96 %)	< LQ (100 %)
Cr VI*	0,3 (75 %)	-	-	-	< LQ (100 %)	< LQ (100 %)	-	-	-	-	-	-

En noir : Concentrations moyennes calculées en considérant la limite de quantification divisée par 2 (LQ/2) lorsque la concentration était inférieure à la limite de quantification (< LQ).

En gris : Pourcentage de valeurs inférieures aux LQ.

\* Le Cr VI n'a été mesuré que sur la fraction PM10 et sur les sites « Mange-Garri 1 », « Gardanne 1 » et « REF – Marseille – 5 avenues ».

Ce tableau ainsi que l'analyse statistique de chacun des métaux sous forme de boîte à moustaches présentées en ANNEXE 6 (seuls les graphiques d'intérêts seront présentés dans ce chapitre) permettent de mettre en évidence que :

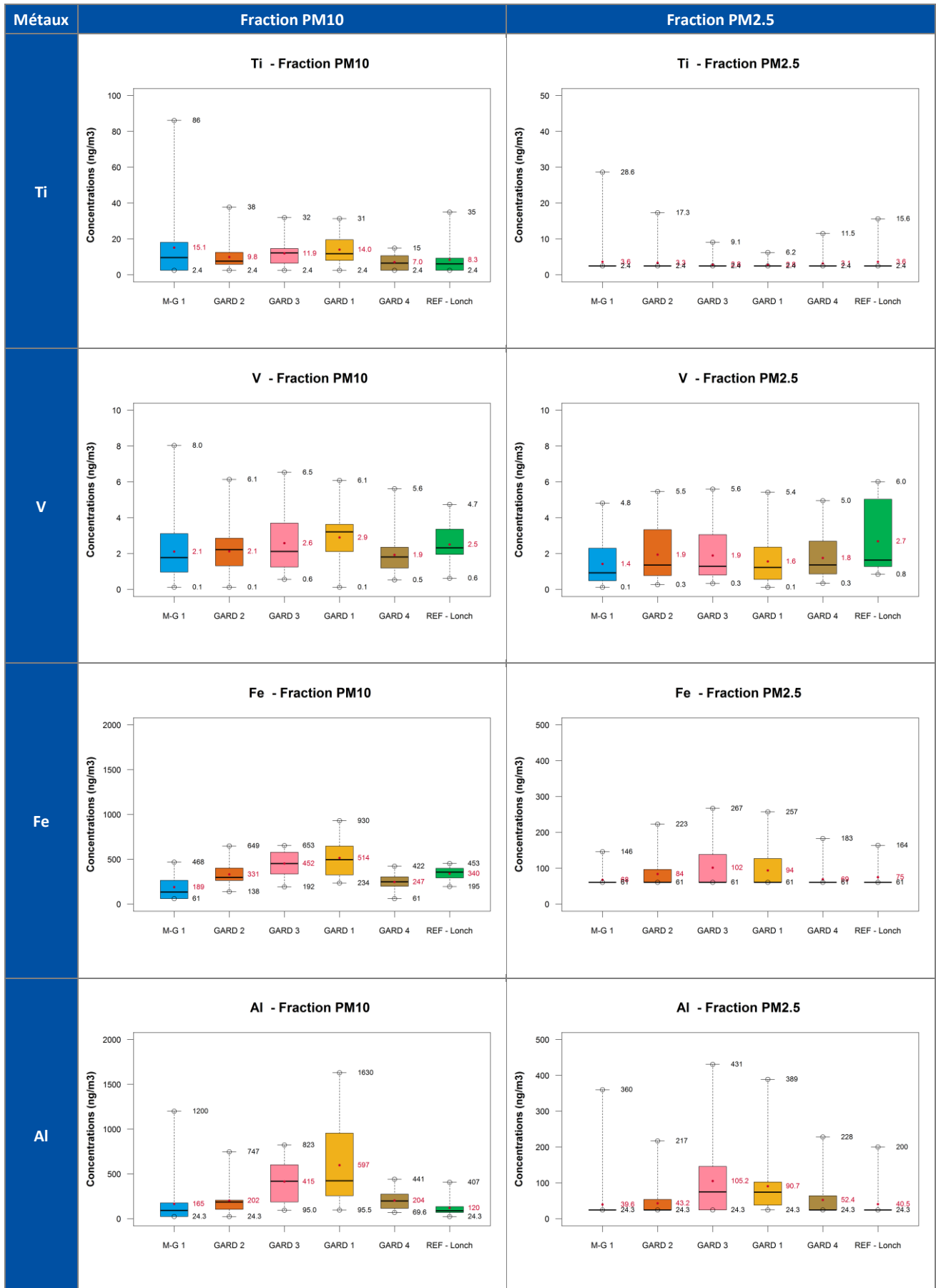
- les concentrations des différents métaux sont très souvent inférieures aux limites de quantification notamment pour les PM2.5 (à titre d'exemple, sur le site de « Mange-Garri 1 », les concentrations en Aluminium dans la fraction PM2.5 sont inférieures à la LQ 94% du temps) ;
- les concentrations sont nettement inférieures aux valeurs de références « air ambiant » et « santé » respectives lorsqu'elles existent (Cf. ANNEXE 5) et sont inférieures ou comparables aux valeurs retrouvées dans la littérature (Cf. ANNEXE 5) à l'exception de l'aluminium pour lequel les teneurs dans la fraction PM10 peuvent être 3 fois supérieures à celles retrouvées dans la littérature (cas du site « Gardanne 1 ») ;

- L'analyse des différentes fractions des poussières toutes sources confondues montre que :
  - l'aluminium (Al), le calcium (Ca), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le plomb(Pb) et le titane (Ti) sont principalement présents dans la fraction PM10 ;
  - l'arsenic (As), le cobalt (Co), le molybdène (Mo) ou encore le nickel (Ni), l'étain (Sn) et le vanadium (V), sont principalement présent dans la fraction PM2.5.

En ce qui concerne, l'impact des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri, cela permet également de mettre en évidence que :

- Pour les métaux listés ci-après aucun impact des sites ALTEO de Gardanne ou de Mange-Garri ne peut être identifié, les concentrations mesurées étant systématiquement inférieures aux limites de quantification :
  - l'argent (Ag),
  - le béryllium (Be),
  - le chrome (Cr),
  - le mercure (Hg),
  - le sodium (Na),
  - le tellure (Te),
  - le thallium (Tl),
  - l'uranium (U).
- Pour 4 des métaux identifiés comme traceurs des activités des sites ALTEO par le BRGM [BRGM, 2016] à partir des teneurs mesurés dans les matériaux solides de Bauxaline, de Bauxite et des matériaux blancs, un impact sur la composition en métaux des particules inhalables est identifié (Cf. Figure 16) et ce principalement sur la fraction PM10.
  - Pour le titane (Ti), traceur des trois matériaux solides cités précédemment :
    - Sur la fraction PM10, on observe les concentrations les plus élevées sur les points les plus proches des sources à savoir « Mange-Garri 1 » et « Gardanne 1 »,
    - Sur la fraction PM2.5, les concentrations sont la plupart du temps inférieures aux limites de quantification même si très ponctuellement des concentrations plus importantes sont mesurées à proximité du site « Mange-Garri 1 » ;
  - Pour le Vanadium (V), traceur de la bauxite et de la bauxaline mais également de la circulation automobile et de la circulation ferroviaire :
    - Sur la fraction PM10, la décroissance des concentrations en fonction des distances est perturbée par la présence de la route D6 et de la voie ferrée également émetteurs de Vanadium,
    - Sur la fraction PM2.5, les concentrations sont décroissantes en fonction de la distance à la route D6 et à la voie ferrée ;
  - Pour le Fer (Fe), traceur de la bauxite et de la bauxaline mais également de la circulation automobile et de la circulation ferroviaire, on observe les mêmes évolutions que pour le Vanadium.
  - Pour l'Aluminium (Al), traceur de la bauxite et des matériaux blancs :
    - Sur la fraction PM10, on observe une décroissance des concentrations en fonction de la distance des sites de mesures au site ALTEO de Gardanne,
    - Sur la fraction PM2.5, les concentrations sont décroissantes en fonction de la distance à la route D6 et à la voie ferrée. La plus grande variabilité des concentrations en aluminium dans la fraction PM2.5 sur le site « Gardanne 4 », vient corroborer l'hypothèse émise au paragraphe 4.2.2 à savoir une augmentation des niveaux en PM2.5 sur le site « Gardanne 4 » lorsque celui-ci est sous des vents forts des rejets canalisés du site ALTEO de Gardanne ;
- Pour le Gallium, non étudié dans le cadre de l'étude du BRGM, un impact potentiel a été identifié probablement en lien avec le stockage de Bauxite. Des niveaux moyens 2 fois plus élevés ont été mesurés sur le site « Gardanne 1 ».
- Pour le Baryum (Ba), le Cuivre (Cu), l'Antimoine (Sb) et l'Étain (Sn) (Cf. Figure 17), on observe une décroissance des concentrations en fonction de la distance à la route ou à la voie ferrée. En effet, ces métaux peuvent être produits par le trafic automobile (émissions à l'échappement, remise en suspension des particules issues de l'usure des garnitures de freins, de pneus... [Polo, 2013]).
- Pour les autres métaux, aucun impact des sites ALTEO n'est identifiés à ce stade de l'étude au regard de :
  - la faible variabilité des concentrations entre les différents sites de mesures implantés autour des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri ;
  - des niveaux mesurés sur le site de référence « Marseille – Longchamp » ;
  - ou du nombre important de valeurs inférieures aux limites de quantification.

Figure 16 : Concentrations des métaux pour lesquels un impact des sites ALTEO est identifié



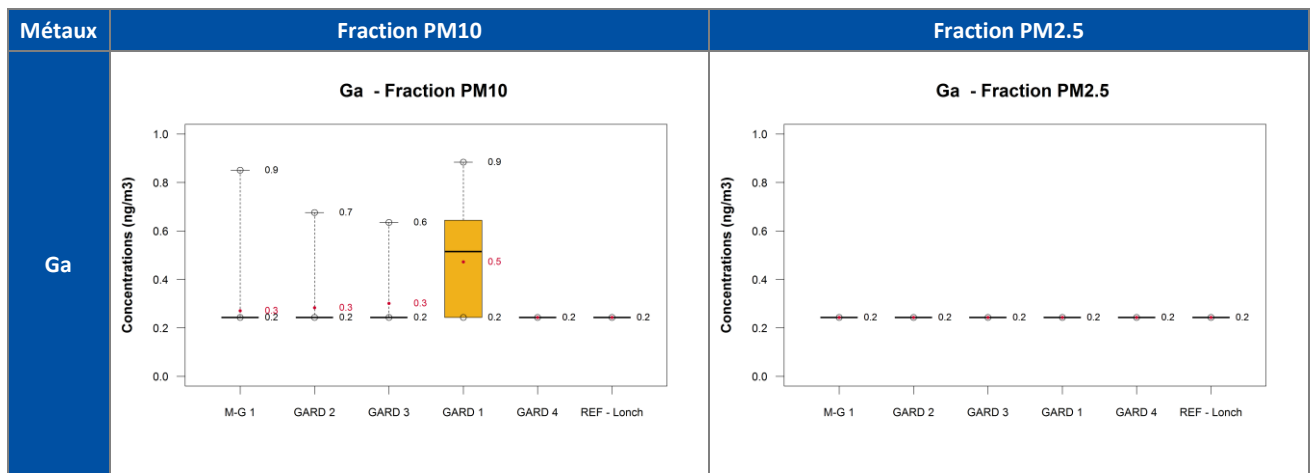
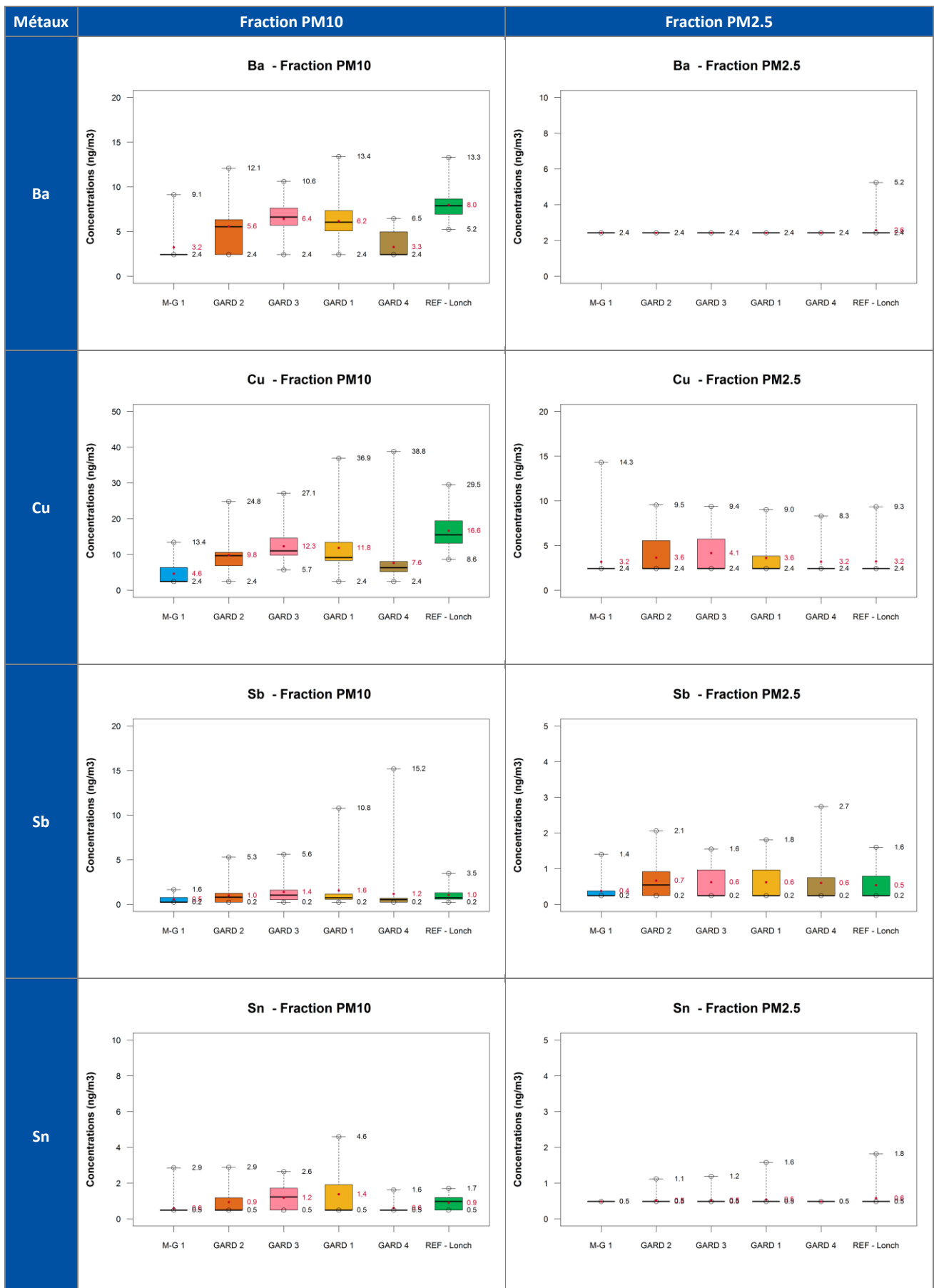


Figure 17 : Concentrations des métaux pour lesquels un impact du trafic automobile ou du trafic ferroviaire est identifié



L'analyse de l'évolution temporelle des concentrations a permis de mettre en évidence que dans certaines conditions météorologiques, les concentrations en PM10 et, dans une moindre mesure en PM2.5, pouvaient être influencées par diverses sources d'émissions dont :

- les sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri,
- les axes de circulation automobile et la voie ferrée.

L'analyse granulométrique des particules et la caractérisation en métaux de ces dernières ont, quant à elles, permis de compléter et d'affiner cette analyse. En effet :

- Pour le site ALTEO de Gardanne :

L'envol de poussières influe sur les concentrations massiques en PM10 des sites « Gardanne 1 » et « Gardanne 3 » dans les conditions suivantes :

- par vent d'un large secteur Nord-Ouest de vitesse supérieure à 4 m/s,
- sur la fraction coarse des particules (diamètre > 2,5 µm),
- sur les traceurs suivants : Titane (Ti), Vanadium (V), Fer (Fe), Aluminium (Al) et Gallium (Ga) dans une moindre mesure ;

Ces conditions météorologiques étant fréquemment rencontrées, les concentrations en PM10 sont influencées et comparables à celles mesurées dans des communes à plus forte densité de population que celle de Gardanne.

- Pour le site ALTEO de Mange-Garri :

L'envol de poussières stockées sur le site n'influe pas ou peu les concentrations massiques journalières de particules (PM10 et PM2.5) du site « Mange-Garri 1 » mais influe sur la composition en métaux des particules dans les conditions suivantes :

- par vent d'un large secteur Est de vitesse supérieure à 4 m/s,
- sur la fraction coarse des particules (diamètre > 2,5 µm),
- sur les traceurs suivants : Titane (Ti), Vanadium (V), Fer (Fe) ;

Ces conditions météorologiques étant peu fréquentes, les concentrations en PM10 ne sont pas ou sont peu influencées et comparables à celles mesurées en zone péri-urbaine.

- Pour les axes de circulation et de la voie ferrée :

Ces sources d'émissions influent sur les concentrations en PM10 et PM2.5 principalement :

- en présence de vents faibles à modérés,
- sur les sites de mesures les plus proches (« Gardanne 2 » et « Gardanne 3 »),
- sur l'ensemble des fractions étudiées PM10 et PM2.5,
- sur les traceurs de ce type de pollution : Baryum (Ba), Cuivre (Cu), Antimoine (Sb), Etain (Sn), Fer (Fe), Aluminium (Al).

Lors de la campagne de mesures d'un an (mars 2017 à février 2018), les concentrations moyennes en PM10 et PM2.5 sur l'ensemble des sites de mesures, implantés de façon à évaluer l'impact des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri, restent comparables aux niveaux de fond péri-urbain ou urbain mesurés sur les stations du réseau permanent de surveillance d'AtmoSud :

- les concentrations sont comprises entre 16 et 25 µg/m<sup>3</sup> pour les particules fines PM10 avec des niveaux plus importants au droit des sites de mesures « Gardanne 1 – station fixe d'AtmoSud » et « Gardanne 3 » (niveaux comparables à ceux de l'agglomération de Marseille pour le point de mesures le plus élevé et à ceux d'un site péri-urbain pour le point de mesures présentant les niveaux les plus faibles) ;
- les concentrations sont comprises entre 10 et 13 µg/m<sup>3</sup> pour les particules très fines PM2.5 et homogènes sur l'ensemble des sites de mesures (niveaux comparables aux niveaux de fond péri-urbain ou rural).

## 5. Les particules sédimentables

Ce chapitre porte, quant à lui, sur les particules sédimentables qui, par opposition aux particules inhalables, se déposent rapidement au sol sous l'effet de leurs poids ou de la pluviométrie. Ces particules sédimentables sont retenues par les voies aériennes supérieures (nez, gorge) et ne pénètrent pas dans l'appareil respiratoire mais peuvent cependant être ingérées. Ainsi, la grandeur permettant de les quantifier n'est plus une concentration à proprement parlé mais un flux de dépôt au sol.

Ce chapitre présente une analyse des données obtenues au cours de la campagne de mesures d'un an : statistiques sur la période, variabilité temporelle des niveaux mesurés (pas de temps mensuel), ainsi que la teneur en métaux dans ces particules.

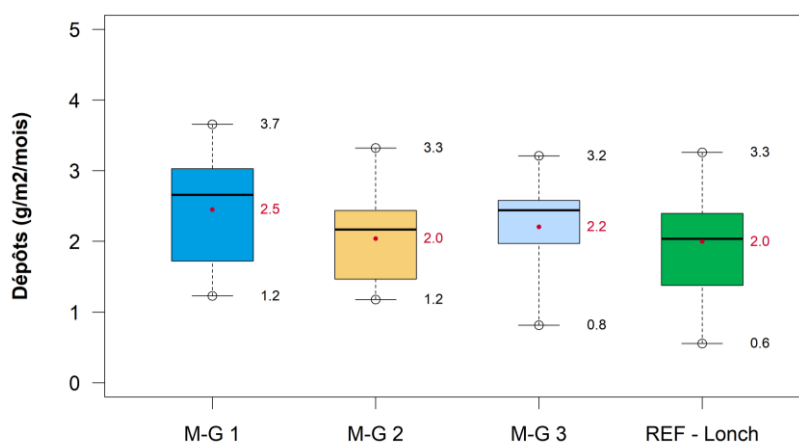
Pour rappel, les particules sédimentables ont été mesurées à l'aide de Jauge Owen sur un pas de temps mensuel sur 3 sites implantés autour du site ALTEO de Mange-Garri (« Mange-Garri 1 », « Mange-Garri 2 » et « Mange-Garri 3 ») ainsi que sur le site de référence « Marseille – Longchamp ».

### 5.1 Dépôts moyens des particules sédimentables

Les principaux résultats statistiques (minimum et maximum journalier, moyenne, médiane et percentiles 25 et 75 des données journalières) sont présentés sous forme de boîte à moustaches dans les paragraphes suivants. Le détail des concentrations mesurées sur chacun des sites est présenté en ANNEXE 7.

La variabilité des dépôts mensuels durant la campagne de mesures d'une année est présentée sur le graphique ci-après.

**Figure 18 : Boîtes à moustaches des dépôts mensuels de particules sédimentables période du 24/02/2017 – 08/03/2018**



Les dépôts de poussières ne font l'objet d'aucune réglementation française ou européenne. Seule la norme métrologique NF X 43-007 indique le seuil, fixé à 30 g/m<sup>2</sup>/mois, entre une « zone faiblement polluée » et une « zone fortement polluée ». Néanmoins, en Europe, quelques pays ont fixé des valeurs limites admissibles pour l'environnement : la Suisse (6 g/m<sup>2</sup>/mois)<sup>9</sup> et l'Allemagne (10,5 g/m<sup>2</sup>/mois)<sup>10</sup>.

L'ensemble des sites de mesures implantés autour des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri présentent des niveaux moyens de dépôts au sol de particules sédimentables comparables et compris entre 1 et 4 g/m<sup>2</sup>/mois, niveaux d'empoussièrement modérés et comparables à ceux d'une zone péri-urbaine ou urbaine même si les sites « Mange-Garri 1 » et « Mange-Garri 3 » ont tendance à présenter des niveaux légèrement plus élevés que ceux de « Mange-Garri 2 ».

<sup>9</sup> Ordonnance sur la protection de l'air » (RS 814.318.142.1, valeurs limites d'émission

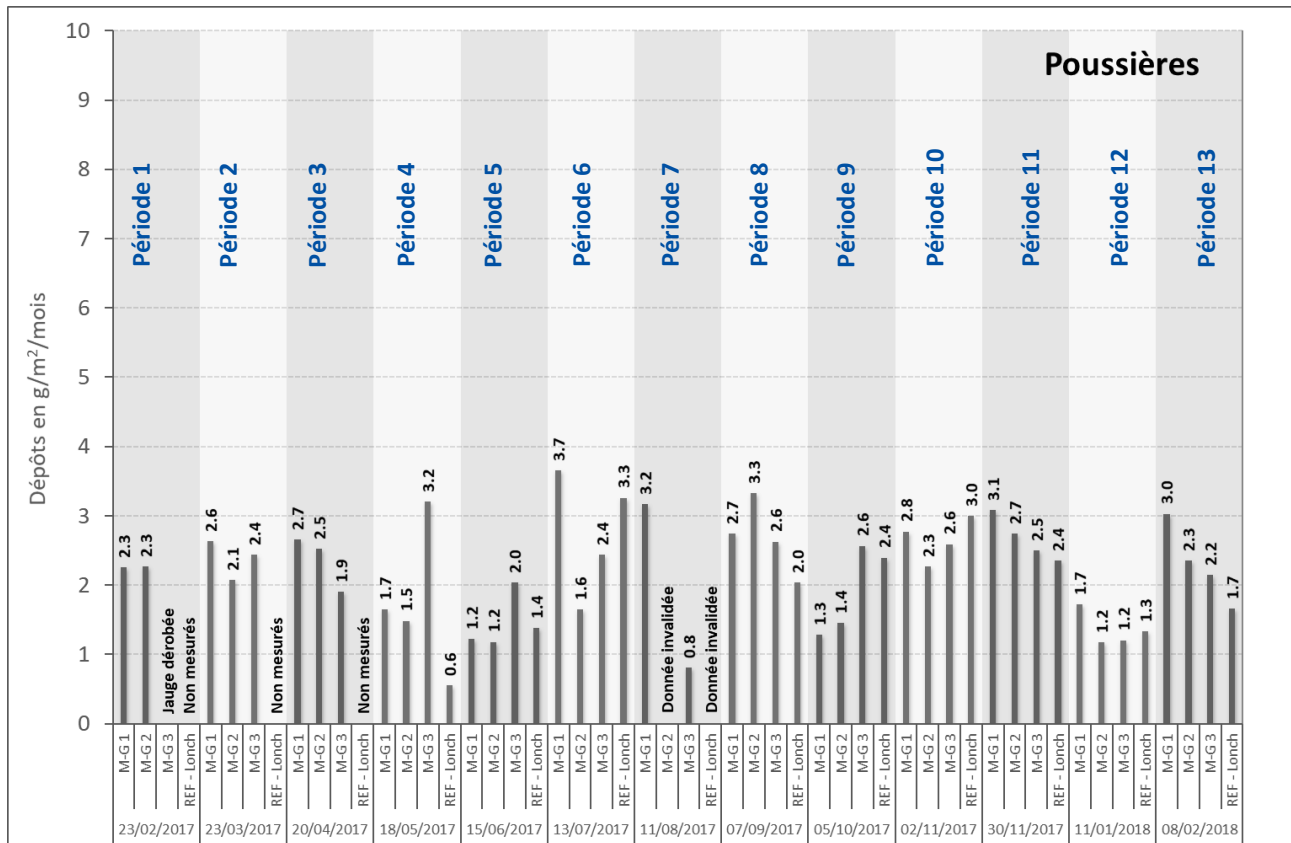
<sup>10</sup> Loi pour le maintien de la pureté de l'air » (TA Luft) du 24 juillet 2002



## 5.2 Variabilité temporelle des dépôts de particules sédimentables

Le graphique suivant présente l'évolution des flux de poussières sédimentables au cours de la campagne de mesures d'un an.

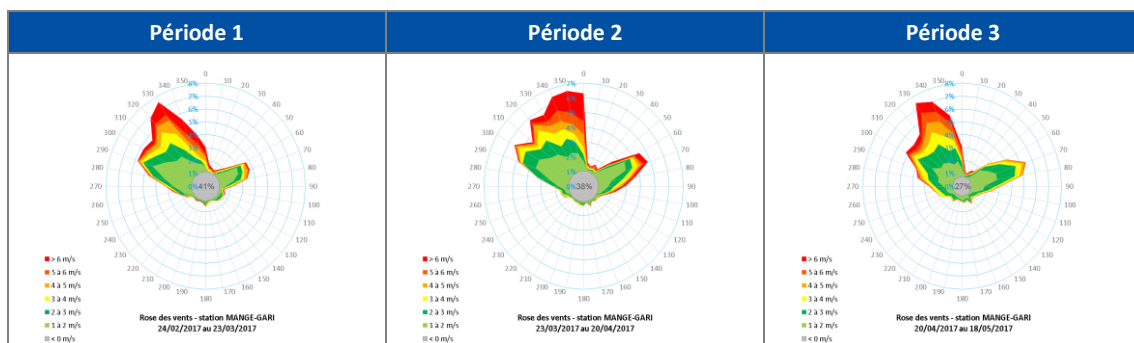
Figure 19 : Flux de poussières sédimentables  $g/m^2/mois$

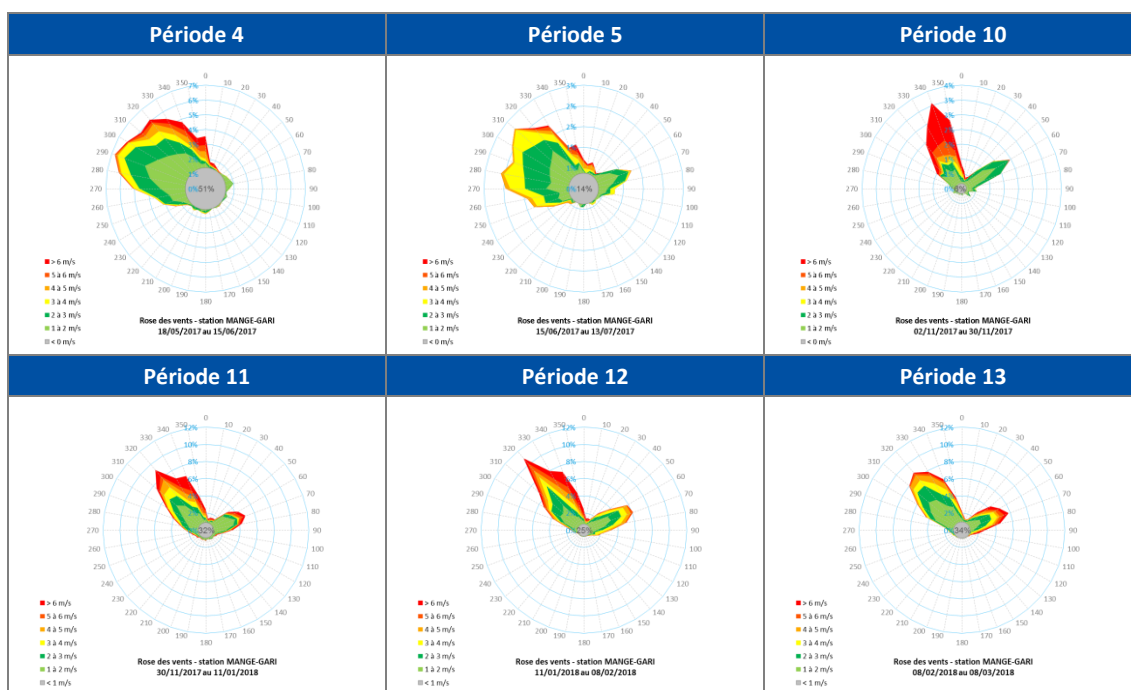


Quel que soit le site et la période de mesures, les dépôts au sol de particules sédimentables varient entre 1 et 4  $g/m^2/mois$ . En raison du pas de temps de prélèvement (mensuel), la corrélation entre les dépôts et les conditions météorologiques est complexe. Toutefois :

- durant les périodes présentant une faible proportion de vents supérieurs à 5 m/s (cas des périodes 4 et 5) es dépôts les plus faibles ;
- durant les périodes présentant une plus forte proportion de vent d'est supérieur à 5 m/s (cas des périodes 2, 11, 12 et 13), les dépôts sont plus importants sur le site « Mange-Garri 1 » que sur les autres sites de mesures (les niveaux restent cependant modérés (2 – 3  $g/m^2/mois$ )).

Figure 20 : Rose des vents des différentes périodes de mesures\*





\* De fin juin à mi-novembre (période 6 à 9), la girouette de la station météorologique de Mange-Garri a dysfonctionnée, les directions de vents durant cette période ont donc été invalidées.

### 5.3 Caractérisation en métaux des particules sédimentables

Tout comme pour les teneurs en métaux dans les particules inhalables, les teneurs en métaux dans les particules sédimentables sont exprimées en élément métallique et ce quel que soit l'état d'oxydation du métal dans l'environnement. Au même titre, les teneurs en aluminium présentées ci-après tiennent compte à la fois de la forme métallique de ce métal dans l'environnement et de ces formes oxydées telle que l'alumine sans qu'aucune distinction puisse être réalisée.

Les principaux résultats statistiques (minimum et maximum journalier, moyenne, médiane et percentiles 25 et 75 des données journalières) sont présentés sous forme de boîte à moustaches. Le détail des concentrations mesurées sur chacun des sites est présenté en ANNEXE 7.

Dans la suite de ce paragraphe, seuls les graphiques des métaux présentant un intérêt en termes d'interprétation sont présentés ci-après. L'ensemble des graphiques sont néanmoins présentés en ANNEXE 8 et ANNEXE 9.

Le tableau suivant présente la liste des métaux pour lesquels aucun impact notable n'a été identifié à ce stade de l'étude :

- Soit parce que l'analyse n'a pas permis la détection ou la quantification du métal ;
- Soit parce que les niveaux sont semblables sur l'ensemble des sites de mesures de la zone ;
- Soit parce que les niveaux mesurés sont inférieurs ou équivalents aux références existantes (Cf. ANNEXE 7).

**Tableau 3. Liste des métaux ne présentant pas d'impact notable – particules sédimentables**

Ag	Ga	Sb
Ba	Hg	Se
Be	K	Si
Ca	Li	Sn
Cd	Mn	Te
Co	Mo	Tl
Cr VI	Ni	U
Cu	Pb	Zn

L'analyse des dépôts des métaux considérés comme traceurs de la bauxaline, de la bauxite ou des matériaux blancs stockés sur le site de Mange-Garri permet de mettre en évidence différents profils (Cf. Figure 21) :

- **Traceurs uniquement de la Bauxaline**

- Pour le Bore (B), considéré comme un bon traceur de la bauxaline, on observe bien une décroissance des dépôts en fonction de la distance au site ALTEO de Mange-Garri avec des dépôts 2,5 fois plus élevés à proximité du site (site de mesures « Mange-Garri 1 ») que sur le site de référence « Marseille – 5 avenues » ou le site de mesures « Gardanne 3 ». Aucune donnée de comparaison n'a été trouvée dans la littérature pour ce composé très peu mesuré.
- Pour le Sodium (Na), considéré comme un très bon traceur de la bauxaline, la décroissance des dépôts est moins marquée. Le site de mesures « Mange-Garri 2 » présente même des dépôts plus importants que sur les autres sites de mesures. A noter toutefois, que le Sodium est également traceur d'un apport terrigène de particules et que les sites « Mange-Garri 1 » et « Mange-Garri 2 » y sont plus propices au regard de la couverture végétale de la zone. Les niveaux restent toutefois comparables à ceux retrouvés dans la littérature (Cf. ANNEXE 7).
- Pour l'Arsenic (As), considéré ni comme un bon ni comme un mauvais traceur de la bauxaline, un impact du site ALTEO de Mange-Garri ne peut être écarté : les niveaux de la zone sont 2 fois plus élevés que sur le site de référence « Marseille – 5 avenues ». Cependant, les niveaux restent comparables à ceux retrouvés dans la littérature et inférieurs à la valeur limite allemande (Cf. ANNEXE 7).

- **Traceurs de la bauxaline et de la bauxite**

- Pour le Zirconium (Zr), considéré comme un très bon traceur de la bauxaline et un bon traceur de la bauxite on observe bien une légère décroissance des dépôts en fonction de la distance aux émetteurs. Le site présentant l'impact le plus important est le site « Mange-Garri 3 » qui présente des dépôts 5 fois supérieurs à ceux mesurés sur le site de références « Marseille – Cinq – Avenues » et à ceux retrouvés dans la littérature (Cf. ANNEXE 7). L'impact du site de Mange-Garri est visible sur les points M-G 1 et M-G 2 tandis que le point M-G 3 subit l'impact du stockage de bauxite situé au Nord-Ouest du point de mesures et/ou de celui du site de Gardanne.
- Pour le Fer (Fe) et le Vanadium (V), on observe des niveaux semblables sur les 3 sites de mesures à proximité d'ALTEO de l'ordre de 2 à 3 fois supérieurs à ceux mesurés sur le site de références « Marseille – Longchamp » et à ceux retrouvés dans la littérature (Cf. ANNEXE 7). A noter toutefois, que le Fer est également un traceur d'un apport terrigène de particules.

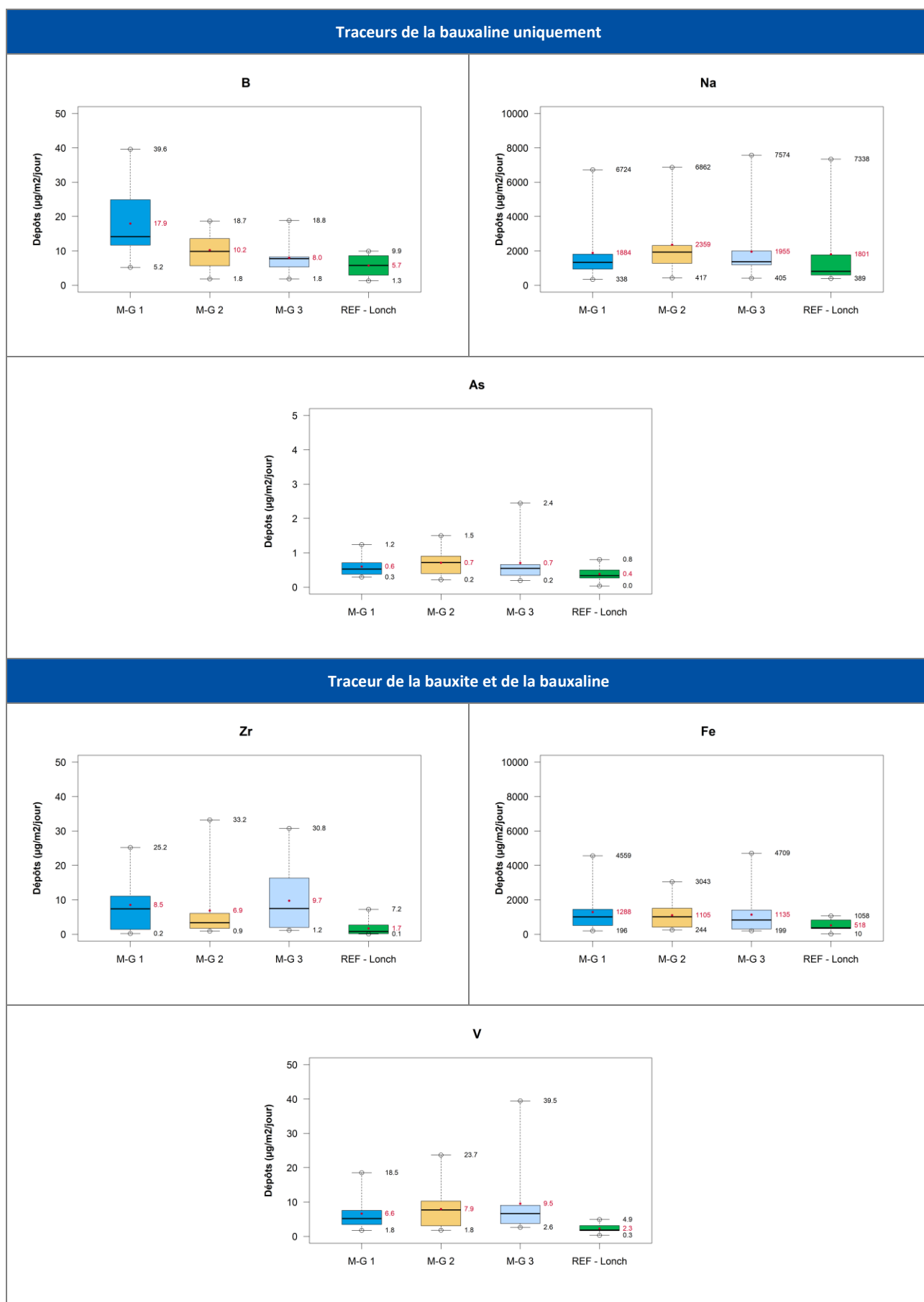
- **Traceurs de la bauxite et des matériaux blancs**

- Pour l'aluminium (Al), considéré comme très bon traceur de la bauxite et des matériaux blancs stockés sur Mange-Garri ; le site le plus impacté est celui de « Mange-Garri 3 » qui présente des dépôts 4 fois supérieurs à ceux mesurés sur le site de références « Marseille – Cinq – Avenues » et comparables à ceux retrouvés dans la littérature (Cf. ANNEXE 7). L'impact du site de Mange-Garri est visible sur les points M-G 1 et M-G 2 tandis que le point M-G 3 subit l'impact du stockage de bauxite situé au Nord-Ouest du point de mesures et/ou celui du site de Gardanne.

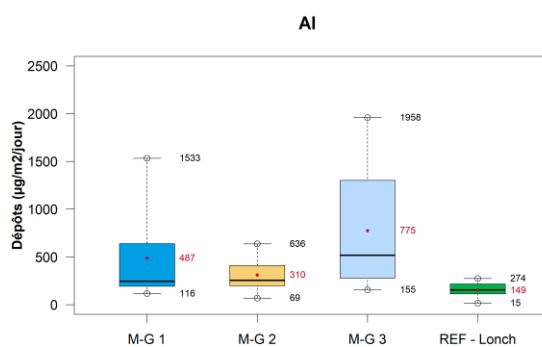
- **Traceurs des 3 matériaux**

- Pour le Titane (Ti) et le Chrome (Cr), on observe des niveaux semblables sur les 3 sites de mesures à proximité d'ALTEO de l'ordre de 3 fois supérieurs à ceux mesurés sur le site de références « Marseille – Longchamp » et supérieurs à ceux retrouvés dans la littérature (Cf. ANNEXE 7) mais inférieurs à la valeur limite allemande. Les sites « Mange-Garri 1 » et « Mange-Garri 2 » sont influencés par le stockage du site de Mange-Garri alors que le site « Mange-Garri 3 » est plutôt impacté par le stockage de Bauxite situé au Nord-Ouest du point de mesures et/ou celui du site de Gardanne.

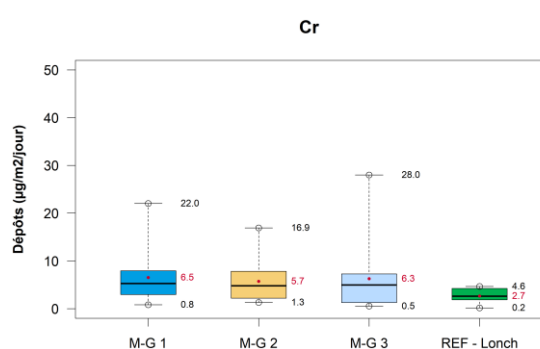
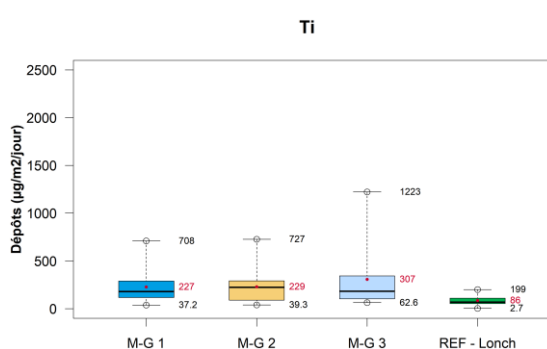
**Figure 21 : Boîtes à moustaches des dépôts mensuels des métaux d'intérêt période du 24/02/2017 – 08/03/2018**



## Traceur de la bauxite et des matériaux blancs



## Traceur de la bauxite, de la bauxaline et des matériaux blancs



Les dépôts de ces particules sédimentables sont d'origines diverses (apport terrigène, remise en suspension des voies de circulation, de la Bauxaline, de la Bauxite...) ; mais la composition en métaux de ces particules est influencée par l'activité des sites ALTEO pour l'ensemble des traceurs identifiés par le BRGM à partir des teneurs mesurées dans les matériaux solides de Bauxaline, de Bauxite et des matériaux blancs.

Néanmoins, la quantité moyenne de particules se déposant au sol mensuellement reste modérée sur les différents sites de mesures (comprise entre 1 et 4 g/m<sup>2</sup>/mois) et comparable à celle d'une zone urbaine ou péri-urbaine.

## 6. Conclusions

Le présent rapport a permis de présenter les résultats de l'ensemble de la campagne de mesures d'un an réalisée dans le cadre de la surveillance des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri.

### ► Particules inhalables

L'analyse de l'évolution temporelle des concentrations a permis de mettre en évidence que dans certaines conditions météorologiques, les concentrations en PM10 et, dans une moindre mesure en PM2.5, pouvaient être influencées par diverses sources d'émissions dont les sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri et les axes de circulation automobile et la voie ferrée.

L'analyse granulométrique des particules et la caractérisation en métaux de ces dernières ont, quant à elles, permis de compléter et d'affiner cette analyse. En effet :

#### • Pour le site ALTEO de Gardanne

L'envol de poussières influe sur les concentrations massiques en PM10 des sites « Gardanne 1 » et « Gardanne 3 » dans les conditions suivantes :

- par vent d'un large secteur Nord-Ouest de vitesse supérieure à 4 m/s,
- sur la fraction coarse des particules (diamètre > 2,5 µm),
- sur les traceurs suivants : Titane (Ti), Vanadium (V), Fer (Fe) Aluminium (Al) et Gallium (Ga) dans une moindre mesure ;

Ces conditions météorologiques étant fréquemment rencontrées, les concentrations en PM10 sont influencées et comparables à celles mesurées dans des communes à plus forte densité de population que celle de Gardanne.

#### • Pour le site ALTEO de Mange-Garri

L'envol de poussières stockées sur le site n'influe pas ou peu les concentrations massiques journalières de particules (PM10 et PM2.5) du site « Mange-Garri 1 » mais influe sur la composition en métaux des particules dans les conditions suivantes :

- par vent d'un large secteur Est de vitesse supérieure à 4 m/s,
- sur la fraction coarse des particules (diamètre > 2,5 µm),
- sur les traceurs suivants : Titane (Ti), Vanadium (V), Fer (Fe) ;

Ces conditions météorologiques étant peu fréquentes, les concentrations en PM10 pas ou peu influencées et comparables à celles mesurées en zone péri-urbaine.

#### • Pour les axes de circulation et de la voie ferrée

Ces sources d'émissions influent sur les concentrations en PM10 et PM2.5 principalement :

- en présence de vents faibles à modérés,
- sur l'ensemble des fractions étudiés PM10 et PM2.5,
- sur les traceurs de ce type de pollution : Baryum (Ba), Cuivre (Cu), Antimoine (Sb), Etain (Sn), Fer (Fe), Aluminium (Al).

Les concentrations moyennes, en PM10 et PM2.5, au droit des différents sites implantés autour des sites ALTEO de Gardanne et de Mange-Garri durant la campagne de mesures d'une année restent néanmoins comparables aux niveaux de fond péri-urbain ou urbain mesurés sur les stations du réseau permanent de surveillance d'AtmoSud : :

- les concentrations sont comprises entre 16 et 25 µg/m<sup>3</sup> pour les particules fines PM10 avec des niveaux plus importants au droit des sites de mesures « Gardanne 1 – station fixe d'AtmoSud » et « Gardanne 3 » (niveaux comparables à ceux de l'agglomération de Marseille pour le point de mesures le plus élevé et à ce d'un site péri-urbain pour le point de mesures présentant les niveaux les plus faibles) ;
- les concentrations sont comprises entre 10 et 13 µg/m<sup>3</sup> pour les particules très fines PM2.5 et homogènes sur l'ensemble des sites de mesures (niveaux sont comparables aux niveaux de fond péri-urbain ou rural).

### ► Particules sédimentables

Les dépôts de ces particules sédimentables sont d'origines diverses (apport terrigène, remise en suspension des voies de circulation, de la Bauxaline, de la Bauxite...); mais la composition en métaux de ces particules est influencée par l'activité des sites ALTEO pour l'ensemble des traceurs identifiés par le BRGM à partir des teneurs mesurées dans les matériaux solides de Bauxaline, de Bauxite et des matériaux blancs (Al – As – B – Cr – Fe – Na – Ti – V – Zr). Pour ces métaux les teneurs mesurées à proximité des sites sont 2 à 5 fois supérieures aux références.

Néanmoins, la quantité moyenne de particules se déposant au sol reste modérés sur les différents sites de mesures (comprise entre 1 et 4 g/m<sup>2</sup>/mois) et comparable à celle d'une zone urbaine ou péri-urbaine.

**L'ensemble des mesures réalisées ont permis de produire une base de données d'un an qui pourra être exploitée dans le cadre de la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires des deux sites ALTEO de Gardanne et Mange-Garri.**

# BIBLIOGRAPHIE



**ANSES (2017).** Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relative à une analyse complémentaire en lien avec l'impact des émissions de poussières issues du centre de stockage de Mange-Garri (société ALTEO). Saisine n° 2016-SA-0147. Maisons-Alfort : Anses. 45 p.

**ANSES (2015).** Note d'appui scientifique et technique de l'Anses du 7 octobre 2015 relative à une relecture critique de l'étude d'impact sanitaire en lien avec les émissions de poussières issues du centre de stockage de Mange-Garri (société ALTEO). Saisine 2015-SA-0101. Maisons-Alfort : Anses. 15 p.

**ANTEA Group (2015).** Évaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du site de Mange-Garri. Rapport A 72432/C. Pérols : ANTEA Group. 150 p.

**BURGEAP (2011).** Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du site ALTEO de Gardanne. Rapport : RACISE00067-b – A18687 – CACISE110099. Vitrolles : BURGEAP. 197 p.

**BURGEAP (2015).** Mise à jour de l'évaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du site ALTEO de Gardanne. Rapport : CACISE152370 / RACISE02114-02. Vitrolles : BURGEAP. 23 p.

**BRGM (2015).** (13). Tierce expertise sur le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) visant à supprimer les rejets de boues rouges en maintenant un rejet d'effluent liquide résiduel. Rapport final. BRGM/RP-64161-FR, 173 p., 5 annexes.

**BRGM (2016).** Diagnostic de l'influence des émissions de poussières du site de stockage de Mange-Garri sur la qualité des milieux au voisinage du site, rapport final réalisé par le BRGM (BRGM/RP-65735-FR). 72 p., 15 fig., 10 tab., 15 ann (vol. annexe)

**INERIS. (2013).** Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées. Impact des activités humaines sur les milieux et la santé. Rapport INERIS DRC 12 125929 13162B. 104p

**INERIS. (2012).** Niveaux des dépôts atmosphériques totaux métaux et PCDD/F mesurés autour d'ICPE en France (1991 – 2012) – Décembre 2012 – réf. INERIS-DRC-12-120273-13816A

**IRSN (2015).** Expertise relative aux émissions de poussières du centre de stockage de Mange-Garri. Avis IRSN 2015-00344. Fontenay-aux-Roses : 10 p.

**LCSQA (2017).** Conception, implantation et suivi des stations françaises de surveillance de la qualité de l'air. Février 2017. 107p. [http://www.lcsqa.org/system/files/rapport/lcsqa2016-guide\\_stations\\_surveillance\\_qa.pdf](http://www.lcsqa.org/system/files/rapport/lcsqa2016-guide_stations_surveillance_qa.pdf)

**Santé Publique France (2017).** Impact sanitaire du site de stockage de Mange-Garri. Bouc-Bel-Air, Bouches-du-Rhône, France. Saint-Maurice : Santé publique France, 2017 ; 42 p. Disponible à partir de l'URL : [www.santepubliquefrance.fr](http://www.santepubliquefrance.fr)

**Sam Azimi (2004).** Sources, Flux et bilan des retombées atmosphériques de métaux en Ile-de-France. Ecologie, Environnement. Ecole des Ponts ParisTech, 2004. Français. 280p.

**Polo Rehn L. (2013).** Caractérisation et impacts des émissions de polluants du transport routier : apports méthodologiques et cas d'études en Rhône-Alpes, in France <http://tel.archivesouvertes.fr/tel-00876623>.

# GLOSSAIRE

## Définitions

**Lignes directrices OMS :** Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

**Maximum journalier de la moyenne sur huit heures :** Il est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur huit heures, calculées à partir des données horaires et actualisées toutes les heures. Chaque moyenne sur huit heures ainsi calculée est attribuée au jour où elle s'achève ; autrement dit, la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 h la veille et 1 h le jour même ; la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 h et minuit le même jour.

**Pollution de fond et niveaux moyens :** La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

**Pollution de pointe :** La pollution de pointe correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps courtes. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure.

**Procédures préfectorales :** Mesures et actions de recommandations et de réduction des émissions par niveau réglementaire et par grand secteur d'activité.

**Seuil d'alerte à la population :** Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou la dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

**Seuil d'information-recommandations à la population :** Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population, rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates.

**Objectif de qualité :** n niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

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

**Valeur limite :** Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

**Couche limite :** Couche atmosphérique en contact direct avec la surface terrestre, dans laquelle se produisent des modifications d'un point de vue dynamique et thermique. Son épaisseur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres selon les caractéristiques du sol (rugosité, relief, ...), la saison (humidité, flux de chaleur, température).

**Particules d'origine secondaires :** Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Cette conversion, soit directement gaz-solide, soit par l'intermédiaire des gouttes d'eau, est appelée nucléation. La nucléation est le mécanisme de base de la formation des nouvelles particules dans l'atmosphère. Les principaux précurseurs impliqués dans la formation des particules secondaires sont le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub> et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH<sub>3</sub>). Les particules secondaires sont essentiellement des particules fines (<2.5 µm).

**AOT 40 :** Égal à la somme des différences entre les concentrations horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m<sup>3</sup> (mesurés quotidiennement entre 8 h et 20 h, heure d'Europe Centrale) et la valeur 80 µg/m<sup>3</sup> pour la période du 1er mai au 31 juillet de l'année N. La valeur cible de protection de la végétation est calculée à partir de la moyenne sur 5 ans de l'AOT40. Elle s'applique en dehors des zones urbanisées, sur les Parcs Nationaux, sur les Parcs Naturels Régionaux, sur les réserves Naturelles Nationales et sur les zones arrêtées de Protection de Biotope.

**Percentile 99,8 (P 99,8) :** Valeur respectée par 99,8 % des données de la série statistique considérée (ou dépassée par 0,2 % des données). Durant l'année, le percentile 99,8 représente dix-huit heures.

## Polluants

**Ag** : Argent

**Al** : Aluminium

**As** : Arsenic

**B** : Bore

**Ba** : Baryum

**Be** : Béryllium

**B(a)P** : Benzo(a)Pyrène

**BTEX** : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

**Ca** : Calcium

**C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>** : Benzène

**Cd** : Cadmium

**Co** : Cobalt

**CO** : Monoxyde de carbone

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**COV** : Composés Organiques Volatils

**COVNM** : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

**Cr** : Chrome

**Cr III** : Chrome III

**Cr VI** : Chrome VI

**Cu** : Cuivre

**Fe** : Fer

**Ga** : Gallium

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**Hg** : Mercure

**K** : Potassium

**Li** : Lithium

**ML** : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

**Mn** : Manganèse

**Mo** : Molybdène

**Na** : Sodium

**Ni** : Nickel

**NO / NO<sub>2</sub>** : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

**NO<sub>x</sub>** : Oxydes d'azote

**O<sub>3</sub>** : Ozone

**Pb** : Plomb

**PM non volatil** : Fraction des particules en suspension présente dans l'air ambiant qui ne s'évapore pas à 50°C.

**PM volatil** : Fraction des particules en suspension qui s'évaporent entre 30°C et 50°C. Cette fraction des particules est mesurée depuis 2007.

**PM 10** : Particules d'un diamètre < 10 µm

**PM 2.5** : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

**Sb** : Antimoine

**Se** : Sélénium

**Si** : Silicium

**SO<sub>2</sub>** : Dioxyde de soufre

**Sn** : Etain

**Te** : Tellure

**Ti** : Titane

**Tl** : Thallium

**U** : Uranium

**V** : Vanadium

**Zn** : Zinc

**Zr** : Zirconium

## Unité de mesures

**mg/m<sup>3</sup>** : milligramme par mètre cube d'air  
(1 mg = 10<sup>-3</sup> g = 0,001 g)

**µg/m<sup>3</sup>** : microgramme par mètre cube d'air  
(1 µg = 10<sup>-6</sup> g = 0,000001 g)

**ng/m<sup>3</sup>** : nanogramme par mètre cube d'air  
(1 ng = 10<sup>-9</sup> g = 0,000000001 g)

**TU** : Temps Universel

## Sigles

**AASQA** : Association Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air

**ANSES** : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

**ADEME** : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

**ANTS** : Association Nationale des Techniques Sanitaires

**ARS** : Agence Régionale de Santé

**BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

**CERC** : Cellule Économique Régionale du BTP PACA

**DRAAF** : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

**DGPR** : Direction générale de la prévention des risques (DGPR) du Ministère de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Énergie

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

**EQRS** : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

**EPCI** : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

**EQAIR** : Réseau Expert Qualité de l'Air intérieur en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

**IARC** : International Agency for Research on Cancer

**ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

**INRS** : Institut National de Recherche et de Sécurité

**IRSN** : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

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

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**ORP PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR** : Observatoire des résidus de Pesticides en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

**PCAET** : Plan climat air énergie territorial

**PDU** : Plan de Déplacements Urbains

**PLU** : Plan local d'Urbanisme

**PPA** : Plan de Protection de l'Atmosphère

**PRSA** : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l'Air

**SCoT** : Schéma de Cohérence Territoriale

**ZAS** : Zone Administrative de Surveillance

## Classification des sites de mesure

Cette classification a fait l'objet d'une mise à jour au niveau national en 2015. Les stations de mesures sont désormais classées selon 2 paramètres leur environnement d'implantation et l'influence des sources d'émission.

### Environnement d'implantation

- **Implantation urbaine** : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine bâtie en continu, c'est-à-dire une zone urbaine dans laquelle les fronts de rue sont complètement (ou très majoritairement) constitués de constructions d'au minimum deux étages
- **Implantation périurbaine** : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine majoritairement bâtie, constituée d'un tissu continu de constructions isolées de toutes tailles, avec une densité de construction moindre
- **Implantation rurale** : Elle est principalement destinée aux stations participant à la surveillance de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique.

### Influence des sources

- **Influence Industrielle** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'une source (ou d'une zone) industrielle. Les émissions de cette source ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence Trafic** : Le point de prélèvement est situé à proximité d'un axe routier majeur. Les émissions du trafic ont une influence significative sur les concentrations.
- **Influence de Fond** : Le point de prélèvement n'est soumis à aucun des deux types d'influence décrits ci-après. L'implantation est telle que les niveaux de pollution sont représentatifs de l'exposition moyenne de la population (ou de la végétation et des écosystèmes) en général au sein de la zone surveillée. Généralement, la station est représentative d'une vaste zone d'au moins plusieurs km<sup>2</sup>.

# ANNEXES

## ANNEXE 1 Détail des dispositifs mis en œuvre sur chaque site

Le tableau suivant présente pour chacun des 8 sites de mesures, les types de mesures employées, les substances investiguées associées ainsi que le taux de mesures sur l'année hors dysfonctionnement éventuel.

**Tableau 4. Détail des dispositifs mis en œuvre sur chaque site de mesures**

Localisation	Type de dispositif	Date de démarrage	Taux de mesures sur l'année (%)	Type de particules étudiées	Polluants investigués	Pas de temps
<b>Site Mange-Garri 1</b> Mange-Garri Nord-ouest du bassin 7	Préleveur actif bas débit 1 <sup>Δ</sup>	24/02/2017	50 %	En suspension – Fraction PM10	PM10	Journalier
					32 métaux*	Hebdomadaire
			50 %	En suspension – Fraction PM2.5	PM2.5	Journalier
					32 métaux*	Hebdomadaire
	Préleveur actif bas débit 2	01/06/2017	16 %	En suspension – Fraction PM10	Cr VI et Cr III**	Hebdomadaire
	Jauge Owen	24/02/2017	100 %	Sédimentables	32 métaux* Cr VI et Cr III**	Mensuel
Grimm	21/07/2017	35 %	Submicroniques	Particules (0,24 et 34 μm)	Horaire	
<b>Site Mange-Garri 2</b> Mange-Garri Nord-ouest du bassin 7	Jauge Owen	24/02/2017	100 %	Sédimentables	32 métaux* Cr VI et Cr III**	Mensuel
<b>Site Mange-Garri 3</b> Mange-Garri Sud-est de la zone de stockage	Jauge Owen	24/02/2017	100 %	Sédimentables	32 métaux* Cr VI et Cr III**	Mensuel
<b>Site Gardanne 1</b> Station fixe AtmoSud « Gardanne - maison du droit »	Analyseurs automatiques	24/02/2017	100 %	En suspension – Fraction PM10	PM10	Horaire
			100 %	En suspension – Fraction PM2.5	PM2.5	Horaire
	Préleveur actif bas débit 1 <sup>Δ</sup>	24/02/2017	50 %	En suspension – Fraction PM10	32 métaux*	Hebdomadaire
			50 %	En suspension – Fraction PM2.5	32 métaux*	Hebdomadaire
	Préleveur actif bas débit 2	01/06/2017	16 %	En suspension – Fraction PM10	Cr VI et Cr III**	Hebdomadaire
	Grimm	19/05/2017	17 %	Submicroniques	Particules (0,24 et 34 μm)	Horaire
<b>Site Gardanne 2</b> Ecole/crèche de Fontvenelle	Préleveur actif bas débit <sup>Δ</sup>	24/02/2017	50 %	En suspension – Fraction PM10	PM10	Journalier
					32 métaux*	Hebdomadaire
			50 %	En suspension – Fraction PM2.5	PM2.5	Journalier
					32 métaux*	Hebdomadaire

<b>Site Gardanne 3</b> R3 – PMI (Protection Maternelle et Infantile)	Préleveur actif bas débit <sup>Δ</sup>	24/02/2017	50 %	En suspension – Fraction PM10	PM10	Journalier
					32 métaux*	Hebdomadaire
			50 %	En suspension – Fraction PM2.5	PM2.5	Journalier
					32 métaux*	Hebdomadaire
<b>Site Gardanne 4</b> R4 - Pesquiers	Préleveur actif bas débit <sup>Δ</sup>	24/02/2017	50 %	En suspension – Fraction PM10	PM10	Journalier
					32 métaux*	Hebdomadaire
			50 %	En suspension – Fraction PM2.5	PM2.5	Journalier
					32 métaux*	Hebdomadaire
<b>Site témoin</b> Station fixe AtmoSud « Marseille – Longchamp »	Analyseurs automatiques	24/02/2017	100 %	En suspension – Fraction PM10	PM10	Horaire
			100 %	En suspension – Fraction PM2.5	PM2.5	Horaire
	Préleveur actif bas débit 1 <sup>Δ</sup>	01/06/2017	50 %	En suspension – Fraction PM10	32 métaux*	Hebdomadaire
			50 %	En suspension – Fraction PM2.5	32 métaux*	Hebdomadaire
	Préleveur actif bas débit 2	01/06/2017	16 %	En suspension – Fraction PM10	Cr VI et Cr III**	Hebdomadaire
	Jauge Owen	18/05/2017	100 %	Sédimentables	32 métaux* Cr VI et Cr III**	Mensuel

Δ Les préleveurs sont équipés alternativement d'une tête de prélèvement PM10 et PM2.5 avec un cycle de rotation de 2 semaines

\* 32 Métaux : Aluminium, antimoine, argent, arsenic, baryum, béryllium, bore, cadmium, calcium, chrome, cobalt, cuivre, étain, fer, gallium, lithium, manganèse, mercure, molybdène, nickel, plomb, potassium, sélénium, silicium, sodium, tellure, thallium, titane, uranium, vanadium, zinc, zirconium.

\*\* la concentration en Cr III sera calculée par différence entre la concentration de Cr total et celle de Cr VI.



## ANNEXE 2 Détails techniques des mesures réalisées

### Poussières inhalables

#### Concentration en PM10 et PM2.5

Sur les deux stations fixes d'AtmoSud étudiées dans le cadre de la présente étude (sites de mesures « Témoin » - « Gardanne 1 »), les concentrations en PM10 et PM2.5 ont été mesurées simultanément sur l'ensemble de la période à l'aide d'analyseurs automatiques qui permettent d'obtenir des concentrations à un pas de temps quart-horaire. Le fonctionnement de ces stations implique des contraintes techniques lourdes : système d'acquisition, accès et connexion aux lignes électriques et si possible téléphoniques, maintenance régulière des analyseurs, zone ventilée...

Ainsi, toutes les mesures ne peuvent pas être réalisées par analyseur automatique. C'est pourquoi pour les 4 autres sites de mesures, les concentrations en PM10 et PM2.5 ont été mesurées à l'aide de préleveurs. Dans cette configuration, la mesure se réalise en deux temps : prélèvement sur filtre téflon, puis pesée des filtres en différé au laboratoire AtmoSud (les dits filtres ayant été pesés avant le prélèvement).

Dans le cadre de la présente étude, un seul préleveur par site a été installé avec alternance d'une tête de prélèvement PM10 et d'une tête de prélèvement PM2.5 tous les 15 jours. Ce mode de fonctionnement a permis de mesurer les concentrations en PM10 et PM2.5 alternativement sur des périodes de 15 jours et ce à un pas de temps journalier. Deux types de préleveurs ont été mis en place :

- Préleveur LECKEL sur les sites « Gardanne 2 », « Gardanne 3 » et Gardanne 4 » avec un débit est d'environ 2.3 m<sup>3</sup>/h,
- Préleveur PARTISOL PLUS sur le site de « Mange-Garri 1 » avec un débit est d'environ 1 m<sup>3</sup>/h.

#### Composition en métaux des PM10 et PM2.5

La composition en métaux des PM10 et des PM2.5 ne peut être réalisée par analyseur automatique. La mesure se réalise en deux temps : prélèvement sur filtre, puis analyse des filtres en différé au laboratoire selon une méthode normalisée.

- **Tous les métaux sauf le Chrome VI (Cr VI) et le Chrome III (Cr III)**

Pour la réalisation de ces mesures, les filtres journaliers obtenus pour la mesure des concentrations en PM10 et PM2.5 ont été cumulés sur une période de 7 jours puis envoyés en analyse afin d'obtenir des concentrations en métaux hebdomadaires sur la fraction PM10 et sur la fraction PM2.5. Les deux stations fixes mesurant les concentrations de PM10 et de PM2.5 via des analyseurs automatiques ont donc été équipées d'un préleveur supplémentaire PARTISOL PLUS dédié à l'analyse des métaux.

Les analyses des métaux ont été réalisées par le laboratoire TERA Environnement par ICPMS (Analyse par spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif) après minéralisation selon norme NF EN 14902 à l'exception du Silicium dont l'analyse a été réalisée par ICP AES (Analyse par spectrométrie d'émission atomique couplée à un plasma inductif).

- **Le Chrome VI (Cr VI) et le Chrome III (Cr III)**

Le Cr VI ne pouvant être analysé sur un filtre téflon classique, 3 sites de mesures ont été équipés d'un préleveur supplémentaire, muni d'une tête de prélèvement PM10, durant 8 semaines réparties dans l'année afin de réaliser des prélèvements sur filtre adapté (filtre quartz imprégné au MgSO<sub>4</sub>/Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Les sites équipés sont le site « Témoin », le site de « Gardanne 1 » et le site de « Mange-Garri 1 ». Les filtres ont été analysés par le laboratoire EUROFINs par chromatographie ionique.

Pour le Cr III, aucune méthode analytique permettant de doser de manière directe et spécifique ce composé n'a été identifié à ce jour. Ainsi, la méthode communément utilisée pour la quantification du Cr III dans les eaux et les sols a été appliquée dans le cadre de cette étude. Cette méthode calculatoire quantifie le Chrome III à partir des résultats du Chrome total et du Chrome VI :

$$\text{Concentration Cr (III)} = \text{Concentration Cr total} - \text{Concentration Cr (VI)}$$

## Poussières sédimentables et composition en métaux

Les poussières sédimentables mesurées sur 3 sites (« Mange-Garri 1 », « Mange-Garri 2 » et « Mange-Garri 3 ») ont été réalisées à l'aide de collecteurs de précipitation de type jauges Owen installés pendant une durée d'1 mois à environ 1 m du sol afin de ne pas recueillir les envolées de poussières du sol mais uniquement les retombées atmosphériques.

Préalablement à leur installation, les jauges et entonnoirs sont nettoyés, rincés et séchés.

Avant exposition de la jauge pour la collecte des particules sédimentables :

- de l'eau déminéralisée est versée dans le collecteur afin de limiter l'envol des poussières,
- le collecteur est opacifié à l'aide d'une enveloppe externe opaque afin de limiter la prolifération d'algues et de micro-organismes qui peut interférer sur certaines analyses.

Après exposition, les jauges ont été refermées hermétiquement puis envoyées avec les entonnoirs pour être analysées en laboratoire (laboratoire EUROFINs).

**Figure 22 : Jauge Owen installée sur le site de mesures « Mange-Garri 3 »**



Au laboratoire, la totalité des jauges est filtrée à travers un tamis d'ouverture de maille de 1 mm sur filtre en fibre de verre, le filtre est séché et l'identification et le dosage des métaux sont réalisés par couplage plasma à induction et spectrométrie de masse (ICP/MS).

## Validation des mesures

Le processus de validation des données permet de s'assurer que les données recueillies sont d'une précision, d'une exactitude, d'une comparabilité et d'une représentativité satisfaisante. Ce processus comporte 2 grandes étapes : une validation technique et une expertise environnementale.

### Validation technique

Pour les analyseurs automatiques, la validation technique est réalisée à l'aide d'opérations de vérification, de maintenance et d'étalonnage réalisées régulièrement. Une invalidation peut être due à un problème technique de l'analyseur (problème d'étalonnage, débit d'échantillonnage...), à un événement extérieur (coupure électrique par exemple) ... rendant la donnée non représentative.

Pour les prélèvements sur filtre ou par échantillonnage passif, en sus des opérations de vérification et de maintenance, la validation technique est également réalisée à partir des résultats analytiques des blancs :

- Le blanc de lot qui correspond à un support issu du même lot que pour les prélèvements. Il sert à vérifier l'absence des éléments recherchés dans le support et permet ainsi d'évaluer la conformité des supports issus d'un même lot. Lorsque la valeur du blanc de lot est supérieure aux limites de quantification, la valeur du blanc de lot est soustraite aux résultats obtenus.
- Le blanc de terrain qui correspond à un support issu du même lot que pour les prélèvements qui est soumis aux mêmes manipulations que les échantillons, à l'exception de la phase de prélèvement pour la méthode active et de la période d'exposition pour la méthode passive.

### Expertise environnementale

L'expertise environnementale, réalisée tous les 15 jours dans le cadre de cette étude, s'appuie sur la connaissance de l'environnement du site de mesures qui est ponctuellement susceptible de perturber la représentativité des données de la zone. A titre d'exemple, une invalidation peut être réalisée suite à des travaux ponctuels à proximité d'une station qui auraient perturbés la mesure.

**L'exploitation des données présentée dans ce rapport est réalisée sur les données validées.**





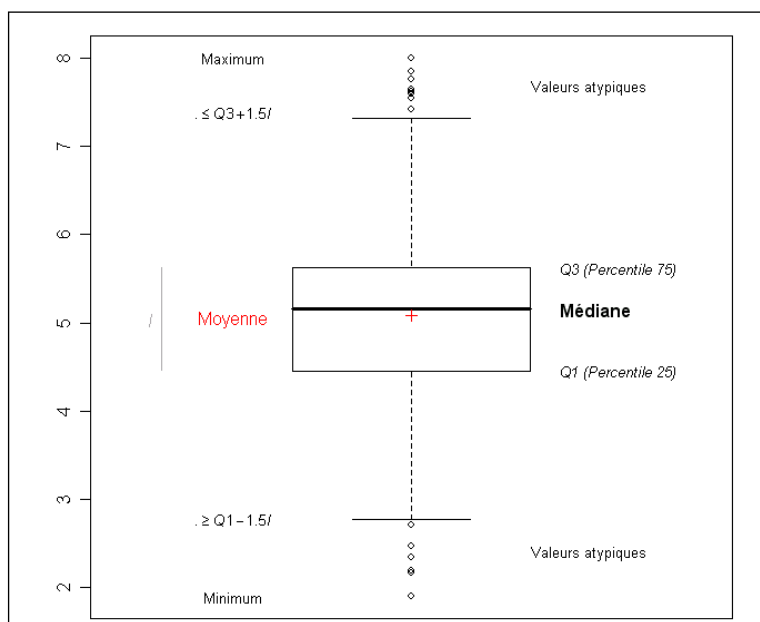


Date	Fraction étudiée	Analyseurs automatiques - µg/m <sup>3</sup>													Préleveurs - µg/m <sup>3</sup>								
		PM10 - 5 AV	PM2.5 - 5AV	PM10 - GARD 1	PM2.5 - GARD 1	PM10 - REF - Aix-Art	PM2.5 - REF - Aix-Art	PM10 - REF - Malet	PM2.5 - REF - Malet	PM10 - REF - OHP	PM2.5 - REF - OHP	PM10 - REF - Meyreuil	PM2.5 - REF - Meyreuil	PM10 - REF - Salon	PM10 - M-G 1	PM2.5 - M-G 1	PM10 - GARD 2	PM2.5 - GARD 2	PM10 - GARD 3	PM2.5 - GARD 3	PM10 - GARD 4	PM2.5 - GARD 4	
01/01/2018	PM10	17	6		7	13	9	9	8	5	12	7	12	11		9		17		13			
02/01/2018	PM10	20	8		7	16	10	15	11	5	16	10	22	10		11		17		20			
03/01/2018	PM10	25	9	44	8	26	12	34	16	4	15	8	21	11		13		21		20			
04/01/2018	PM10	20	6	30	5	13	8	19	10	2	3	9	13	7		8		13		16			
05/01/2018	PM10	26	9	21	9	22	10	18	13	5	6	16	16	13		18		21		18			
06/01/2018	PM10	24	10	14	6	19	11	15	11	11	8	14	17	15		15		16		15			
07/01/2018	PM10	30	11	20	7	25	10	23	13	18	7	20	23	24		20		21		20			
08/01/2018	PM10	33	13	21	8	26	11	23	14	22	11	24	26	21		22		21		21			
09/01/2018	PM10			15	5	19	10	13	10	9	7	17	10	12		19		15		14			
10/01/2018	PM10			20	8	23	11	18	13	8	5	20	13	21		21		19		19			
11/01/2018	Changement tête de pivot			32	21	41	23	39	23	7	8	38	25	21	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	
12/01/2018	PM2.5		19	36	23	45	27	39	27	8	8	40	28	17			26		27		21		
13/01/2018	PM2.5	23	14	27	18	28	16	27	23	12	9	28	18	24		12		19		20		18	
14/01/2018	PM2.5	14	12	14	10	15	11	14	13	9	9	18	12	17		8		9		10		10	
15/01/2018	PM2.5	19	13	22	12	24	16	25	16	11	10	22	14	27		12		12		11		11	
16/01/2018	PM2.5	20	8	28	8	15	9	21	10	4	5	13	6	14		5		4		6		6	
17/01/2018	PM2.5	15	6	21	4	11	6	12	7	5	5	4	12	3		4		3		3		4	
18/01/2018	PM2.5	16	8	25	8	23	14	36	14	5	6	19	9	21		8		8		8		8	
19/01/2018	PM2.5	15	9	28	9	26	14	25	13	4	4	18	11	21		6		8		10		9	
20/01/2018	PM2.5	14	7	23	7	19	14	12	10	4	3	17	10	25		7		5		6		7	
21/01/2018	PM2.5	10	5	17	3	6	7	7	8	3	3	6	3	11		3		2		3		3	
22/01/2018	PM2.5	13	5	24	4	12	6	9	7	2	3	6	3	10		2		2		3		3	
23/01/2018	PM2.5	18	11	24	10	17	10	25	12	3	4	18	11	13		6		9		10		10	
24/01/2018	PM2.5	24	14	32	19	53	22	28	21	18	14	30	20	25		14		19		20		21	
25/01/2018	Changement tête de pivot	19	10	18	10	25	14	20	15	11	9	20	11	21	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	
26/01/2018	PM10	14	9	10	5	16	9	12	11	9	6	12	6	12		10		8		11		11	
27/01/2018	PM10	17	12	15	10	12	10	12	12	5	4	16	11	9		8		14		15		14	
28/01/2018	PM10	21	17	25	18	18	13	20	19	6	5	24	18	14		11		22		24		24	
29/01/2018	PM10	26	20	25	18	35	21	26	21	8	6	28	19	22		16		26		26		24	
30/01/2018	PM10	26	19	25	18	33	19	31	22	10	9	30	21	25		18		25		26		26	
31/01/2018	PM10	23	16	25	17	28	19	28	21	9	8	31	22	26		18		25		27		23	
01/02/2018	PM10	20	14	27	18	30	22	24	21	6	6	25	18	22		20		23		26		25	
02/02/2018	PM10	15	10	19	9	20	12	29	17	4	5	30	18	12		11		22		20		17	
03/02/2018	PM10	8	7	14	4	11	9	10	9	4	4	11	7	11		5		5		8		13	
04/02/2018	PM10	15	13	22	15	17	13	18	17	6	6	23	15	19		14		19		21		19	
05/02/2018	PM10	10	6	6	3	6	10	8	8	6	6	10	6	11		7		9		8		8	
06/02/2018	PM10	14	9	10	6	12	9	12	11	6	6	12	7	13		9		11		11		12	
07/02/2018	PM10	21	17	21	11	17	15	23	15	9	15	15	11	16		12		11		14		25	
08/02/2018	Changement tête de pivot	22	17	25	17	28	23	29	24	14	25	19	23	23	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	Changement tête de pivot	
09/02/2018	PM2.5	37	30	43	35	48	37	47	35	15	52	39	47	47		27		33		40		38	
10/02/2018	PM2.5	13	11	24	15	28	22	28	20	6	30	22	12	12		10		16		17		17	
11/02/2018	PM2.5	15	11	19	13	22	18	21	18	6	26	19	17	17		9		13		15		13	
12/02/2018	PM2.5	15	7	21	4	12	8	18	10	3	12	5	12	12		5		4		5		6	
13/02/2018	PM2.5	23	13	25	15	29	17	43	19	9	34	19	22	22		9		18		18		15	
14/02/2018	PM2.5	22	15	30	17	32	22	36	21	7	35	19	30	30		9		16		18		19	
15/02/2018	PM2.5	31	21	30	21	33	22	33	25	8	34	22	31	31		16		21		22		21	
16/02/2018	PM2.5	40	29	47	30	45	31	43	29	14	43	29	53	53		23		28		30		29	
17/02/2018	PM2.5	19	16	25	17	22	19	17	20	7	24	18	23	23		17		16		18		19	
18/02/2018	PM2.5		10	22	8	13	10	12	12	3	14	9	10	10		6		7		9		10	
19/02/2018	PM2.5	21	14	37	20	30	17	36	23	8	33	24	18	18		10		20		23		19	
20/02/2018	PM2.5	19	12	27	17	30	19	30	19	8	30	19	19	19		10		14		17		15	
21/02/2018	PM2.5	29	23	36	25	33	25	33	25	13	37	25	28	28		22		24		26		26	

## ANNEXE 4 Définition statistique d'une « boîte à moustache »

Une boîte à moustache (ou box plot) est un graphique représentant la répartition d'une série statistique. Pour ce faire, l'échantillon est séparé en 4 parties de même effectif, appelées quartiles. Un quartile est donc constitué de 25 % des données de l'ensemble de l'échantillon. Le deuxième quartile (percentile 50) est appelé plus couramment la médiane (50% des valeurs y sont inférieures, 50% y sont supérieures).

**Figure 23 : Description d'un graphique type « boîte à moustaches »**



La partie centrale correspondant à une « boîte » représente 50 % des données. Ces données se situent dans les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> quartiles. La différence entre les deux est appelée l'écart inter quartiles. Les moustaches réparties de chaque côté de la boîte représentent généralement près de 25 % des données, mais n'excèdent pas en termes de longueur,  $1,5 \cdot I$  ( $I$  étant l'écart interquartile, c'est-à-dire la longueur de la boîte), ce qui peut amener la présence de points atypiques en dehors des moustaches. La fin de la moustache supérieure correspond donc soit à la valeur  $3Q+1,5I$  (3<sup>ème</sup> quartile + une fois et demi l'intervalle inter quartile), soit au maximum de l'échantillon s'il est plus faible que cette valeur.

La fin des moustaches est très proche des centiles 1 et 99, lorsque la distribution de l'échantillon est gaussienne (suit une loi Normale).

## ANNEXE 5 Concentrations en métaux des PM10 et PM2.5

### Limites de quantification

Le tableau suivant présente les limites de quantification des différents métaux étudiés.

**Tableau 5. Limites de quantification - métaux dans les poussières inhalables**

Métaux	LQ (µg)	LQ (ng/m <sup>3</sup> )
Ag	0,04	0,3
Al	7	48,6
As	0,07	0,5
B	21	146
Ba	0,7	4,9
Be	0,04	0,3
Ca	70	486
Cd	0,04	0,3
Co	0,04	0,3
Cr	17,5	121,5
Cu	0,7	4,9
Fe	17,5	121,5
Ga	0,07	0,5
Hg	0,18	1,3
K	7,0	48,6
Li	0,07	0,5
Mn	0,14	1,0
Mo	0,14	1,0
Na	595	4132
Ni	0,14	1,0
Pb	0,05	0,3
Sb	0,07	0,5
Se	0,18	1,3
Si	35	243
Sn	0,14	1,0
Te	0,14	1,0
Ti	0,7	4,9
Tl	0,14	1,0
U	0,04	0,3
V	0,04	0,3
Zn	2,8	19,4
Zr	0,14	1,0
Cr VI	0,05	0,2



## Valeurs de comparaison

Tableau 6. Valeurs de comparaison - métaux dans les poussières inhalables (ng/m<sup>3</sup>)

Métaux	Réf. air ambiant*	Réf. Santé**	Réf. Bibliographique***							
			[1]	[2]			[3]			
				Site rural	Site urbain	Site industriel	Nice Arson (fond urbain)	Marseille Longchamp (fond urbain)	Port-de-Bouc La Lègue (urbain industriel)	
Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	-	-	5 – 180	-	-	-	108.6	98.6	154.2	-
As	6 (VC)	15,6	< 4	0.02 – 4 (USA)	3 – 200 (USA)	0.33 – 20.5 (Japon)	0.2	0.3	1.5	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	-	1 000	-	-	-	-	7.3	8.2	4.2	-
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	-	-	-	-	-	-	696.1	1 659.1	695.9	-
Cd	5 (VC)	300	< 1 – 5	1 – 5 (IPCS)	5 – 15 (IPCS)	0.4 – 54	0.1	0.1	0.3	-
Co	-	100	0.4 – 2	1 – 2	-	0.45 – 48	0.1	0.2	0.1	-
Cr	-	-	< 10	0 – 3	4 – 70	0.4 – 264	2.0	1.9	2.8	-
Cu	-	1 000	10	1.8 – 27	7 – 365	0.5 – 5036	14.6	16.4	5.9	-
Fe	-	-	-	-	-	-	285.2	352.1	442.3	-
Ga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg	-	200	1 à 4	0.001 – 6	0.015 – 10	-	-	-	-	-
K	-	-	-	-	-	-	154.2	131.3	197.3	-
Li	-	-	-	-	-	-	0.1	0.2	0.3	-
Mn	150 (VG)	300	10	5.4 – 33	4 – 120	2 – 1469	4.3	6.2	8.3	-
Mo	-	12 000	-	-	-	-	0.7	0.9	3.2	-
Na	-	-	-	-	-	-	597.1	389.5	629.4	-
Ni	20 (VC)	61	<3	1.2 – 9	3 – 100	0.1 – 140	2.4	2.5	2.7	-
Pb	500 (VL)	1 944	0.03	7.6 – 47	15.7 – 1250	2 – 4000	4.3	8.0	10.5	-
Sb	-	200	<0,1	0.00045 – 7 (USA)	0.5 – 171 (USA)	5.2 – 1210	1.3	1.4	0.6	-
Se	-	2 000	-	0.5 - 0.6 (Danemark)	0.4 - 0.7 (Danemark)	0.25 – 3.64 (Japon)	0.3	3.3	0.5	-
Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sn	-	-	-	0.7 - 1.4 (Danemark)	1.4 - 2.4 (Danemark)	-	2.4	1.7	1.2	-
Te	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	-	-	-	-	< 100 (IPCS)	1 – 164	6.3	14.8	9.3	-
Tl	-	-	-	< 1	< 1	-	0.0	0.0	0.0	-
U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	-	100	>1 et <40	0.001 – 1.9	-	0.94 – 1400	4.2	3.8	3.5	-
Zn	-	-	10 à 20	18 – 32	29 – 472	9 – 7565	16.2	20.7	25.8	-
Zr	-	-	-	-	-	-	0.7	0.6	0.4	-
Cr VI	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Les références « air ambiant » correspondent aux valeurs cibles (VC), valeurs limites (VL) ou valeurs guide (VG) existantes.

\*\* Les références « santé » correspondent aux concentrations minimales pour lesquelles un effet ou une probabilité d'effet supérieure à 1 pour 100 000 est susceptible d'apparaître et ce pour une exposition chronique 100% du temps. Ces concentrations ont été déterminées sur la base des Valeurs Toxicologiques de Référence établies avant le 31/12/2016 et sélectionnées selon la méthodologie décrite la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

\*\*\* [1] – Concentrations ubiquitaires issues des fiches toxicologiques INERIS téléchargées sur le portail des substances chimiques de l'INERIS en juin 2018

[2] – Concentrations moyennes issues du rapport du LCSQA « METAUX – MERCURE » Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air, Convention 31/2001, DECEMBRE 2002, FABRICE MARLIERE - NATHALIE BOCQUET - MAXIME ROUEZ, INERIS DRC - 02-39266- AIRE /etude 10- 782 fmr

[3] – Concentrations moyennes issues du rapport AtmoSud « Etude de la composition chimique des PM10 à Marseille, Nice et Port-de-Bouc » disponible : <https://www.atmosud.org/publications/etude-de-la-composition-chimique-des-pm10-marseille-nice-et-port-de-bouc>







Date début	Date fin	Point	Fraction étudiée	SERIE	Cr VI	Commentaire
					ng/m3	
					0.4	
					LQ (ng/m <sup>3</sup> )	
02/06/2017	08/06/2017	M-G 1	PM10	15		Dysfonctionnement
09/06/2017	14/06/2017	M-G 1	PM10	16		Dysfonctionnement
14/07/2017	20/07/2017	M-G 1	PM10	21	<LQ	
21/07/2017	26/07/2017	M-G 1	PM10	22	<LQ	
28/07/2017	03/08/2017	M-G 1	PM10	23	<LQ	
03/11/2017	09/11/2017	M-G 1	PM10	37	<LQ	
10/11/2017	15/11/2017	M-G 1	PM10	38	<LQ	
17/11/2017	23/11/2017	M-G 1	PM10	39	<LQ	
29/12/2017	04/01/2018	M-G 1	PM10	45	<LQ	
05/01/2018	10/01/2018	M-G 1	PM10	46	<LQ	
12/01/2018	18/01/2018	M-G 1	PM10	47	<LQ	
02/06/2017	08/06/2017	GARD 1	PM10	15	<LQ	
09/06/2017	14/06/2017	GARD 1	PM10	16	<LQ	
14/07/2017	20/07/2017	GARD 1	PM10	21	<LQ	
21/07/2017	26/07/2017	GARD 1	PM10	22	0.6	
28/07/2017	03/08/2017	GARD 1	PM10	23	0.6	
03/11/2017	09/11/2017	GARD 1	PM10	37	<LQ	
10/11/2017	15/11/2017	GARD 1	PM10	38	<LQ	
17/11/2017	23/11/2017	GARD 1	PM10	39	<LQ	
29/12/2017	04/01/2018	GARD 1	PM10	45	<LQ	
05/01/2018	10/01/2018	GARD 1	PM10	46	<LQ	
12/01/2018	18/01/2018	GARD 1	PM10	47	<LQ	
02/06/2017	08/06/2017	REF - 5 AV	PM10	15	<LQ	
09/06/2017	14/06/2017	REF - 5 AV	PM10	16	<LQ	
14/07/2017	20/07/2017	REF - 5 AV	PM10	21		Invalidation
21/07/2017	26/07/2017	REF - 5 AV	PM10	22		Invalidation
28/07/2017	03/08/2017	REF - 5 AV	PM10	23		Invalidation
03/11/2017	09/11/2017	REF - 5 AV	PM10	37	<LQ	
10/11/2017	15/11/2017	REF - 5 AV	PM10	38	<LQ	
17/11/2017	23/11/2017	REF - 5 AV	PM10	39	<LQ	
29/12/2017	04/01/2018	REF - 5 AV	PM10	45	<LQ	
05/01/2018	10/01/2018	REF - 5 AV	PM10	46	<LQ	
12/01/2018	18/01/2018	REF - 5 AV	PM10	47	<LQ	

## **ANNEXE 6    Graphiques – statistiques des concentrations métaux - PM10 et PM2.5**

Les graphiques, pages suivantes, présentent les statistiques des concentrations hebdomadaires en métaux dans les fractions PM10 et PM2.5 durant la campagne de mesures d'un an.

**ANNEXE 7 Dépôts de poussières et de métaux**



## **ANNEXE 8    Graphiques – statistiques des dépôts poussières et métaux**

## **ANNEXE 9    Graphiques – évolution temporelle des dépôts poussières et métaux**

## ANNEXE 10 Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS

### Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
<b>O<sub>3</sub></b> Ozone	L'ozone (O <sub>3</sub> ) n'est pas directement rejeté par une source de pollution. C'est un polluant secondaire formé à partir des NO <sub>x</sub> et des COV.
<b>Particules en suspension (PM)</b>	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).
<b>NO<sub>x</sub></b> Oxydes d'azote	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion.
<b>SO<sub>2</sub></b> Dioxyde de soufre	Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles, le trafic maritime, l'automobile et les unités de chauffage individuel et collectif.
<b>COV dont le benzène</b> Composés organiques volatils	Les COV proviennent de sources mobiles (transports), de procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants). Certains COV, comme les aldéhydes, sont émis par l'utilisation de produits d'usage courant : panneaux de bois en aggloméré, certaines mousses pour l'isolation, certains vernis, les colles, les peintures, les moquettes, les rideaux, les désinfectants... D'autres COV sont également émis naturellement par les plantes.
<b>HAP</b> Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Les HAP se forment par évaporation mais sont principalement rejetés lors de la combustion de matière organique. La combustion domestique du bois et du charbon s'effectue souvent dans des conditions mal maîtrisées (en foyer ouvert notamment), qui entraînent la formation de HAP.
<b>CO</b> Monoxyde de carbone	Combustion incomplète (mauvais fonctionnement de tous les appareils de combustion, mauvaise installation, absence de ventilation), et ce quel que soit le combustible utilisé (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane).

## Effets sur la santé

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air, de la dose inhalée et de la sensibilité des individus. Ils peuvent aussi avoir des incidences sur l'environnement.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
O <sub>3</sub> <b>Ozone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- irritation des yeux</li> <li>- diminution de la fonction respiratoire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- agression des végétaux</li> <li>- dégradation de certains matériaux</li> <li>- altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux</li> </ul>
Particules en suspension		<ul style="list-style-type: none"> <li>- effets de salissures sur les bâtiments</li> <li>- altération de la photosynthèse</li> </ul>
NO <sub>x</sub> <b>Oxydes d'azote</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- irritation des voies respiratoires</li> <li>- dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pluies acides</li> <li>- précurseur de la formation d'ozone</li> <li>- effet de serre</li> <li>- déséquilibre les sols sur le plan nutritif</li> </ul>
SO <sub>2</sub> <b>Dioxyde de soufre</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- pluies acides</li> <li>- dégradation de certains matériaux</li> <li>- dégradation des sols</li> </ul>
COV dont le benzène <b>Composés organiques volatils</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formation de l'ozone</li> </ul>
HAP <b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- peu dégradables</li> <li>- déplacement sur de longues distances</li> </ul>
Métaux lourds	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toxicité par bioaccumulation</li> <li>- effets cancérigènes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- contamination des sols et des eaux</li> </ul>
CO <b>Monoxyde de carbone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prend la place de l'oxygène</li> <li>- provoque des maux de tête</li> <li>- létal à concentration élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formation de l'ozone</li> <li>- effet de serre</li> </ul>

## Réglementation

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

- La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,
- La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,
- L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile. Un seuil est considéré dépassé lorsque la concentration observée est strictement supérieure à la valeur du seuil.

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Durée d'exposition
<b>O<sub>3</sub></b> Ozone	Seuil d'information- recommandations	180	Heure
	Seuil d'alerte	240	Heure
	Valeur cible		Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (maximum 25 j / an)
	Objectif de qualité	120	8 heures
<b>PM10</b> Particules	Seuil d'information- recommandations	50	Jour
	Seuil d'alerte	80	Jour
	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 j / an)
		40	Année
Objectif de qualité	30	Année	
<b>PM2.5</b> Particules	Valeur limite	25	Année
	Valeurs cibles	20	Année
	Objectif de qualité	10	Année
<b>NO<sub>2</sub></b> Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année
<b>SO<sub>2</sub></b> Dioxyde de soufre	Seuil d'information- recommandations	300	Heure
	Seuil d'alerte	500	Heure (pendant 3h)
	Valeurs limites	350	Heure (maximum 24h / an)
		125	Jour (maximum 3 j / an)
Objectif de qualité	50	Année	
<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b> Benzène	Valeur limite	5	Année
	Objectif de qualité	2	Année
<b>Pb</b> Plomb	Valeur limite	0,5	Année
	Objectif de qualité	0,25	Année
<b>CO</b> Monoxyde de carbone	Valeur limite	10 000	8 heures
<b>BaP</b> Benzo(a)pyrène	Valeur cible	0,001	Année
<b>As</b> Arsenic	Valeur cible	0,006	Année
<b>Cd</b> Cadmium	Valeur cible	0,005	Année
<b>Ni</b> Nickel	Valeur cible	0,02	Année

## Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

Les valeurs recommandées par l'OMS (2005) sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales.

Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés mais que la probabilité qu'un effet apparaisse est augmentée.

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
O <sub>3</sub> <b>Ozone</b>	- impact sur la fonction respiratoire	100	8 heures
PM 10 <b>Particules</b>	- affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	50	24 heures
PM 2.5 <b>Particules</b>		20	1 an
		25	24 heures
		10	1 an
NO <sub>2</sub> <b>Dioxyde d'azote</b>	- faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		40	1 an
SO <sub>2</sub> <b>Dioxyde de soufre</b>	- altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	500	10 minutes
	- exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	20	24 heures
Pb <b>Plomb</b>	- niveau critique de plomb dans le sang < 10 – 150 g/l	0,5	1 an
Cd <b>Cadmium</b>	- impact sur la fonction rénale	0,005	1 an
CO <b>Monoxyde de carbone</b>	- niveau critique de CO Hb < 2,5 % - Hb : hémoglobine	100 000	15 minutes

# RESUME : QUALITE DE L'AIR AUTOUR DES SITES ALTEO DE GARDANNE ET MANGE-GARRI

## Campagne de mars 2017 à février 2018

Réalisée entre mars 2017 et février 2018, la campagne de surveillance menée par AtmoSud autour des sites ALTEO à Gardanne (usine de production d'alumine) et Bouc-Bel-Air (site de stockage de Mange-Garri et zone de stockage stratégique de Bauxite) a permis de mettre en évidence l'influence de ces sites sur les particules inhalables (celles qui restent en suspension dans l'air) et sédimentables (celles qui se déposent au sol).

### ► Une influence des sites industriels avérée

Les particules inhalables et sédimentables sont d'origines diverses, néanmoins la présence plus importante de métaux traceurs de l'activité des sites (aluminium, titane, fer...) dans les particules relevées en proximité des sites ALTEO indiquent une influence de l'activité industrielle. D'autres sources tels que le trafic routier et les activités ferroviaire ont également été identifiées sur certain site de mesures.

### ► L'influence des sites industriels sur les particules PM10 lors de vents forts

L'analyse croisée de la taille (granulométrie), de la concentration massique et de la composition en métaux des particules, a permis de mettre en évidence l'influence des sites industriels sur les niveaux de particules dans certaines conditions météorologiques.

En effet, lorsque le vent en provenance du Nord-Ouest est supérieur à 4 m/s, les points de mesures les plus proches de l'usine de Gardanne relèvent des niveaux de concentration en PM10 plus importants notamment provoqués par l'envol de poussières émanant du site. Ces conditions étant relativement fréquentes sur la zone (10% du temps), les concentrations moyennes annuelles sont impactées.

Par vent modéré de secteur Est sur le site de stockage de Mange-Garri, les niveaux de particules de diamètre supérieur à 2,5 µm relevés sur les points de mesure environnants augmentent. L'envol des poussières de résidus de bauxite influence les niveaux de particules les plus grosses. Ces conditions de vent étant peu fréquentes, les concentrations moyennes de particules sont peu ou pas impactées.

### ► Des niveaux en particules qui restent comparables à ceux relevés dans les agglomérations

Même si la composition en métaux et les niveaux moyens de PM10 et dans une moindre mesure de PM2.5 relevés sur les 7 sites de mesures étudiés dans le cadre de cette étude, sont impactés par l'activité des sites, ils restent comparables aux niveaux de fond péri-urbain ou urbain mesurés sur les stations du réseau permanent de surveillance d'AtmoSud : 16 à 25 µg/m<sup>3</sup> pour les PM10 et 10 à 13 µg/m<sup>3</sup> pour les PM2.5. Aix, Marseille ou encore Meyreuil et Salon-de-Provence indiquent des niveaux équivalents en moyenne.

Il en est de même pour les particules sédimentables, la quantité moyenne mensuelle de particules se déposant au sol (comprise entre 1 et 4 g/m<sup>2</sup>/mois) reste comparable à celle d'une zone urbaine ou péri-urbaine.

### ► La surveillance de la qualité de l'air à Gardanne se poursuit

Bien que cette campagne de surveillance d'un an ait pris fin, le plan de surveillance autour de Gardanne se poursuit grâce au renforcement de la station permanente d'AtmoSud installée en proximité des habitations, sous l'influence du site industriel ALTEO (station qui a, par ailleurs, relevé les niveaux de particules les plus importants lors de la campagne). Les paramètres étudiés dans le cadre de la campagne (PM10, PM2.5, particules sédimentables, 33 métaux) sont maintenus sur la station.

En partenariat avec :



Responsable de publication : Boualem MESBAH

Publication : Octobre 2018

Photos : Archives AtmoSud