



# Qualité de l'air

Études

Juillet 2010



## Particules sédimentables

Investigations dans les communes de  
Châteauneuf-les-Martigues/La Mède  
Campagne juin 2009-avril 2010



Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône

Route de la Vierge - 13 500 Martigues - Tel. 04 42 13 01 20 - Fax. 04 42 13 01 29

Site internet: [www.airfobep.org](http://www.airfobep.org) - e-mail : [airfobep@airfobep.org](mailto:airfobep@airfobep.org)

Serveur vocal 04 42 49 35 35 (selon tarification téléphonique en vigueur)



# Sommaire

1.	Contexte .....	3
2.	Investigations.....	4
2.1.	Métrologie des poussières sédimentables.....	4
2.1.1.	Méthode.....	4
2.1.2.	Préparations des plaquettes.....	4
2.1.3.	Disposition des plaquettes.....	4
2.1.4.	Durée d'exposition .....	5
2.1.5.	Météorologie .....	5
2.1.6.	Transport.....	5
2.2.	Phase de prélèvement par AIRFOBEP .....	5
2.2.1.	Période d'échantillonnage .....	5
2.2.2.	Localisation des plaquettes .....	6
3.	Résultats.....	8
3.1.	Météorologie .....	8
3.2.	Masse des retombées.....	9
3.2.1.	Protocole.....	9
3.2.2.	Analyses des résultats.....	11
3.2.3.	Interprétation des résultats .....	13
3.2.3.1.	Analyse par période.....	13
3.2.3.2.	Analyse globale et interprétation .....	14
3.3.	Nature des particules .....	18
3.3.1.	Morphologie des particules.....	18
3.3.2.	Spéciation .....	19
3.3.2.1.	1 <sup>ère</sup> période : du 24/06/2009 au 24/07/2009.....	20
3.3.2.2.	8 <sup>ème</sup> période : du 20/01/2010 au 22/02/2010.....	21
3.3.2.3.	10 <sup>ème</sup> période : du 25/03/2010 au 23/04/2010.....	23
4.	Conclusion.....	25

# 1. Contexte

Les particules sédimentables sont des particules qui possèdent un diamètre aérodynamique supérieur à 100 µm. Leur vitesse de chute est par conséquent plus élevée que celle des particules en suspension : elle est au minimum de 30 cm/s [2] (elle augmente en fonction de la granulométrie). Malgré les phénomènes météorologiques perturbant l'évolution des particules dans l'air ambiant (pluviométrie, vent etc.), ces particules finissent par retomber par gravité. Elles peuvent ainsi se retrouver sur les habitations et constituer une nuisance esthétique ou sanitaire.

Dans notre cadre d'étude, un problème concernant les particules sédimentables a été soulevé. Le contexte actuel est le suivant : un riverain habitant à proximité de la zone industrielle de La Mède s'est plaint d'un dépôt de poussières d'aspect gras dans sa propriété. Ces dépôts étaient de façon générale réguliers, et à certaines occasions plus importants et ponctuels. Le riverain soupçonne la raffinerie de la zone industrielle comme étant la principale source de pollution particulaire. La DREAL étant informée de cette situation a demandé à AIRFOBEP de procéder à des investigations pour établir un état initial et, si cela s'avère nécessaire, de réaliser par la suite des analyses approfondies afin de d'identifier les origines potentielles de ces particules sédimentables.

La carte suivante (figure 1) situe la zone d'étude. Une carte plus détaillée sera présentée au § 2.2.2. (figure 4).



Figure 1: Localisation de la zone d'investigation

## 2. Investigations

### 2.1. Métrologie des poussières sédimentables

#### 2.1.1. Méthode

Les particules sédimentables sont mesurées suivant le protocole détaillé par la norme Afnor NF X 43-007 [3] de décembre 2008 (qui remplace celle de décembre 1973) relative à la détermination de la masse des retombées atmosphériques sèches. Le protocole repose sur un système de plaquettes dispersées sur une zone d'étude, plaquettes sur lesquelles les poussières se déposent. Les plaquettes d'une surface de 50 cm<sup>2</sup> (5 cm sur 10 cm) sont rigides et en acier inoxydable. Elles sont ensuite recouvertes d'un enduit adhésif adapté. Les plaquettes sont généralement disposées à 1,50 m du sol pour éviter la contamination directe par les poussières terrigènes de proximité. Elles sont soit maintenues par une glissière, soit fixées par une vis sur le support (piquet, etc.).

#### 2.1.2. Préparations des plaquettes

En ce qui concerne la préparation des plaquettes précédant leur mise en place, il est préférable d'enduire les plaques une fois sur place pour éviter toute contamination. L'enduit doit avoir une bonne capacité à figer : en réalité, l'enduit est contenu dans une bombe aérosol, il est pulvérisé sur la plaque et doit automatiquement se figer (le liquide pulvérisé passe à l'état de gel) pour éviter qu'il ne coule. Cette caractéristique à figer se nomme la thixotropie. De plus, il est primordial que l'enduit soit hydrophobe, afin d'éviter le mélange de l'enduit et des particules qu'il contient avec les précipitations. Enfin, l'adhésif doit être réparti de façon homogène sur la plaque. A titre d'exemple, les enduits fixateurs utilisés peuvent être à base d'huile de silicone comme le méthyl-polysiloxane.

#### 2.1.3. Disposition des plaquettes

Concernant la mise en place des plaquettes, il faut éviter de les placer contre un obstacle pouvant nuire au dépôt des poussières, et dans la mesure du possible respecter la condition suivante : être au minimum à une distance deux fois supérieure à la hauteur de l'obstacle (figure 2).

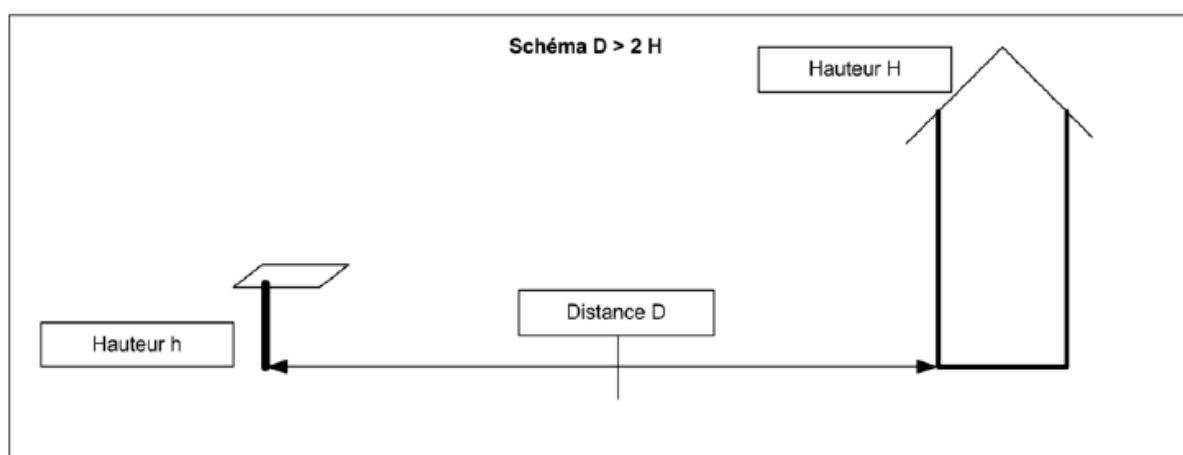


Figure 2 : Distance par rapport aux obstacles [3]

### 2.1.4. Durée d'exposition

A propos de la durée d'exposition, celle-ci doit être au maximum de 1 mois. Cette durée reste modulable suivant la quantité de retombées relevée en fonction des lieux d'exposition. Cela dit, il convient de respecter la durée de 1 mois à plus ou moins 20 %. En réalité, en fonction du contexte, il est nécessaire de faire un compromis :

- Si la durée d'exposition est trop courte, il risque de ne pas y avoir suffisamment de particules récoltées pour les analyser,
- Si la durée d'exposition est trop importante, les particules déposées risquent de s'entasser les unes sur les autres, et de fait n'étant plus en contact direct avec le fixateur, ne seront pas retenues sur la plaque.

### 2.1.5. Météorologie

Il conviendra également de noter les épisodes météorologiques pendant la durée d'exposition, épisodes à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats.

### 2.1.6. Transport

Lors du transport des plaquettes suite aux expositions, celles-ci doivent être contenues dans une boîte fermée à glissières permettant le rangement des plaquettes sans aucun contact entre elles.

## 2.2. Phase de prélèvement par AIRFOBEP

Plusieurs campagnes de prélèvement concernant les poussières sédimentables ont été entreprises par AIRFOBEP.

### 2.2.1. Période d'échantillonnage

Dans notre étude, il s'agit d'une campagne de mesures menée sur 10 mois, et se limitant à un périmètre plus restreint, à savoir la zone industrielle de la Mède et ses environs.

Le protocole de la norme NF X 43-007 est alors appliqué sur le terrain. Deux plaquettes de dépôt ont été installées sur la zone d'étude. La première se situe chez le riverain (figure 3) et la seconde à Châteauneuf-lès-Martigues. En effet, la première plaquette est celle qui fait réellement l'objet de l'investigation, et la seconde représente le témoin qui est censé être représentatif d'un environnement différent de celui du riverain, l'objectif étant de voir si le cas du riverain est vraiment particulier.

L'étude s'étend sur 10 mois, de juin 2009 à avril 2010. Le tableau I recense les dates de mise en place et d'exposition des différentes plaquettes.



Figure 3 : Plaquette de dépôt chez le riverain

Tableau I : Dates d'exposition des plaquettes de dépôt :

1 <sup>er</sup> mois	24/06/2009-24/07/2009
2 <sup>ème</sup> mois	24/07/2009-24/08/2009
3 <sup>ème</sup> mois	24/08/2009-24/09/2009
4 <sup>ème</sup> mois	24/09/2009-23/10/2009
5 <sup>ème</sup> mois	23/10/2009-23/11/2009
6 <sup>ème</sup> mois	23/11/2009-17/12/2009
7 <sup>ème</sup> mois	17/12/2009-20/01/2010
8 <sup>ème</sup> mois	20/01/2010-22/02/2010
9 <sup>ème</sup> mois	22/02/2010-25/03/2010
10 <sup>ème</sup> mois	25/03/2010-23/04/2010

Tous les mois, les plaquettes sont remplacées par de nouvelles ; les plaquettes récupérées sont stockées dans des boîtes à glissières avant d'être envoyées en laboratoire.

### 2.2.2. Localisation des plaquettes

La carte suivante (figure 4) représente l'emplacement des deux plaquettes de dépôt.

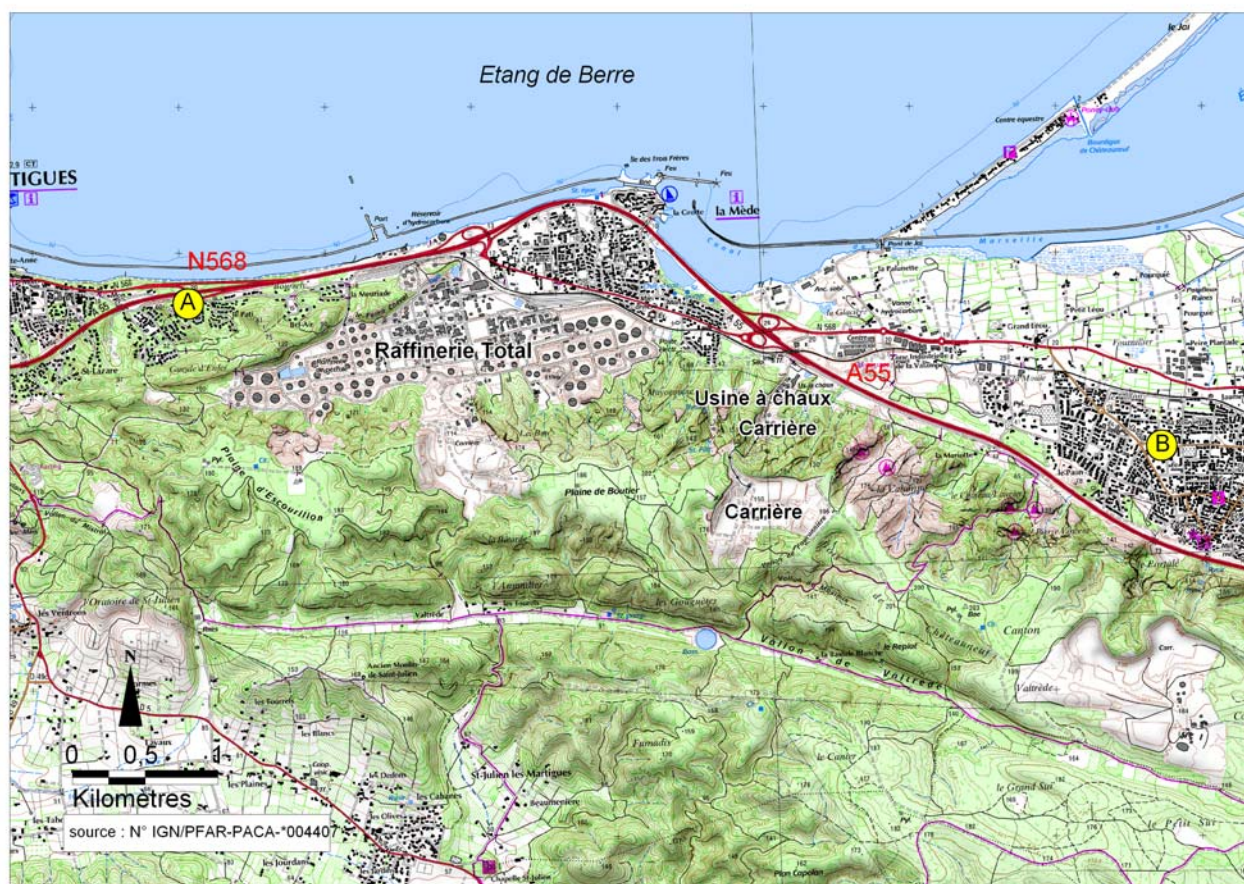


Figure 4 : Localisation des plaquettes sur la zone d'étude de la Mède : A et B

Coordonnées géographiques (Lambert II étendu) :

- Plaquette A (riverain) : X → 822 368.3 m  
Y → 1 825684.2 m
- Plaquette B (Châteauneuf) : X → 829 097,6 m  
Y → 1 824 622,7 m

Les plaquettes sont situées de part et d'autre de la raffinerie Total, et sont approximativement distantes 6,8 km. Cette distance correspond grossièrement au diamètre de la zone d'étude. Nous nous focalisons dans un premier temps sur ce périmètre pour amorcer l'étude, périmètre comprenant déjà des sources potentielles d'émissions de particules sédimentables, à savoir :

- Le site pétrochimique de Total,
- L'usine à chaux des Chaux de la Tour,
- Les carrières à proximité,
- L'autoroute A55,
- La nationale N568,
- La ville de la Mède,
- L'Etang de Berre.

## 3. Résultats

### 3.1. Météorologie

Avant d'aborder les résultats issus de l'analyse des plaquettes de dépôt, nous allons dans un premier temps nous intéresser aux phénomènes météorologiques qui se sont produits sur la zone d'étude durant la période d'exposition des plaquettes, c'est-à-dire du 24 juin 2009 au 22 mars 2010.

Deux paramètres sont observés : le vent et les précipitations. Concernant le vent, ce sont la direction, la vitesse et l'occurrence qui sont mesurées. Quant aux précipitations, il s'agit d'évaluer leur quantité et de distinguer les différentes intensités des événements. De plus, si des phénomènes non induits par la météorologie se produisent, il faut les noter. Tous ces paramètres (vent, précipitations, autres) ont une influence sur la dispersion des poussières sédimentables, sur leur retombée mais également sur leur impactation et leur adhérence au niveau des plaquettes. Les roses des vents et les précipitations par mois sont en annexe I : elles nous renseignent sur la tendance météorologique du mois. Elles ne peuvent pas être utilisées pour des situations ponctuelles de pollution. En figures 5 et 6 sont représentées la rose des vents générale et les précipitations pour les 10 mois de prospection.

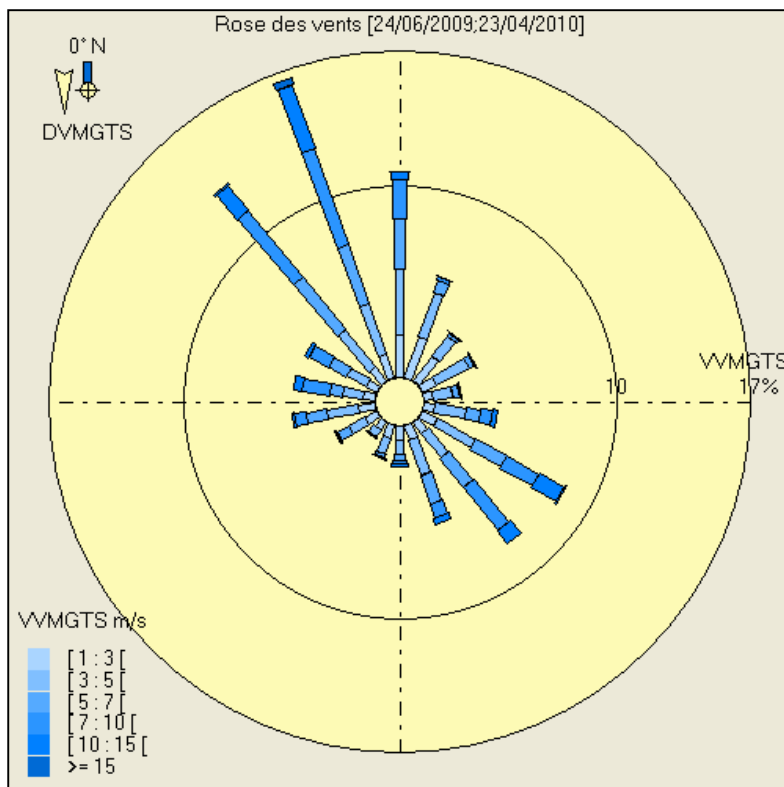


Figure 5 : Rose des vents du 24/06/2009 au 23/04/2010

**Vent :** Ainsi, si nous établissons une carte générale sur la période des dix derniers mois étudiés, nous remarquons toujours le modèle local avec les vents dominants au N-W (50% du temps) et un peu moins prononcés pour ceux venant du S-E (26%). Les vents du N-W présentent quelques rafales à plus de 15 m/s, et ceux dont la direction est S-E restent dans l'ensemble inférieurs à 15 m/s. La météorologie a été prise à la station de la Gatasse (figure 15).



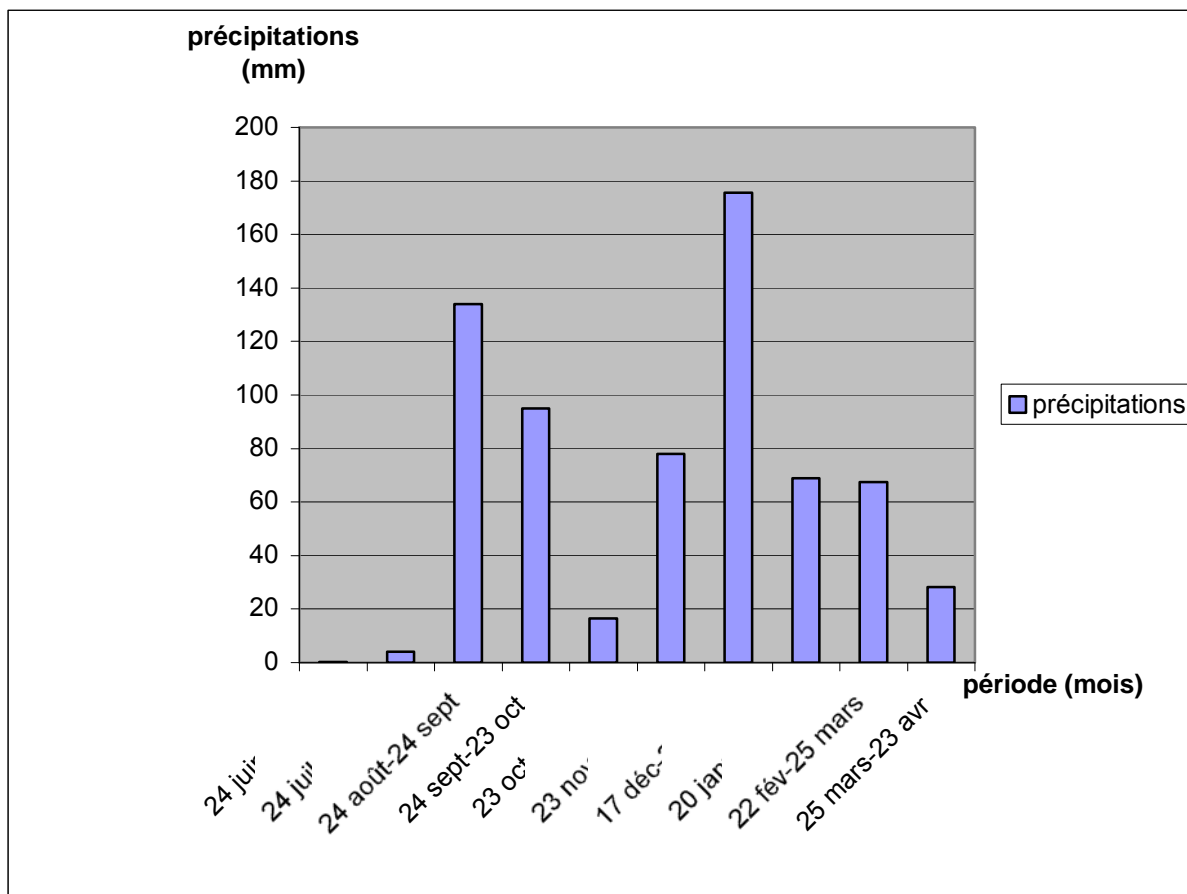


Figure 6 : Précipitations du 24/06/2009 au 23/04/2010

### Précipitations :

Sur toute la durée de l'étude (du 24 juin 2009 au 23 avril 2010), les précipitations ont été évaluées à 667,9 mm. Deux maximums de précipitations se démarquent : une première période, de fin août jusqu'à fin octobre, avec des précipitations atteignant 134 mm, et une seconde, de fin décembre à fin janvier, avec un taux de précipitations de 175,5 mm.

Les événements pluvieux puissants (averses ou orages) ont été relativement rares et plus fréquents l'été. L'hiver, la situation météorologique se matérialise par des pluies fréquentes et moins brutales ; quelques flocons de neige sont tombés mais en quantité infime.

Ajoutons juste deux événements exceptionnels : un incendie avec des émissions de cendres fin juillet, et le fonctionnement important de la torche air de Lavéra mi-octobre.

## 3.2. Masse des retombées

### 3.2.1. Protocole

Pour d'évaluer la masse des particules sédimentables récoltées sur les plaquettes, les poussières ont été transférées sur des filtres en quartz. Le protocole est le suivant :

- Pesée des filtres à blanc,
- Transfert des particules des plaquettes sur les filtres (figures 7, 8 et 9),
- Passage à l'étuve des filtres chargés,
- Pesée des filtres chargés (figure 10).

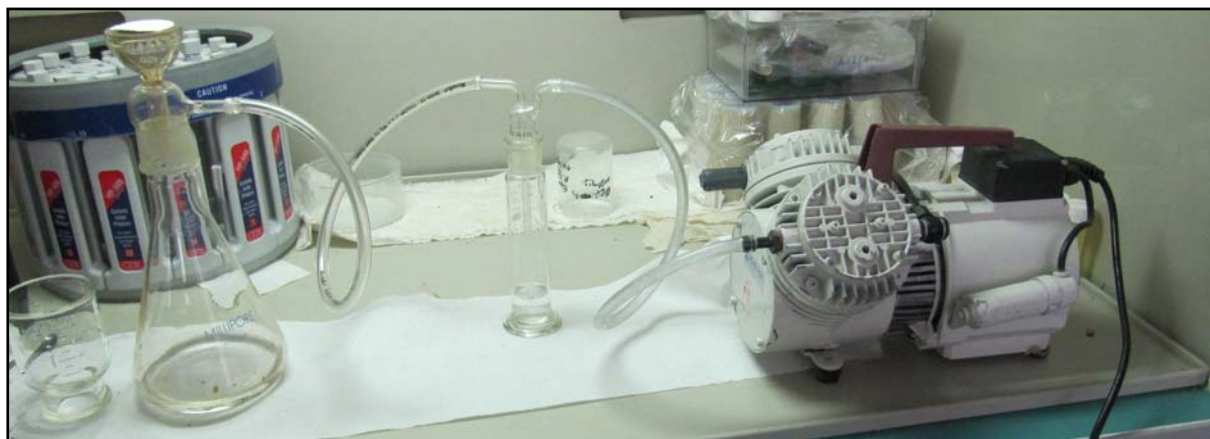


Figure 7 : Matériel permettant la récupération des poussières sur les filtres : erlenmeyer et support perméable à l'embouchure, récipient de verre s'emboîtant sur le support, barboteur, pompe et tuyaux

Le principe de récupération des particules est le suivant :



1) Un filtre vierge est placé au sommet d'un erlenmeyer sur un support perméable (figure 8),

Figure 8 : Filtre disposé sur l'erlenmeyer



2) Le récipient de verre est fixé sur le support (figure 9) ; on y introduit la plaquette sur laquelle un solvant (type dichlorométhane) est versé, ce solvant permettant la dissolution de l'enduit fixateur de la plaquette. Les poussières se retrouvent alors parmi le solvant dans le récipient. La pompe est ensuite allumée pour aspirer le solvant à travers le support perméable : le solvant coule dans l'erlenmeyer tandis que les particules sont retenues par le filtre (figure 10).

**NB :** le barboteur situé entre l'erlenmeyer et la pompe permet de récupérer les vapeurs de solvant qui peuvent se dégager lors de la manipulation. De plus, les filtres chargés sont passés à l'étuve pour ôter toute trace de solvant à évaporer.

Figure 9 : Montage pour la dissolution du fixateur

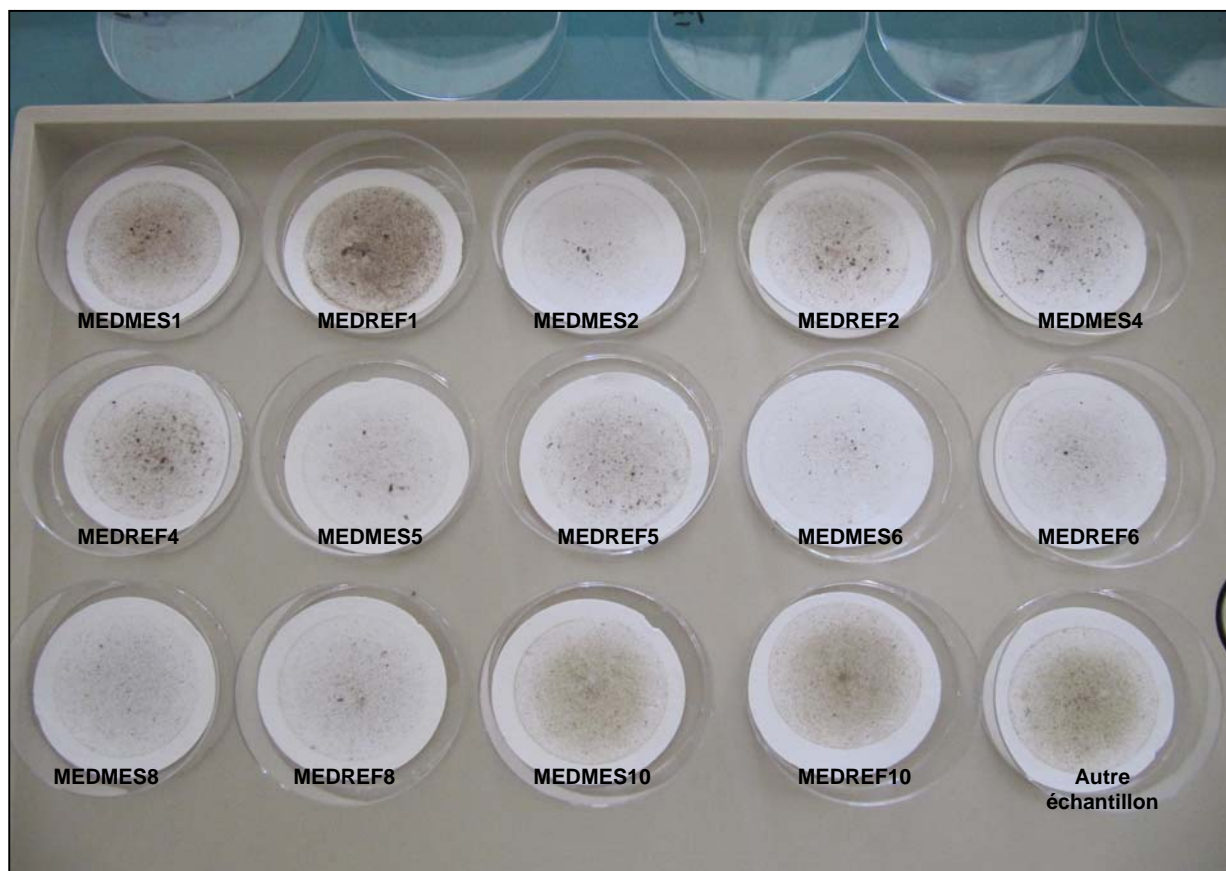


Figure 10 : Filtres chargés : filtres pour la mesure chez le riverain (MEDMES) et pour la référence à Châteauneuf (MEDREF)

### 3.2.2. Analyses des résultats

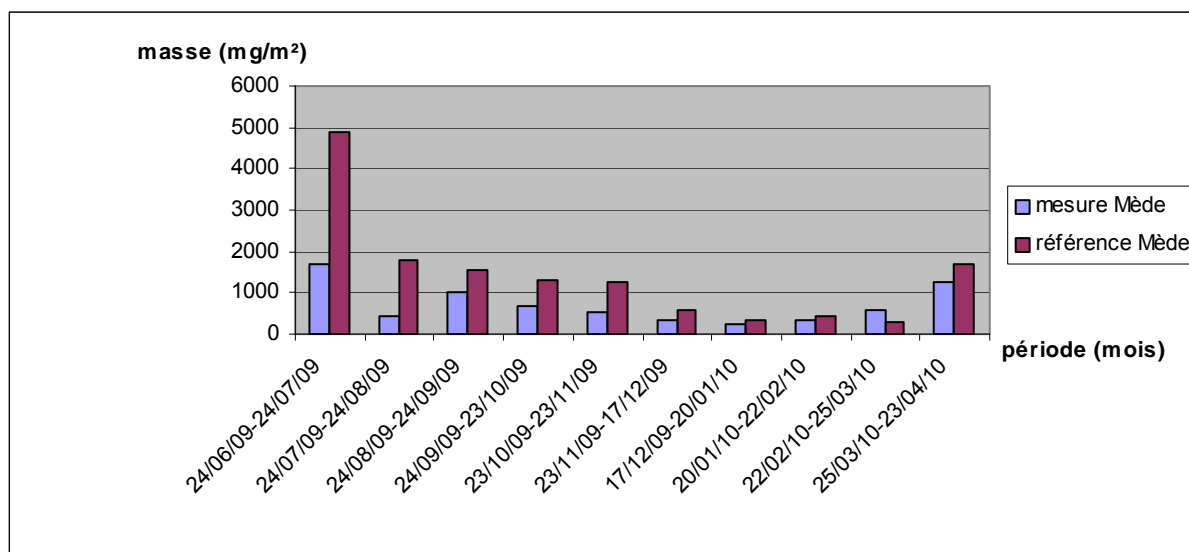


Figure 11 : Empoussièrement par mois des points de mesure du 24 juin 2009 au 23 avril 2010

La masse des particules sédimentables nous renseigne d'un point de vue quantitatif. De façon générale, cet histogramme en figure 11 nous rend compte des teneurs de poussières entre la référence et la mesure. Il s'avère que la masse de poussières à la référence est toujours plus

Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône

importante que celle de la mesure sauf durant la période du 22 février au 25 mars 2010. L'écart de masse entre la référence et la mesure est important – environ 4 fois plus grand - pour la première période du 24 juin au 24 juillet 2009. Cet écart est nettement plus faible pour les périodes suivantes.

Quant au tableau II, celui-ci nous renseigne sur les valeurs de concentrations en poussières en elles-même (voir annexe II pour toutes les valeurs par mois).

Tableau II : Teneurs d'empoussièrément pour les deux points de mesure

	Empoussièrément moyen		Empoussièrément maximal		Empoussièrément minimal	
	en mg/m <sup>2</sup> /mois	mg/m <sup>2</sup> /jour	en mg/m <sup>2</sup> /mois	mg/m <sup>2</sup> /jour	en mg/m <sup>2</sup> /mois	mg/m <sup>2</sup> /jour
<b>Mesure</b>	710.5	23.7	1686	56.2	331.3	11
<b>Référence</b>	1412.1	47.1	4863.3	162.1	303.3	10.1
<b>Campagnes 2002, 2003, 2004</b>	5502	183.4	24801	826.7	501	16.7

Les valeurs de l'empoussièrément moyen reflètent bien que la référence est plus chargée – 2 fois plus – que la mesure. L'empoussièrément maximal pour les deux points s'est produit à la même période (24 juin au 24 juillet 2009) alors que l'empoussièrément minimal pour la mesure a été constaté du 23 novembre au 17 décembre 2009, comparé à celui de la référence qui a eu lieu du 22 février au 25 mars 2010. A titre indicatif figurent les résultats issus des campagnes menées par AIRFOBEP en 2002, 2003 et 2004 à Châteauneuf-La Mède [4]: toutes les masses (moyennes, maximales et minimales) obtenues durant notre campagne en 2010 sont inférieures. En moyenne, la référence est 4 fois moins chargée et la mesure 8 fois moins chargée.

Les empoussièrément sont exprimés en mg/m<sup>2</sup>/mois pour les résultats bruts, puis en mg/m<sup>2</sup>/jour, unité qui nous permet de comparer ces valeurs avec celles d'un autre réseau de surveillance de la qualité de l'air utilisant des plaquettes de dépôt. Il n'existe pas de valeur réglementaire concernant les particules sédimentables, c'est pourquoi grâce à son historique de données ce réseau s'est défini lui-même des valeurs indicatives d'empoussièrément (tableau III).

Tableau III : Valeurs indicatives d'empoussièrément [5]

Seuils Air Languedoc-Roussillon	
<150 mg/m <sup>2</sup> /jour	faible
150 à 250 mg/m <sup>2</sup> /jour	moyen
>250 mg/m <sup>2</sup> /jour	fort

Ces seuils sont déterminés pour des environnements entourés de carrières, c'est la raison pour laquelle les valeurs peuvent paraître généralement plus élevées que nos teneurs. Cela dit, nos deux points de mesure peuvent être soumis à des envols de poussières issues de carrières sous certaines conditions météorologiques c'est pourquoi il est toujours intéressant d'avoir ces valeurs indicatives.

Nous savons cependant que les niveaux de fond d'empoussièrément observés en Languedoc-Roussillon se situent entre **30 et 120 mg/m<sup>2</sup>/jour** [5]selon l'environnement étudié (culture, ville etc.). Ainsi, les concentrations concernant la mesure – 23,7, 56,2 et 11 mg/m<sup>2</sup>/jour (tableau II) - restent malgré tout dans de faibles proportions comparées aux teneurs mesurées par Air Languedoc-Roussillon (annexe III).

### 3.2.3. Interprétation des résultats

Même si beaucoup de résultats ne peuvent s'expliquer de manière assurée, nous pouvons néanmoins soupçonner certains phénomènes ou imaginer certaines situations qui pourraient être la cause des teneurs et/ou de la nature des poussières récoltées durant notre investigation sur 10 mois.

Nous avons dans un premier temps déterminé la masse en particules sédimentables. De plus, nous avons suivi les concentrations en PM10 à la station de référence de la Mède (annexe IV) sur la même période que les particules sédimentables. En effet, bien que les PM10 ne soient pas classées comme poussières sédimentables, ce sont des poussières avant tout, et leur comportement est utile pour expliquer ce que l'on observe pour les particules sédimentables. Le SO<sub>2</sub> a aussi été pris en compte à plusieurs reprises. Nous avons également tenu compte de la météorologie et des poussières désertiques.

Les dix périodes vont être traitées une par une. Les dépôts de poussières seront expliqués en fonction des éléments dont nous disposons.

## Analyse par période

### ➤ 1<sup>ère</sup> période : du 24/06/2009 au 24/06/2009

A l'aspect visuel, les plaquettes « mesure » et « référence » pour cette période paraissaient plus chargées que toutes les autres. Cette observation s'est confirmée avec la masse de poussières qui s'est révélée être la plus importante de toutes les plaquettes : 56,2 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la mesure et 162,1 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la référence.

En consultant le site Prév'Air, celui-ci annonçait pour cette période des envols de poussières désertiques sur les côtes du Sud-Est de la France.

En outre, en étudiant les PM10 à cette période, plusieurs épisodes ont eu lieu. Nous nous sommes aperçus pour certains épisodes que toutes les stations de mesure annonçaient une masse importante et inhabituelle de poussières. Lorsque toutes les stations du réseau sont touchées, il s'agit bien d'un phénomène dont l'origine n'est pas locale.

Nous avons également calculé le rapport PM10/PM2,5 : il s'avère qu'il est plus élevé qu'à l'accoutumée : autour de 1,9 à 2 alors qu'il reste habituellement inférieur à 1,7. Les PM10 sont donc en proportion plus importante que d'habitude, ce qui conforte le fait qu'il y ait davantage de grosses particules dans l'air ambiant.

### ➤ 2<sup>ème</sup> période : du 24/07/2009 au 24/08/2009

La masse de poussières a diminué de 4 fois pour la mesure et de plus de 2 fois pour la référence par rapport à la première période. Les valeurs de masse peuvent être considérées comme très faibles chez le riverain : 14,2 mg/m<sup>2</sup>/jour (comparé aux niveaux de fond fournis par Air Languedoc-Roussillon, rappel : 30 à 120 mg/m<sup>2</sup>/jour), et plus conséquent à la référence : 59,7 mg/m<sup>2</sup>/jour.

Concernant les PM10 à la Mède (E-N-E de la raffinerie), nous avons un épisode le 21/08/2009 (annexe IV).

### ➤ 3<sup>ème</sup> période : du 24/08/2009 au 24/09/2009

La masse est plus élevée qu'à la période précédente pour la plaquette mesure – 33,8 mg/m<sup>2</sup>/jour – alors que celle de la référence est légèrement inférieure à celle de la dernière période : 50,9 mg/m<sup>2</sup>/jour. Bien que la masse sur la plaquette de mesure ait augmenté, elle reste tout de même dans de faibles proportions.

En observant les PM10, nous avons noté une dizaine d'épisodes plutôt courts (inférieurs à 5h).

### ➤ 4<sup>ème</sup> période : du 24/09/2009 au 23/10/2009

La masse de poussières a faibli pour les deux plaquettes : 22,7 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la mesure et 43,4 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la référence. Ce sont toujours des valeurs considérées comme faibles. Concernant les PM10, on dénombre quatre épisodes courts.

➤ **5<sup>ème</sup> période : du 23/10/2009 au 23/11/2009**

Les masses sont encore plus faibles pour ce mois : 17 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la mesure et 42,2 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la référence.

A propos des PM10, quatre épisodes avec des concentrations élevées se sont produits.

➤ **6<sup>ème</sup>, 7<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> périodes : du 23/11/2009 au 22/02/2010**

Les masses sont de plus en plus faibles :

- 6<sup>ème</sup> période : 11 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la mesure et 19,6 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la référence,
- 7<sup>ème</sup> période : 8,8 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la mesure et 11,8 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la référence,
- 8<sup>ème</sup> période : 11,3 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la mesure et 14,7 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la référence.

Pour ces périodes, les précipitations sont plus importantes (figure 6 : 175 mm pour la 7<sup>ème</sup> période).

Aucun épisode élevé en PM10 n'a été observé pour les 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> périodes. Lors de la 8<sup>ème</sup>, quatre épisodes importants ont été décelés.

➤ **9<sup>ème</sup> période : du 22/02/2010 au 25/03/2010**

Pour ce mois, la masse pour la plaquette de mesure est plus élevée que pour celle de référence : 19,6 mg/m<sup>2</sup>/jour contre 10,1 mg/m<sup>2</sup>/jour. Les concentrations restent néanmoins dans des valeurs basses.

Concernant les PM10, quelques épisodes importants ont été observés. Des poussières désertiques étaient prévues le 21/03/2010. De plus, le rapport PM10/PM2,5 était plus important qu'à l'accoutumée : de 1,70 à 2,35 pendant l'épisode (inférieur à 1,70 généralement).

➤ **10<sup>ème</sup> période : du 25/03/2010 au 23/04/2010**

Les masses de particules ont augmenté pour les deux plaquettes : 42,1 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la mesure et 56,1 mg/m<sup>2</sup>/jour pour la référence. Il s'agit de la masse la plus conséquente pour la mesure après celle de la première période.

A propos des PM10, un épisode important s'est déroulé le 20/04/2010 à la Mède.

## Analyse globale et interprétation

➤ **1<sup>ère</sup> Explication : les poussières désertiques**

Pour la 1<sup>ère</sup> période (24/06/2009 au 24/07/2009) et la 9<sup>ème</sup> (22/02/2010 au 25/03/2010), la quantité importante de particules est due aux poussières désertiques. Le site Prév'Air nous le prouve (figures 12, 13 et 14) en prévoyant des envols désertiques au large des côtes du S-E de la France, et le rapport PM10/PM2,5 aussi. De plus, toutes les stations de mesure de PM10 ont fourni des teneurs élevées. L'épisode a été plus marqué pour la première période : nous pouvions déjà deviner à l'œil (figure 10) qu'il s'agissait en majorité d'éléments sableux.

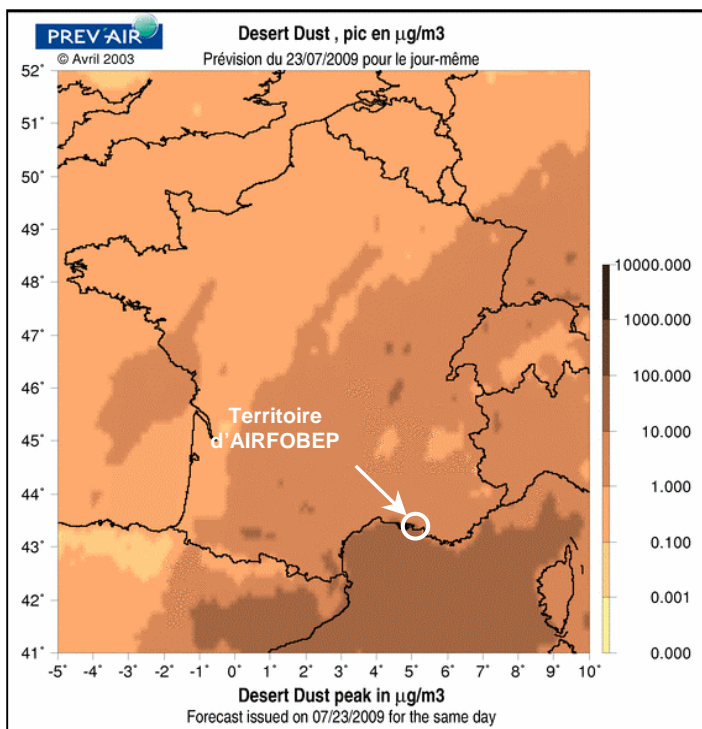


Figure 12 : Poussières désertiques prévues sur la France pour le 23/07/2009 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [6]

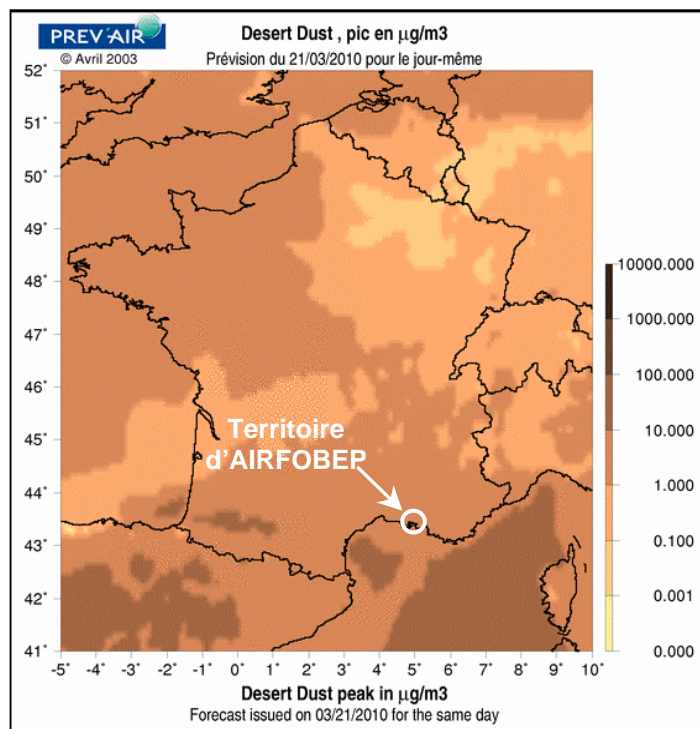


Figure 13 : Poussières désertiques prévues sur la France pour le 21/03/2010 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [6]

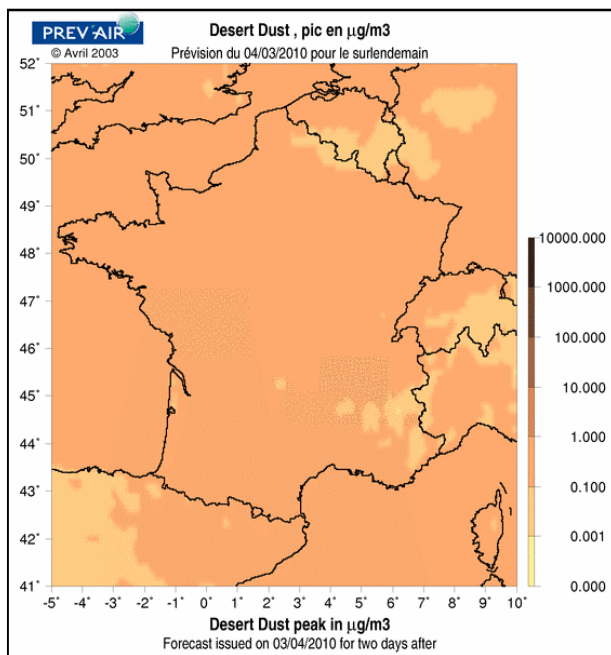


Figure 14 : Situation sans poussière désertique [6]

## ➤ 2<sup>ème</sup> Explication : les précipitations

Les 6<sup>ème</sup>, 7<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> périodes font l'objet de précipitations plus fréquentes. Lors d'un dépôt conséquent de particules, les dernières poussières s'étant déposées ne sont pas piégées par l'enduit fixateur, elles reposent juste sur les poussières en-dessous qui elles sont fixées. Ainsi, lorsqu'une pluie se produit, les poussières non adhérentes sont évacuées de la plaquette. Une relation peut être approximativement mise en évidence entre la période hivernale de précipitations et les teneurs en poussières sédimentables récupérées : à partir de cette 6<sup>ème</sup> période jusqu'à la 9<sup>ème</sup> (fin mars), les

précipitations sont les plus importantes dans l'année et les concentrations en poussières sédimentables sont les plus faibles pour les deux plaquettes.

### ➤ 3<sup>ème</sup> Explication : source potentielle

Les 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup>, 8<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> périodes ont fait l'objet d'épisodes de PM10 élevés.

En suivant l'évolution des concentrations de SO<sub>2</sub> à la Mède simultanément avec PM10, cela nous renseigne pour la plaquette de référence seulement. En effet, ces deux paramètres sont mesurés à la Mède (Est de la raffinerie) et non du côté du riverain (Ouest de la raffinerie).

Durant la 4<sup>ème</sup> période (24/09/2009 au 23/10/2009), un des épisodes de PM10 peut certainement s'expliquer par la raffinerie. Le matin le vent vient du N-E et un épisode de SO<sub>2</sub> est remarqué à la station de la Gatasse (figure 15); l'après-midi, le vent change et vient de l'O-S-O, il n'y a plus de SO<sub>2</sub> à la Gatasse mais à la Mède, et au même instant, on dénote un épisode de poussières à la Mède (il n'y a pas de station de mesure de poussières à la Gatasse donc on ne peut pas connaître leur concentration à cet endroit). Ce cas de figure nous démontre bien ici qu'il s'agit de la raffinerie qui est la source des PM10. Si les conditions météorologiques sont favorables (annexe V : condition B), il n'est donc pas exclu que des PM10 se soient retrouvées parmi les particules sédimentables retrouvées sur la plaquette de référence (figure 16).

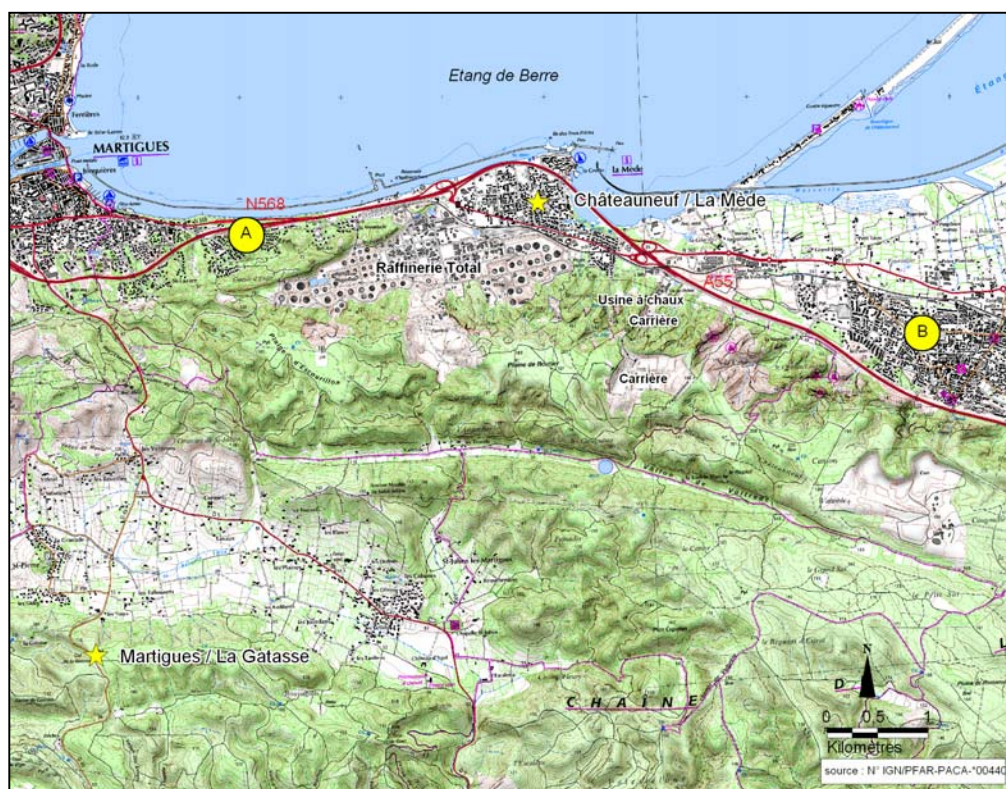


Figure 15 : Localisation des deux plaquettes (A : riverain, B : référence), station de mesure météorologique de la Gatasse, station de mesure de PM10 et SO<sub>2</sub> de la Mède



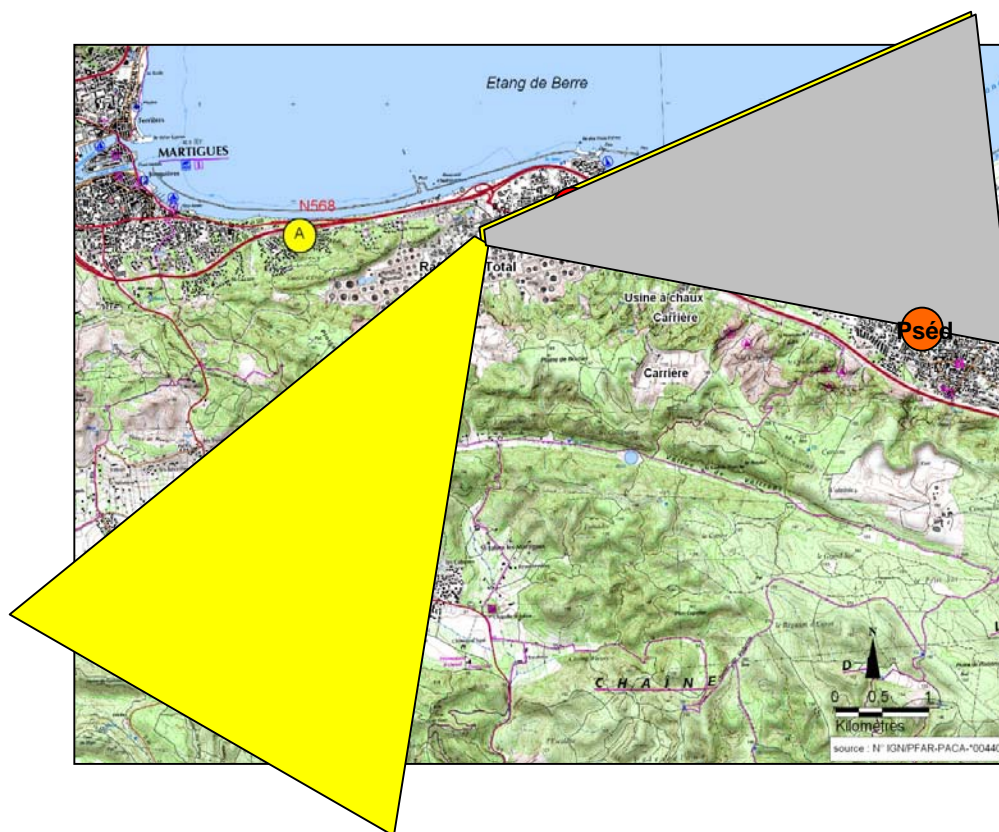


Figure 16 : Relation entre SO<sub>2</sub> (jaune), PM10 (gris) et particules sédimentables à la référence

La 2<sup>ème</sup> période (24/07/2009 au 24/08/2009) et la 10<sup>ème</sup> (25/03/2010 au 23/04/2010) ont été confrontées à une même situation : le vent était O-S-O, et un pic de SO<sub>2</sub> en même temps qu'un épisode de PM10 se sont produits. Ainsi, selon les conditions météorologiques (stabilité de l'atmosphère et vitesse de vent (annexe V)), il est donc possible que la plaquette de référence située à l'E-S-E de la raffinerie ait été impactée par des PM10 issues de la raffinerie.

La 3<sup>ème</sup> période (24/08/2009 au 24/09/2009) était toujours dans la situation où le vent était toujours orienté O-S-O avec un pic de SO<sub>2</sub> à la Mède. Lorsque le vent a tourné, le SO<sub>2</sub> a disparu mais les poussières apparaissent en grande concentration. Soit les poussières proviennent d'une source au N mais il y a peu de chance car il n'y a pas de source au N pouvant entraîner subitement une importante concentration en poussières, soit les poussières proviennent de l'O-S-O et ont mis plus de temps à arriver à la station que le SO<sub>2</sub>. Cette hypothèse est plus plausible et inculpe la raffinerie située à l'O-S-O de la Mède. Ainsi la plaquette de référence a pu recevoir des particules issues de la raffinerie.

La 8<sup>ème</sup> période (20/01/2010 au 22/02/2010) a subi des concentrations élevées en PM10. la raffinerie est soupçonnée dans la mesure où seule la station de la Mède a été touchée et le vent était très faible (pas de dispersion : annexe V, conditions A et B envisageables).

### 3.3. Nature des particules

L'objectif est de distinguer des types de particules de par leur morphologie et leur composition chimique afin de les relier dans la mesure du possible à des sources potentielles d'émissions.

Les échantillons ont subi la microscopie électronique à balayage (MEB) (voir annexe VII), technique qui nous permet à la fois d'observer la topographie, le relief de l'échantillon, mais également les éléments chimiques qui sont présents dans les poussières.

Ajoutons également que nous n'avons pas procédé à l'observation de toutes les plaquettes ce qui prendrait beaucoup de temps. Seules les plaquettes les plus chargées et les moins chargées ont été examinées afin d'avoir une estimation plus générale. De plus, nous n'avons pu observer qu'une petite partie de chaque filtre : la microscopie à balayage étant précise dans des dimensions nanométriques, il nous aurait été impossible de sonder toutes les particules du filtre. Il ne s'agit donc pas d'une étude statistique mais simplement d'un aperçu de ce que l'on peut observer à plusieurs reprises.

#### 3.3.1. Morphologie des particules

En terme de quantité, les morphologies de poussières les plus communes sont les blocs de particules (figure 17) et les polyèdres anguleux (figure 18). Les blocs ressemblent à des amas de poussières (mais il se peut que le bloc ne soit en réalité qu'une seule particule), anguleuses ou émoussés, et peuvent être de différentes tailles (de 5 à 200  $\mu\text{m}$  par exemple). Les polyèdres anguleux se caractérisent par des blocs avec des faces, et des arêtes plus ou moins tranchées ; eux-aussi peuvent avoir des dimensions variables.

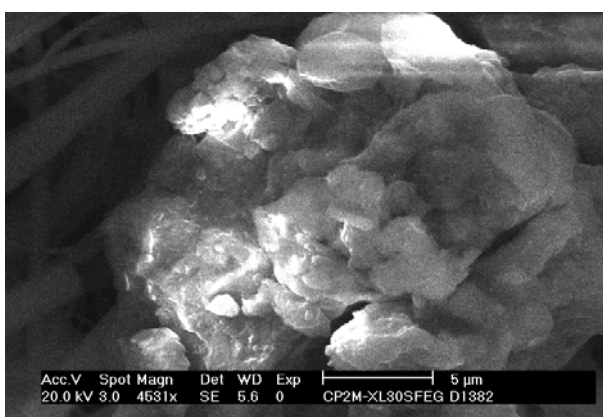


Figure 17 : Bloc de particules (20-25  $\mu\text{m}$ )

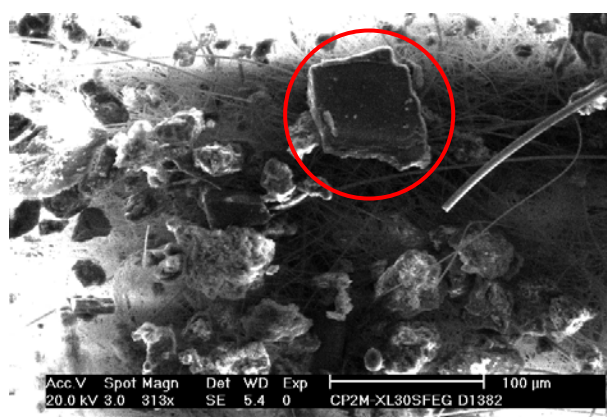
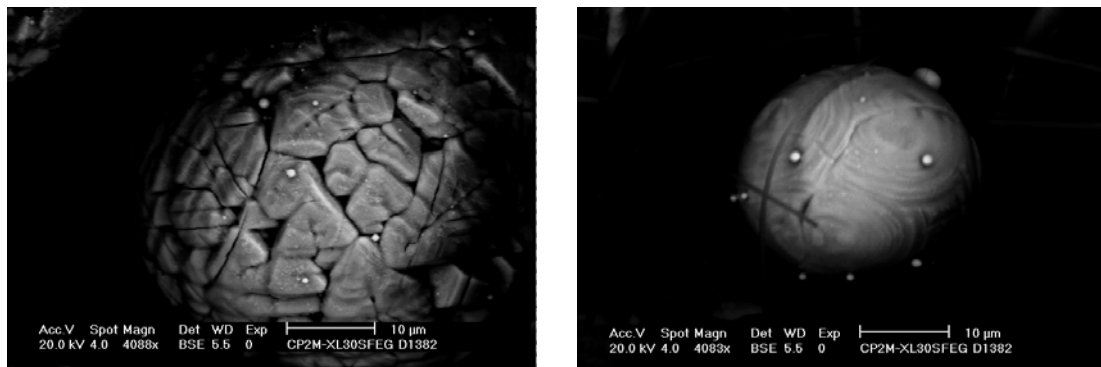


Figure 18 : Polyèdre anguleux (75  $\mu\text{m}$ )

Les poussières en polyèdres anguleux ont de fortes chances d'être issues d'éléments du sol. En effet, ces polyèdres ressemblent à des éléments cassés et sont généralement de grande dimension. En ce qui concerne les blocs de particules, nous ne pouvons pas nous prononcer sur leur origine, il faut procéder à une analyse des composés chimiques pour avoir plus d'informations.

Cependant, nous avons dénoté en infimes quantités certes, mais à plusieurs reprises quand même, (surtout pour l'échantillon de 10<sup>ème</sup> période) des types de morphologies particulières à savoir des sphères ayant des surfaces sillonnées, craquelées (figure 19) ou lisses (figure 20), d'un diamètre variable mais généralement inférieur à 50  $\mu\text{m}$ .



Figures 19 et 20 : Particules sphériques (50 µm et 20 µm) sur la mesure 10

Les particules sphériques sont issues d'une fusion (solide qui devient liquide dans des conditions de très hautes températures). Elles se matérialisent en sphère lorsque le liquide se refroidit. Dans toutes nos sphères observées, l'élément les composant était le fer brut.

### 3.3.2. Spéciation

Le déroulement d'une séance de MEB est le suivant :

- L'échantillon est introduit dans le MEB,
- Une image de l'échantillon zoomé 35 fois apparaît à l'écran,
- On procède à un zoom plus approfondi ou non selon les besoins puis on pointe avec un curseur l'endroit exact où l'on souhaite que l'appareil réalise un scan des éléments chimiques,
- Un spectre de plusieurs énergies caractéristiques des éléments présents apparaît à l'écran (annexe VI),
- D'autre part, l'ordinateur enregistre dans une base de données la teneur des éléments en pourcentage massique et atomique,
- On procède ensuite aux autres scans.

Il s'agit de la phase basique réalisée par le MEB. Il est également possible de procéder à la rétrodiffusion (annexe VII), méthode qui nous permet de focaliser nos scans sur les éléments chimiques lourds donc généralement métalliques.

Seuls les échantillons issus des plaquettes MEDMES et MEDREF des 1<sup>ère</sup> et 8<sup>ème</sup> périodes ont été observés. La plaquette MEDMES de la 10<sup>ème</sup> période a été observée sans la référence MEDREF.

## 1<sup>ère</sup> période : du 24/06/2009 au 24/07/2009

Une centaine de scans a été réalisée sur les échantillons du 1<sup>er</sup> mois. Les résultats sont les suivants :

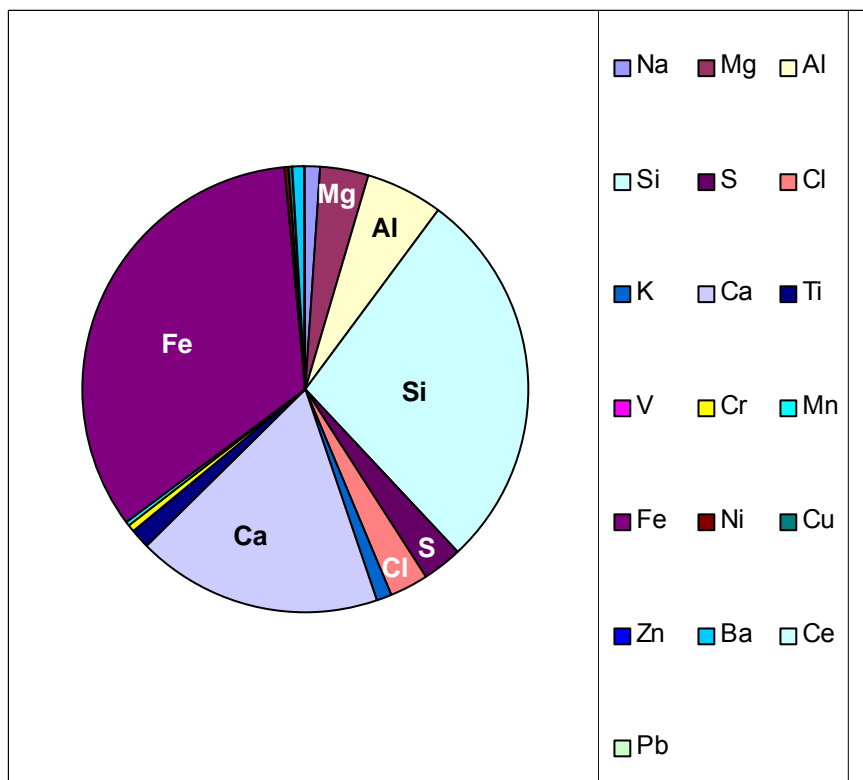


Figure 21 : Répartition des éléments dans l'échantillon MEDMES1

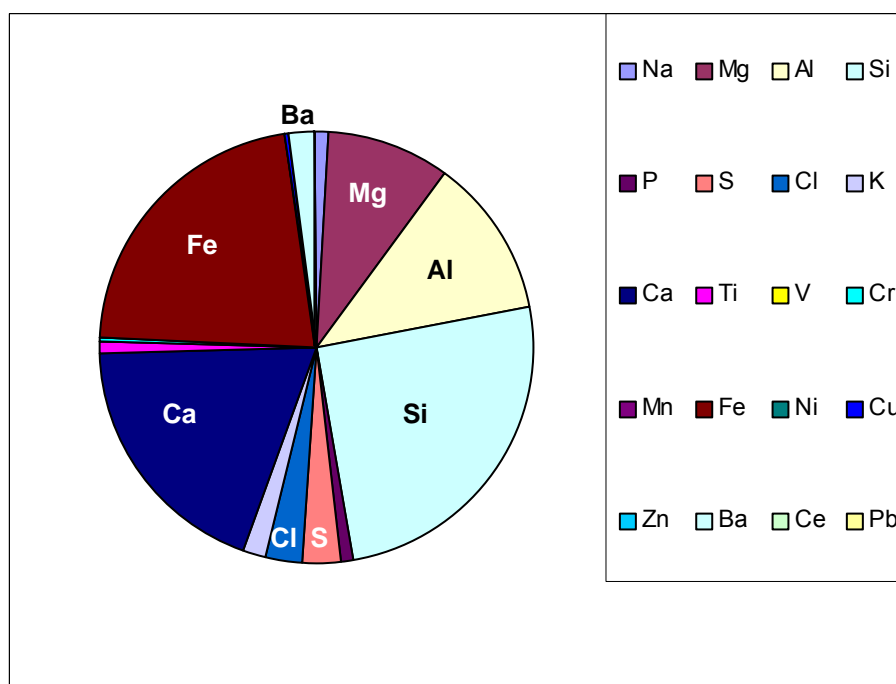


Figure 22 : Répartition des éléments dans l'échantillon MEDREF1

De façon générale pour les deux échantillons (figures 21 et 22), le fer, le silicium et le calcium sont les éléments les plus présents (2/3 à ¾) . Nous notons également du magnésium et de l'aluminium en part un peu moins importante. Certains éléments comme le chlore, le soufre, et le baryum pour la référence, apparaissent à l'état de trace.

Lorsque le MEB procède au scan, celui-ci n'est pas effectué de façon ponctuelle mais sur un champ un plus étendu. Ce fonctionnement explique le fait que l'on retrouve une part importante de silicium dans l'échantillon : en effet, le MEB, en plus d'analyser la poussière sélectionnée analyse les fibres du filtre en quartz (essentiellement composé de silicium et d'oxygène). Néanmoins, le silicium couplé à l'aluminium provient des argiles, le calcium et le magnésium se présentent sous forme de carbonates (calcite et dolomite) et le fer est potentiellement sous la forme d'oxydes de fer. Les argiles, calcite et dolomite proviennent d'éléments du sol ; les oxydes de fer peuvent aussi être issues d'éléments terrigènes mais ce n'est pas catégorique : les oxydes de fer n'ont pas qu'une source unique. Pour la référence, le baryum est présent dans la même proportion que le soufre (annexe VIII) : il est fort probable qu'il s'agisse du sulfate de baryum, molécule pouvant être liée au trafic routier : composition des carburants, pneus, catalyse. Cela dit, la majorité (en masse) des molécules retrouvées proviennent d'éléments du sol : carrières, terrains non stabilisés et comme nous l'avons mentionné dans le § 3.2.3. les envols désertiques.

## 8<sup>ème</sup> période : du 20/01/2010 au 22/02/2010

Une analyse basique a été faite suivie d'une rétrodiffusion. On pointe plus ou moins aléatoirement le curseur lors d'une analyse basique ; lors d'une rétrodiffusion, on sélectionne nos zones d'analyses. Lors de l'analyse basique, nous avons observé les éléments similaires à ceux rencontrés pour la première période. Comme nous pointions plus ou moins au hasard, nous avons de fortes chances de tomber sur les éléments les plus présents tels que le silicium ou encore le fer. Nous avons ainsi remarqué que les poussières du sol sont toujours présentes de par les éléments qu'on y observe (voir § 3.3.2.1.). Ensuite, nous avons procédé à la rétrodiffusion : nous avons réalisé davantage de scans en mode rétrodiffusion qu'en mode basique. Les résultats des figures 23 et 24 en tiennent compte.

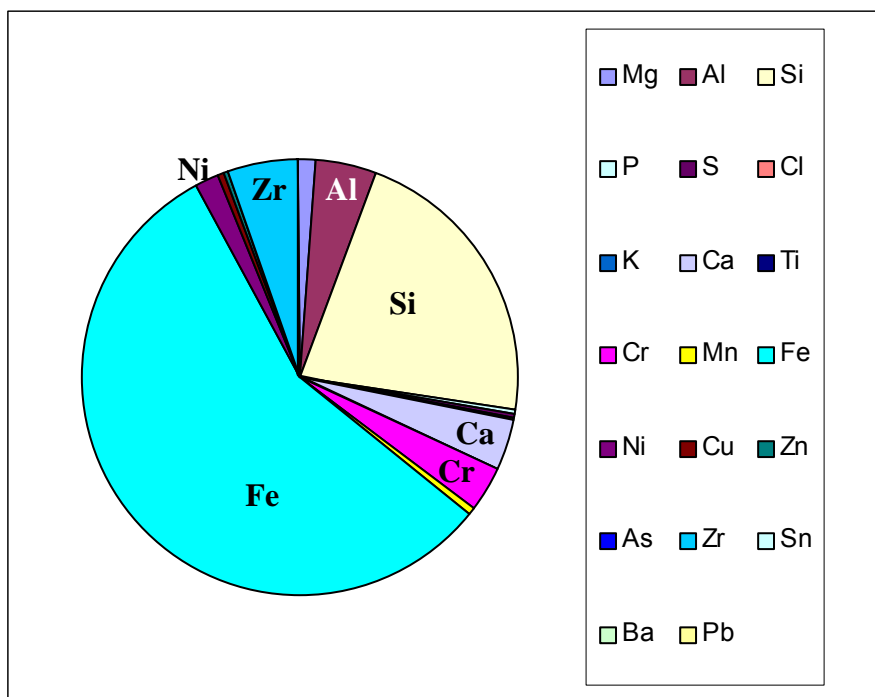


Figure 23 : Répartition des éléments dans l'échantillon MEDMES8

La figure 23 nous indique que la proportion de fer est en majorité absolue (plus de 50% en proportion dans les scans effectués), vient ensuite le silicium avec 21%. Les éléments zirconium, aluminium, calcium et chrome ont chacun un taux compris entre 3 et 5% ; le nickel est à 2%. Il y a de fortes chances que les métaux examinés soient issus de sources d'activités anthropiques. Cela dit, même si nous savons qu'il y a une autoroute ou encore des complexes industriels à proximité, il est difficile de déterminer laquelle de chacune des sources contribue à l'apport en particulier d'un élément.

Néanmoins, lors d'un scan, le MEB nous fournit un spectre d'énergies caractéristiques des éléments chimiques repérés. Nous avons constaté à plusieurs reprises pour la MEDMES8 que certains éléments apparaissent ensemble. Et cela s'est produit pour deux « groupes » d'éléments :

- 1<sup>er</sup> groupe : fer, nickel et chrome,
- 2<sup>ème</sup> groupe : zirconium, silicium et aluminium.

La 1<sup>ère</sup> association de fer, nickel et chrome pourrait justifier la contribution du trafic routier dans l'empoussièrément. En effet, certains alliages types Fe-Cr-Al et Ni-Cr-Al sont conçus pour être particulièrement résistants à la corrosion à haute température. Mais des alliages de Cr-Ni et de Fe-Cr sont très utilisés dans la métallurgie pour la conception des aciers. De fait, il n'est pas à exclure que l'entreprise de sidérurgie Arcelor Mittal basé à Fos-sur-mer soit l'auteur de certaines des poussières retrouvées bien que l'usine soit située à 20 km à l'O-N-O de notre zone d'étude. En effet, les éléments chimiques se retrouvent entre autres sur des PM10 récoltées sur les plaquettes, poussières qui voyagent bien plus loin que les poussières sédimentables.

La seconde association de zirconium, silicium et aluminium, est assez particulière. Les teneurs des trois éléments lorsqu'ils apparaissent ensemble sont respectivement de 45, 42 et 10% à chaque fois (les 3% restants étant répartis entre les autres composés). En règle générale, le zirconium se présente sous la forme de silicate de zirconium  $ZrSiO_4$ , dit « zircon », élément contenu dans la croûte terrestre. Mais le fait qu'il soit présent avec l'aluminium, et toujours dans les mêmes quantités nous laisse croire qu'il s'agirait plutôt d'une source anthropique du type métallurgie. En effet, le zircon est utilisé comme anti-recristallisant dans les alliages d'aluminium [7]. De plus, d'un point de vue morphologique, cette association de zirconium, silicium et aluminium était présente sous la forme de sphères de 20  $\mu m$ , ce qui confirme qu'elle soit issue d'un processus de fusion.

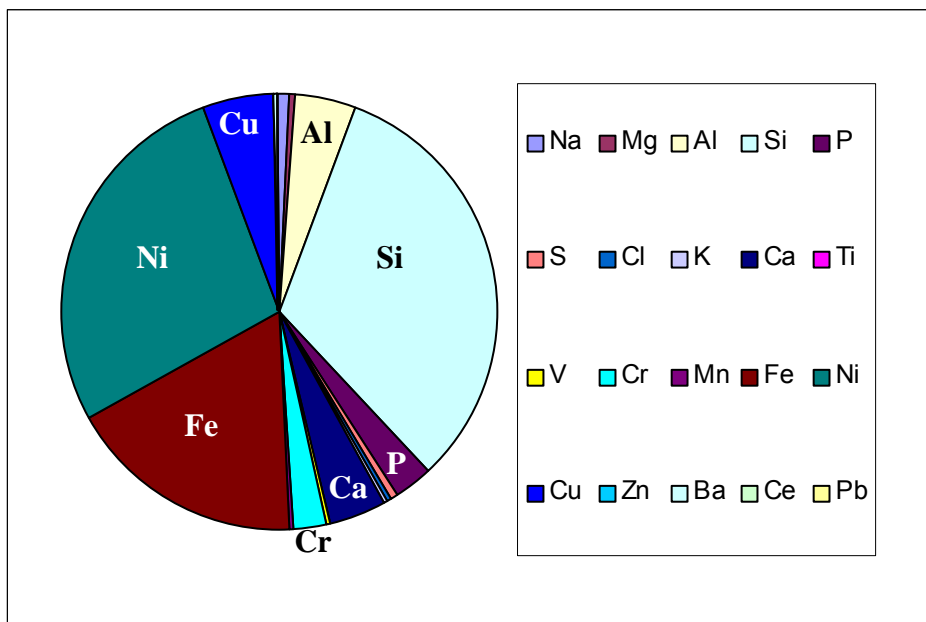


Figure 24 : Répartition des éléments dans l'échantillon MEDREF8

Les résultats des scans pour la MEDREF8 nous rendent compte d'une contribution importante du nickel (1/4), et d'autres éléments nouveaux en des teneurs plus faibles comme le chrome, le cuivre ou encore le phosphore (figure 24).

Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône

Route de la Vierge - 13 500 Martigues - Tel. 04 42 13 01 20 - Fax. 04 42 13 01 29

Site internet: [www.airfobep.org](http://www.airfobep.org) - e-mail : [airfobep@airfobep.org](mailto:airfobep@airfobep.org)

Serveur vocal 04 42 49 35 35 (selon tarification téléphonique en vigueur)

Des groupes d'éléments ont été observés à plusieurs reprises :

- 1<sup>er</sup> groupe : nickel et phosphore,
- 2<sup>ème</sup> groupe : fer, nickel et chrome,
- 3<sup>ème</sup> groupe : cuivre et étain.

En ce qui concerne le 1<sup>er</sup> groupe, la présence de phosphore est difficile à expliquer. D'après les analyses, le rapport Ni/P est constant ( $\approx 7$ ), ce qui nous laisse penser qu'il s'agit toujours d'une même source. Il est probable qu'une industrie pétrochimique soit la responsable de ce duo d'éléments (même si les complexes pétrochimiques sont éloignés de 8 km à l'Ouest).

Nous retrouvons de nouveau l'association fer, nickel et chrome qui doit certainement provenir de la même origine que celle de la MEDMES8.

Pour ce qui est du 3<sup>ème</sup> groupe de cuivre et d'étain, nous ne savons pas vraiment d'où il peut provenir. S'il s'agit d'un alliage à proprement parler, il se peut qu'il soit issu des automobiles (certaines pièces sont assemblées avec de la brasure au cuivre-étain). Mais il s'agit là d'hypothèses.

## 10<sup>ème</sup> période : du 25/03/2010 au 23/04/2010

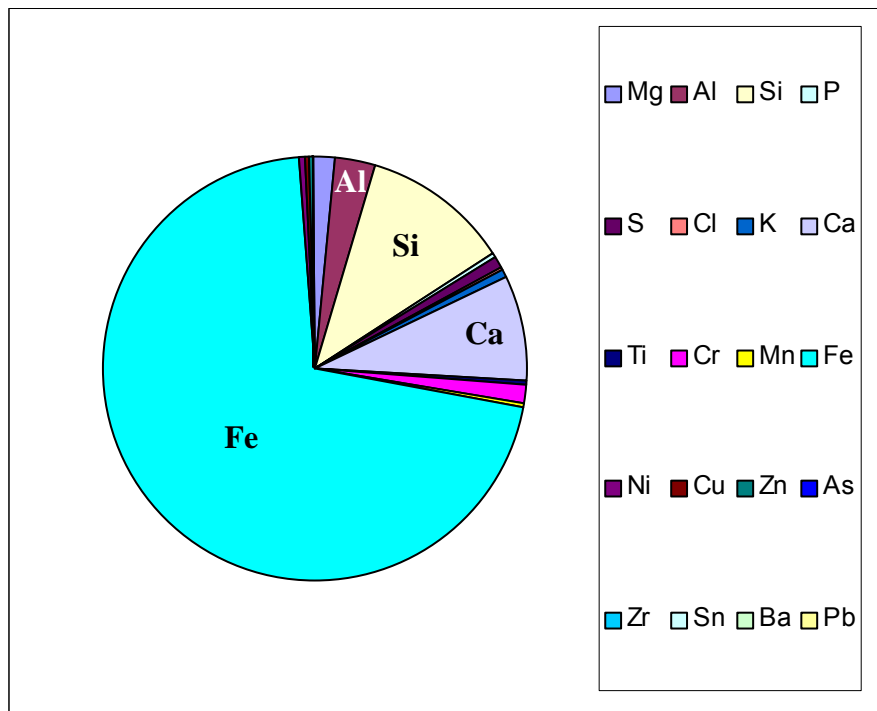


Figure 25 : Répartition des éléments dans l'échantillon MEDMES10

Il a été plus difficile d'analyser cet échantillon à cause d'une couche de pollen importante. Cela dit, en ayant procédé à l'analyse en mode basique et rétrodiffusé, il s'avère que le fer est majoritaire avec un taux de 70%. Le silicium et le calcium sont respectivement de 11 et 8%. L'aluminium est de 3%.

Sur toute la quantité de fer présente, nous avons pu l'observer à plusieurs reprises (même si cela reste dans des concentrations très faibles) sous la forme de sphères de 5 à 20  $\mu\text{m}$  (figures 19 et 20) dont il était l'unique constituant. Ces billes de fer micrométriques peuvent provenir du complexe sidérurgique Arcelor Mittal basé à Fos-sur-mer. Quelques fois, le fer seul était aussi matérialisé en plaque angulaire de l'ordre de 50  $\mu\text{m}$ . Nous l'avons également vu combiné avec d'autres éléments (Si, Ca, Mg, Al).

Enfin, l'association fer, nickel et chrome a encore une fois été retrouvée dans cet échantillon.

Sur tous les échantillons que nous avons pu observer, cette association de fer, nickel et chrome a été

notée 3 fois (sur les échantillons des 8<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> périodes). Elle était peut-être présente dans les échantillons de la 1<sup>ère</sup> période mais l'analyse a été entravée par les éléments sableux en grand nombre. Le fait est que ce groupe d'éléments a été constaté aussi bien sur des PM10 que sur des particules sédimentables, pour deux périodes différentes au moins, et à deux endroits distincts : il est donc plausible que l'autoroute en soit l'origine puisqu'elle passe à 150 m de la plaquette « mesure » et à 600 m de la plaquette « référence », et que le trafic routier soit permanent. L'hypothèse de l'industrie sidérurgique est également envisageable, pour les PM10 comprenant les éléments en question, dans la mesure où elle est éloignée et puisse impacter une large étendue à plusieurs kilomètres de ses émissions.



## 4. Conclusion

Nous rappelons que cette étude a été entreprise dans l'objectif d'apporter des réponses au riverain subissant des retombées de poussières d'aspect « noir et gras ». Durant les 10 mois de mesure, il n'y a pas eu de cas de figure où un épisode important s'est produit. Il s'agit plutôt d'un dépôt régulier. Des particules sédimentables ont cependant été récoltées mais en faibles concentrations comparées aux empoussièrtements de fond de référence ou ceux mesurés sur la région de l'Etang de Berre. Nous notons également que la plaquette de référence a la plupart du temps été plus empoussiérée que celle placée chez l'habitant. Cette quantité de poussières est expliquée par la localisation de la plaquette.

En ce qui concerne la nature des particules, nous avons relevé essentiellement des poussières provenant du sol (carrières, envols désertiques, terrains non stabilisés). Ces poussières sont généralement caractérisées par une forme anguleuse avec des éléments chimiques alcalino-terreux. En revanche, nous avons pu noter en une quantité infime la présence de poussières sédimentables et PM10 issues de sources anthropiques. L'élément Fe à l'état brut et combiné est le plus présent. A l'état brut, il est sous forme de plaque et plus communément sous la forme de sphère : ce fer provient par conséquent d'une fusion, processus étant entre autres utilisé en métallurgie. Certains métaux quant à eux apparaissent à plusieurs reprises simultanément (Fe-Ni-Cr) et pour les deux plaquettes à la fois, ce qui nous laisse penser que leur source est commune : trafic autoroutier en local ou source lointaine impactant une grande zone.

### Perspectives

Quelques perspectives d'investigations sont proposées pour répondre au mieux à l'objectif :

- La raffinerie Total détient plusieurs stations météorologiques sur son site : il serait donc intéressant d'obtenir ces données afin de suivre l'évolution des poussières au plus proche de leurs émissions. De plus, le riverain pourra contacter AIRFOBEP dès qu'il constatera un prochain empoussièrtement important : il sera peut-être possible en fonction des directions de vent de suspecter ou de disculper une source en particulier à un moment ponctuel,
- Les stations de mesure de PM10 et de SO<sub>2</sub> nous servant à décrire certaines situations ne sont pas situées à l'un des deux endroits où sont les plaquettes : si une future campagne est menée, il faudrait placer les plaquettes au même endroit que les stations de mesure (si ces emplacements sont cohérents),
- Les retombées grasses et noires font penser à des suies, donc des composés organiques, et les analyses entreprises dans notre étude ne permettent pas de traiter ces composés. Seuls les éléments minéraux et métalliques ont pu être observés en même temps que les morphologies. Si une prochaine campagne est entreprise, il faudrait procéder à une autre technique de prélèvement qui nous permettrait cette fois d'analyser les éléments organiques,
- La présence de certains groupes d'éléments chimiques (sur des particules sédimentables et PM10) tendent à inculper des sites pétrochimiques situés complètement à l'Ouest de notre zone de mesure. La DREAL entreprend d'approfondir le sujet en consultant la liste des produits utilisés et les dérivés chimiques pouvant ressortir de leur utilisation,
- Nous pourrions également envisager de placer des plaquettes à côté d'une source sûre (autoroute par exemple) pour voir si ce sont les mêmes types de poussières que celles que nous avons retrouvées durant notre campagne afin de pouvoir discriminer la source.

# Liste des figures et tableaux

- Figure 1 : Localisation de la zone d'investigation  
Figure 2 : Distance par rapport aux obstacles  
Figure 3 : Plaquette de dépôt chez le riverain  
Tableau I : Dates d'exposition des plaquettes de dépôt  
Figure 4 : Localisation des plaquettes sur la zone d'étude de la Mède  
Figure 5 : Rose des vents du 24/06/2009 au 23/04/2010  
Figure 6 : Précipitations du 24/06/2009 au 23/04/2010  
Figure 7 : Matériel permettant la récupération des poussières sur les filtres  
Figure 8 : Filtre disposé sur l'erenmeyer  
Figure 9 : Montage pour la dissolution du fixateur  
Figure 10 : Filtres chargés  
Figure 11 : Empoussièrment par mois des points de mesure du 24 juin 2009 au 23 avril 2010  
*Tableau II : Teneurs d'empoussièrment pour les deux points de mesure*  
*Tableau III : Valeurs indicatives d'empoussièrment*  
Figure 12 : Poussières désertiques prévues sur la France le 23/07/2009 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
Figure 13 : Poussières désertiques prévues sur la France pour le 21/03/2010 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
Figure 14 : Situation sans poussière désertique  
Figure 15 : Localisation des deux plaquettes, station de mesure météorologique de la Gatasse, station de mesure de PM10 et SO<sub>2</sub> de la Mède  
Figure 16 : Relation entre SO<sub>2</sub> (jaune), PM10 (gris) et particules sédimentables à la référence  
Figure 17 : Bloc de particules (20-25  $\mu\text{m}$ )  
Figure 18 : Polyèdre anguleux (75  $\mu\text{m}$ )  
Figure 19 : particules sphériques (50 et 20  $\mu\text{m}$ ) sur la mesure 10  
Figure 20 : particules sphériques (50 et 20  $\mu\text{m}$ ) sur la mesure 10  
Figure 21 : Répartition des éléments dans l'échantillon MEDMES1  
Figure 22 : Répartition des éléments dans l'échantillon MEDREF1  
Figure 23 : répartition des éléments dans l'échantillon MEDMES8  
Figure 24 : Répartition des éléments dans l'échantillon MEDREF8  
Figure 25 : Répartition des éléments dans l'échantillon MEDMES10

## Bibliographie

- [1] « Les aérosols, Physique et Métrologie » - 1998 – A. Renoux, D. Boulaud – 291p.
- [2] <http://www.ramenvironnement.com/effetsPoussieres.php>
- [3] « Qualité de l'air - Air ambiant, Détermination de la masse des retombées atmosphériques sèches, Prélèvement sur plaquettes de dépôts – Préparation et traitement »  
Norme NF X 43-007 – décembre 2008 – AFNOR – 24p.
- [4] « Polluants particuliers, Particules sédimentables » - 2004 – AIRFOBEP – 25p.
- [5] « Poussières sédimentables en Languedoc-Roussillon » - 2010 – Air Languedoc-Roussillon – 2p.
- [6] [http://www.prevoir.org/fr/prevision\\_pous\\_desert.php](http://www.prevoir.org/fr/prevision_pous_desert.php)
- [7] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Zirconium>

# ANNEXES

## Liste des annexes

Annexe I : Roses des vents et précipitations par mois sur la période d'étude

Annexe II : Résultats par mois et par jour des masses de particules sédimentables récoltées sur la période de mesure

Annexe III : Empoussièrtements mesurés sur le territoire d'Air Languedoc-Roussillon

Annexe IV : Surveillance des épisodes de PM10 de juin 2009 à avril 2010

Annexe V : Dispersion du SO<sub>2</sub>, PM10 et PM2,5 dans l'air ambiant suivant différentes conditions météorologiques

Annexe VI : Spectre d'énergie issu d'un scan d'échantillon au microscope électronique à balayage

Annexe VII : Principe de la microscopie électronique à balayage

Annexe VIII : Relation entre le pourcentage atomique des éléments soufre et baryum pour les échantillons de la 1<sup>ère</sup> période