



Qualité de l'air

Etudes

FÉVRIER 2004



LES PARTICULES SEDIMENTABLES SUR LA ZONE DE L'ETANG DE BERRE



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 - e-mail : airfobep@airfobep.org

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





Résumé

LES PARTICULES SEDIMENTABLES SUR LE POURTOUR DE L'ETANG DE BERRE

Les objectifs de l'étude

Les particules sédimentables ne font pas l'objet d'une surveillance réglementaire à l'immission. Néanmoins, beaucoup de riverains s'inquiètent de la présence de ce type de particules dans l'atmosphère. Cette inquiétude se traduit par des plaintes formulées auprès d'Airfobep à propos de nuages de particules visibles et gênantes.

Airfobep a réalisé un ensemble de mesure pour connaître les niveaux et la répartition géographique de ces particules dans la zone autour de l'Etang de Berre.

Particules sédimentables : définition

Les particules sédimentables possèdent un diamètre supérieur à 10 μm . Elles ne restent pas en suspension dans l'air et retombent ou sédimentent à proximité de la source émettrice.

Réglementations

La réglementation des particules sédimentables concerne les émissions des installations industrielles. Il n'existe pas de réglementation relative à la santé publique. Il n'y a donc pas de niveaux de pollution, par les particules sédimentables, à respecter à l'immission.

Par contre, on trouve dans la norme métrologique (NFX 43 – 007) de ces particules la définition de seuils d'empoussièrement faible moyens (30 $\text{g}/\text{m}^2/\text{mois}$) et fort.

Les sources principales dans l'air ambiant

Les particules sédimentables naturelles proviennent des sols, sables et débris de roches. Les plantes avec leur pollen, les volcans et les feux de forêts sont aussi des sources naturelles de particules sédimentables.

Les industries sont des sources anthropiques potentielles de poussières sédimentables. Sans être exhaustif, on peut citer les carrières, les fours à chaux, les industries chimiques, la sidérurgie et la cimenterie. Les axes routiers constituent aussi une source anthropique de particules sédimentables à cause de l'usure des pièces des véhicules et de la chaussée.

Les effets sur la santé

Les particules sédimentables occasionnent directement peu d'effets sur la santé. De par leur taille, elles ne sont pas inhalables et ne pénètrent donc pas les voies respiratoires. Toutefois, elles peuvent s'introduire jusqu'au pharynx. Elles peuvent aussi être ingérées et ainsi provoquer des effets liés à leur éventuelle toxicité. Dans l'environnement, ces poussières provoquent des salissures. Lorsque ces poussières sédimentent, elles peuvent, selon leur composition, venir infecter l'eau ou les sols.

Les moyens

Métrologie :

La mesure des particules sédimentables est décrite dans la norme NFX 43 – 007. Elle est réalisée à l'aide de plaquettes métalliques minces recouvertes d'enduit. Ces plaquettes sont disposées horizontalement, à 1,5 m du sol afin de récupérer le dépôt des poussières sédimentables. Ce dépôt est transféré sur un filtre pour la pesée ou l'analyse. Le temps d'exposition des plaquettes est de 14 jours. Ce temps peut cependant être réduit ou augmenté selon le niveau d'empoussièrement.

Les campagnes de mesures : Trois campagnes de mesures des particules sédimentables ont été menées par Airfobep. Les deux premières (150 prélèvements) ont été réalisées durant l'automne 2002 l'hiver 2003. Elles ont permis l'évaluation des niveaux de particules sédimentables sur le pourtour de l'étang de Berre. La troisième (30 prélèvements), réalisée en 2004, a permis l'analyse qualitative des différents types de particules sédimentables prélevées. Les investigations ont concerné 7 zones (voir tableau 1). Un réseau de plaquettes a été installé dans chacune d'elles. Le nombre de plaquettes (2 à 10) par réseau dépend de l'étendu de la zone considérée et du nombre de sources potentielles présentes à proximité. Le temps moyen d'exposition des plaquettes est de 30 jours.

Campagnes de mesure des particules sédimentables	
Zone (commune à proximité)	Sources à proximité
Port de bouc	Cimenterie
Fos sur mer	Raffinerie
	Sidérurgie
Istres	Carrière
	Carrière
Châteauneuf les Martigues	Carrière
La Mède	Carrière, chaux
	Carrière, Raffinerie
Lavéra	Energie
	Raffinerie, chimie
Ensuès	Chaux

Tableau 1 : Zones d'investigation

Les résultats

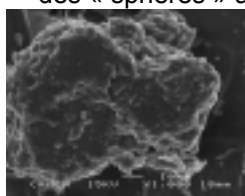
Les campagnes de prélèvement, menées en 2002 et 2003 ont montré que les niveaux de particules sédimentables sur la zone de l'Etang de Berre sont globalement faibles (selon la définition des niveaux dans la norme NFX 43 – 007). En dehors de la zone d'ensuès, l'empoussièrément moyen est inférieur à 10 g/m²/jour (tableau 2).

Commune	Automne 2002	Hiver 2003	Campagne 2004	Moyenne
Empoussièrément : Moyenne en g /m ² / mois				
Ensuès	2.9	10.5	87.2	33.5
Martigues - Lavéra	0.6	1.0	4.5	2.0
Chateauneuf – La Mède	0.8	1.6	14.2	5.5
Port de Bouc	1.4	2.2	15.0	6.2
Fos sur Mer	0.7	2.0	5.0	2.6
Istres	1.0	5.9	5.4	4.1

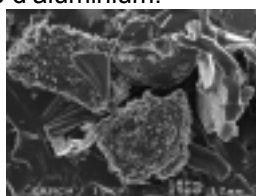
Tableau 2 : Niveaux d'empoussièrément sur la zone de l'étang de Berre

Les analyses réalisées en 2004 ont porté sur la composition chimique et la morphologie des particules. Elles ont permis l'identification de 3 typologies de particules

- des « blocs » riches en calcium,
- des « agglomérats de plaques » contenant du fer,
- des « sphères » avec la présence d'aluminium.



Blocs



Agglomérat de plaques



Sphères

Ces typologies sont à relier avec les différents types de sources présentes dans les zones d'investigation : - **carrières, cimenteries, fabrication de chaux – sidérurgies - raffineries production d'énergie et chimie.**

Rapport technique

Réalisé par M. Sébastien ARIGHI dans le cadre de son stage d'ingénieur effectué à AIRFOBEP

Table des Matières

Partie I : Généralités sur les polluants particuliers

1. Définitions
2. Physique de la particule
3. Les sources potentielles
4. Effets sur la santé
5. Procédés de réduction à la source
6. Métrologie

Partie II : Campagne de mesures

Résultats qualitatifs :

Résultats quantitatifs :

GENERALITE SUR LES POLLUANTS PARTICULAIRES

I / Définitions

Les aérosols :

Le terme aérosol désigne la suspension, dans un milieu gazeux, de particules solides ou liquides ou les deux présentant une vitesse de chute négligeable, ce qui correspond à des particules de dimension inférieure à 100 µm dans l'air dans les conditions normales. Un aérosol regroupe à la fois les particules et le gaz dans lequel elles se trouvent.

Les fumées noires « smoke » :

La fumée désigne l'ensemble formé par les gaz de combustion et les particules qui en découlent. Le smoke est l'aérosol visible résultant d'une combustion. Ces particules peuvent atteindre des tailles de 100 µm. Les fumées noires comportent des particules inférieures à 10 µm de diamètre.

Les poussières :

Les poussières sont des particules solides pouvant rester en suspension dans un gaz. Les particules solides inférieures à 75 µm provenant de processus mécanique sont appelées « dust ».

Brume et brouillard :

La brume « mist » est un terme plutôt vague appliqué à une suspension de gouttelettes dans gaz. Dans l'air, cela correspond à une visibilité comprise entre 1 à 2 km. Les particules ont un diamètre supérieur au µm.

Si la visibilité est inférieure à 1 km, cette brume épaisse est assimilable à un brouillard « fog ».

Une émission étendue de l'atmosphère par les aérosols est appelée « smog ».

Cendre « ash » :

Les ashes sont des résidus solides subsistant après combustion des matériaux carbonés.

La cendre volante est appelée quant à elle « fly ash », elle est formée de particules de cendres finement divisées et entraînées dans les fumées de combustion.

PM_{2,5} et PM₁₀ :

Ceux sont des aérosols de diamètres aérodynamiques inférieure à 2,5 µm pour les PM_{2,5} et inférieure à 10 µm pour les PM₁₀.

Particules sédimentables :

Les particules sédimentables possèdent un diamètre supérieur à 10 µm. Avec ce diamètre ces particules ne peuvent être en suspension dans l'air. Ces particules retombent ainsi à proximité de la source émettrice.

II / Physique de la particule

Les polluants particulaires, aérosols, fumée noire, cendres solides forment une famille de polluants qui peut se regrouper sous le terme générique de poussières. D'origine naturelle et anthropique, elles constituent un complexe de substances non gazeuses, organiques ou minérales. Ces particules peuvent être divisées en deux catégories par rapport à leur durée de vie dans l'air ambiant. Ainsi les particules en suspension et les particules sédimentaires se distinguent par le facteur principal de la durée de vie : la force de pesanteur diminuée de la poussée d'Archimède.

$$F = \frac{3}{4} \pi r^3 \times g (\rho_1 - \rho_2)$$

Avec ρ_2 : masse volumique de l'air (kg.m⁻³)
 ρ_1 : masse volumique de la particule (kg.m⁻³)
 g : accélération de la pesanteur = 9.81 m.s⁻²
 r : rayon de la particule

De cette force la vitesse de chute de la particule est déduite :

$$V = \frac{1}{18} \times \frac{d^2(\rho_1 - \rho_2)g}{\eta} \times C$$

Avec ρ_2 : masse volumique de l'air (kg.m⁻³)
 ρ_1 : masse volumique de la particule (kg.m⁻³)
 g : accélération de la pesanteur = 9.81 m.s⁻²
 η : viscosité de l'air

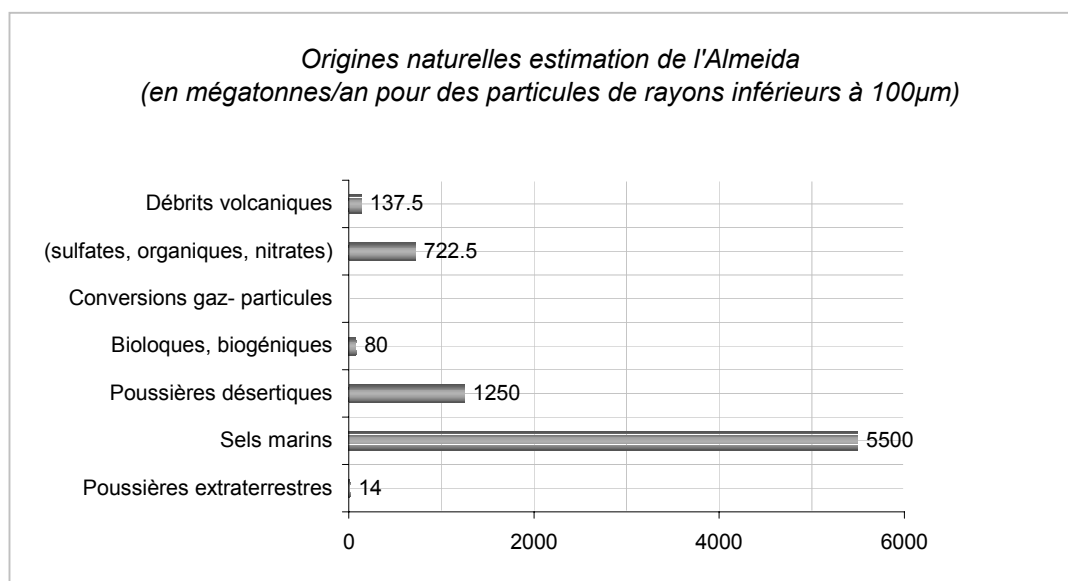
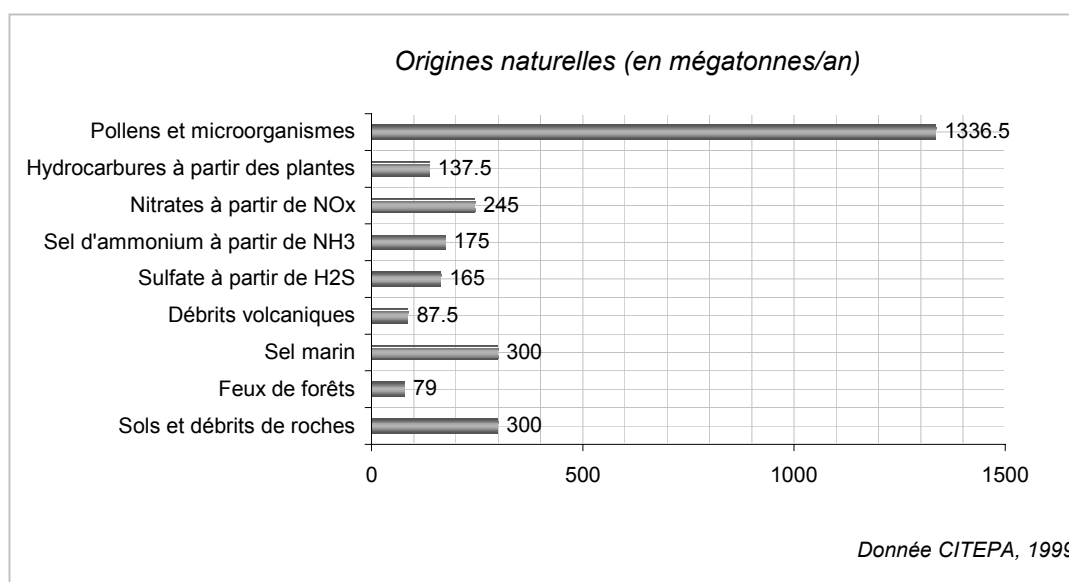
Les particules sédimentables possèdent un diamètre supérieur à 10 µm. Avec ce diamètre la vitesse de chute n'est pas négligeable. Ainsi ces particules ne peuvent être en suspension dans l'air. Ces particules retombent à proximité de la source émettrice.

III / Les différentes sources potentielles

Les sources naturelles :

Les sources naturelles d'aérosols atmosphériques sont essentiellement les océans, puis les volcans et les feux de brousse.

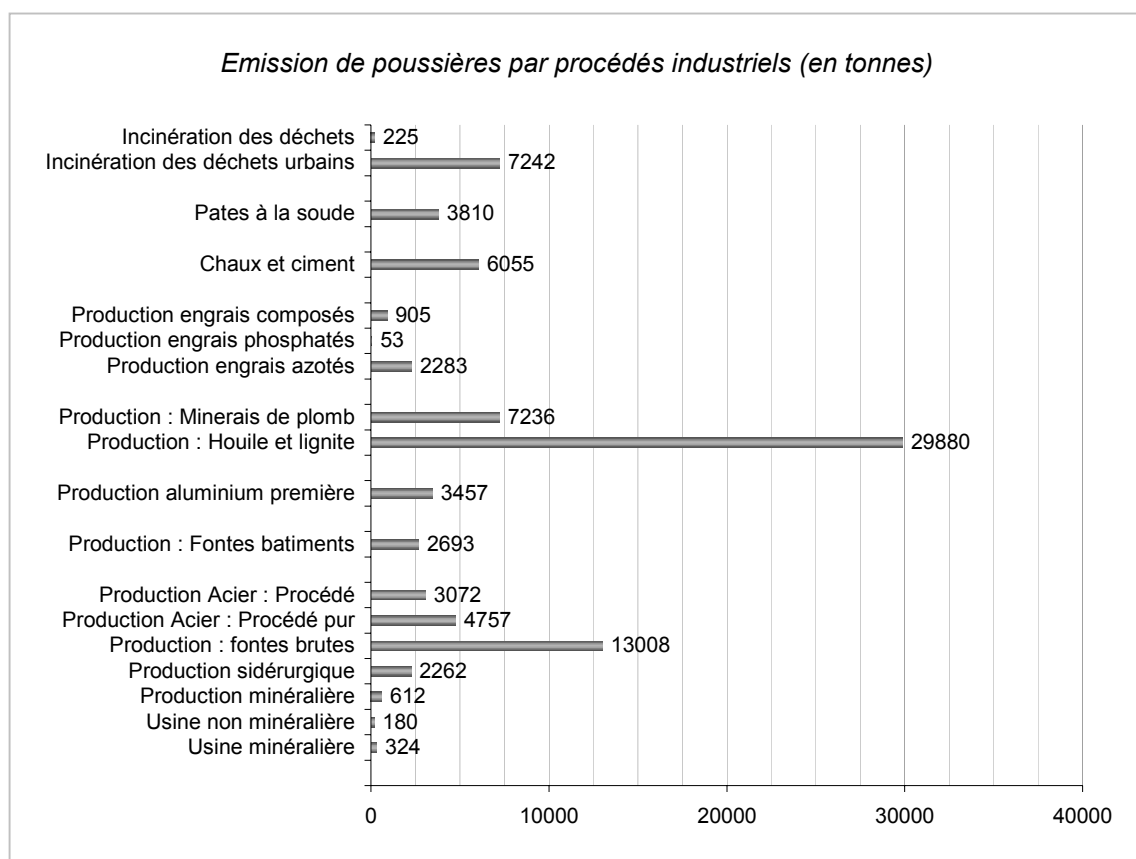
Le tableau ci-dessous indique les intensités des différentes sources d'aérosols; il s'agit d'estimations à l'échelle mondiale, ce qui explique la large fourchette des résultats due aux difficultés de l'extrapolation à l'échelle du globe.



Les sources anthropiques :

Les industries sont les principales sources de ces poussières sédimentables, cependant chacune n'émettent pas la même quantité. Les carrières et les fours à chaux semblent être de gros émetteurs. Les industries chimiques pour la fabrication d'engrais, de plastique, de pétrole, de caoutchouc, de peinture et de pesticide correspondent à une émission moyenne. Dans une quantité d'émission similaire la sidérurgie et la cimenterie sont à rajouter. Les émetteurs qualifiés de faibles pour ces particules sont les industries de métaux non ferreux et fibre de verre. Cependant toutes les industries sont des sources potentielles.

A ces industries, différents facteurs d'émission et de propagation sont à rajouter. Le facteur anthropique routier peut créer ces particules avec l'usure des pièces et répandre celles qui sont retombées sur la chaussée.



IV / Effet sur la santé

Les particules sédimentables occasionnent directement peu d'effets sur la santé. Leur taille ne leur permet pas de pénétrer dans les poumons contrairement aux particules en suspension. Toutefois les particules sédimentables peuvent s'introduire jusqu'au pharynx.

Au niveau de l'environnement, ces poussières provoquent des salissures sur la plus part des supports extérieurs.

Cependant ces particules peuvent être d'origine très différente et par conséquent de nature très différente. De ce fait, lorsque ces poussières sédimentent, elles peuvent venir infecter l'eau ou les sols. Par conséquent, ces poussières peuvent entraîner les effets du produit qui les composent.

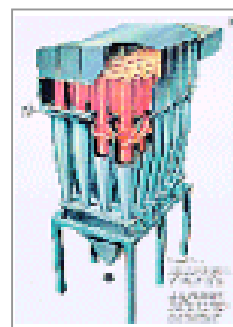
V / Procédés de réduction à la source :

Plusieurs techniques sont utilisées dans le milieu industriel. Ces techniques en fonction de l'établissement peuvent être très différentes. Cependant quatre procédés sont le plus souvent utilisés les cyclones, les filtres à manches, les électrofiltres et les laveurs.

Les cyclones :

Ils sont efficaces sur les grosses particules ($>15\mu\text{m}$). Ce type de matériel met en jeu une force mécanique (pesanteur, inertie ou force centrifuge) pour faire migrer les poussières hors du courant du gaz porteur et assurer leur séparation.

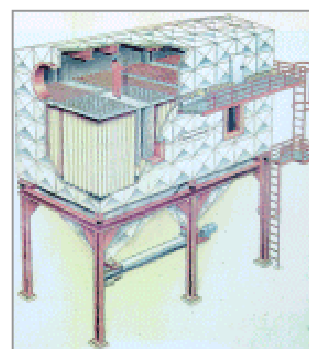
En effet la masse volumique des poussières est environ 1000 fois supérieure à celle des gaz. Ce matériel peut garantir des rejets de 250 à 120 mg/m^3 et il est souvent utilisé en pré-dépoussiérage.



Les filtres à manches :

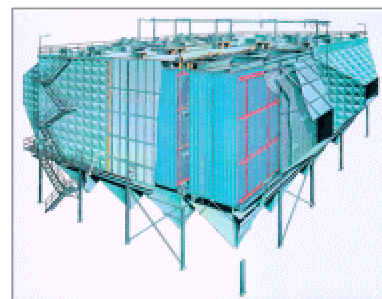
Le flux gazeux à traiter traverse un média filtrant qui retient les poussières. Celles-ci obstruent progressivement les pores du filtre et celui-ci doit être régulièrement régénéré par évacuation des poussières accumulées.

Ce type de filtre permet de garantir des rejets de 10 à 5 mg/m^3 et présente une excellente efficacité pour toutes les poussières mêmes très fines. Le coût d'exploitation de ce matériel est lié au renouvellement nécessaire et périodique des médias filtrants. De plus sa forte sensibilité aux hautes températures ($>250^\circ\text{C}$) nécessite parfois un système de refroidissement des gaz en entrée.



L'électrofiltre :

Les poussières présentes dans l'effluent gazeux sont ionisées puis piégées par l'action d'un champ électrique élevé créé entre une électrode collectrice et une électrode émissive. L'électrode collectrice est régulièrement mise en vibration pour récolter les poussières accumulées. Cette technologie présente une très bonne efficacité pour toutes les particules et permet de respecter 50 mg/m^3 de poussières en rejet, voire 30 mg/m^3 en adaptant le nombre de champs.



Les laveurs :

Les laveurs s'avèrent parfois indispensables pour le dépoussiérage lorsque les gaz à traiter sont proches de la saturation en eau ou lorsque les problèmes de sécurité rendent très difficile leur épuration par voie sèche. Les laveurs ont l'inconvénient de transférer l'émission gazeuse vers une phase liquide. Un dépoussiéreur humide produit une boue qu'il faut traiter et au moins décanter. L'efficacité des laveurs est dépendante des niveaux d'énergie mis en jeu.

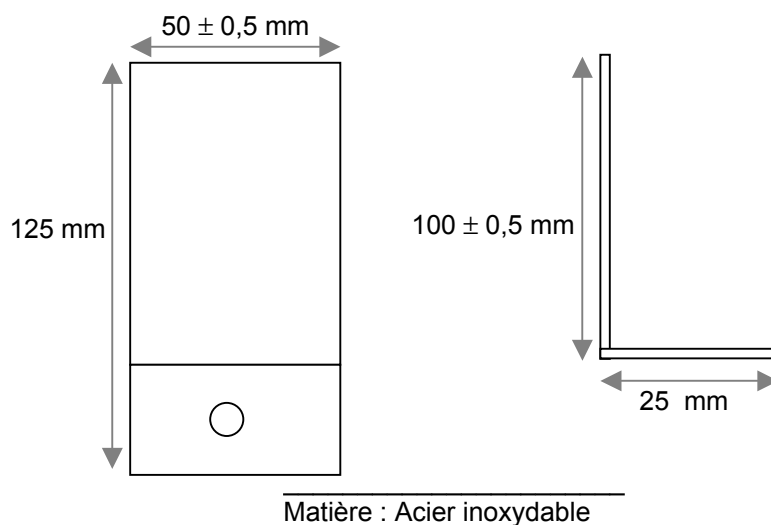
	Investissement	Exploitation	Emissions
Cyclones	Faible	Faible	$< 250 \text{ à } 120 \text{ mg}/\text{m}^3$
Electrofiltres	Elevé	Faible	$< 50 \text{ à } 30 \text{ mg}/\text{m}^3$
Filtres à manches	Elevé	Moyen	$< 10 \text{ à } 5 \text{ mg}/\text{m}^3$
Laveurs	Faible	Moyen / Elevé	$< 50 \text{ mg}/\text{m}^3$

VI / Métrologie des particules sédimentables

V.1 / Technique de prélèvement NF X 43 – 007 (décembre 1973)

Appareillage :

La norme fait appel à l'utilisation de plaquettes métalliques minces recouvertes d'enduit. Ces plaquettes sont disposées horizontalement, à 1,5 m du sol, à l'air extérieur afin de récupérer un dépôt de poussières transporté par l'air.



Les conditions de mesures :

Le temps d'exposition en condition normale est de 14 jours. Cependant dans les zones fortement polluées ce temps est ramené à 7 jours et dans le cas des zones étendues il est augmenté jusqu'à un mois.

Puis la teneur moyenne en poussière est donnée par la relation :

$$p = \frac{m}{10^3} \times \frac{10^4}{s} \times \frac{730}{t} = 7300 \frac{m}{st}$$

Avec t : la durée d'exposition de la plaquette en heures (avec la durée moyenne d'un mois = 730 heures).

m : la masse en milligrammes des poussières recueillies.

s : la surface utile d'exposition de la plaquette en centimètre carré.

V.2 / Biosurveillance : Les mousses

L'utilisation de la biosurveillance permet de quantifier la teneur en particules sédimentables. Ces poussières tombant à proximité de la source émettrice échappent à la surveillance du réseau. Cependant les résultats obtenus se retrouvent en gramme de matière sèche et il semble difficile d'établir une corrélation avec une concentration dans l'atmosphère. Ces mousses (en général de lichens) ont fait l'objet d'une étude réalisée par Air Languedoc-Roussillon et par le musée d'histoire naturelle. Il semble ainsi intéressant de les contacter en vue d'une surveillance annuelle pour un coût inférieur à la méthode des plaquettes de retombées.

V.3 / Niveau de référence :

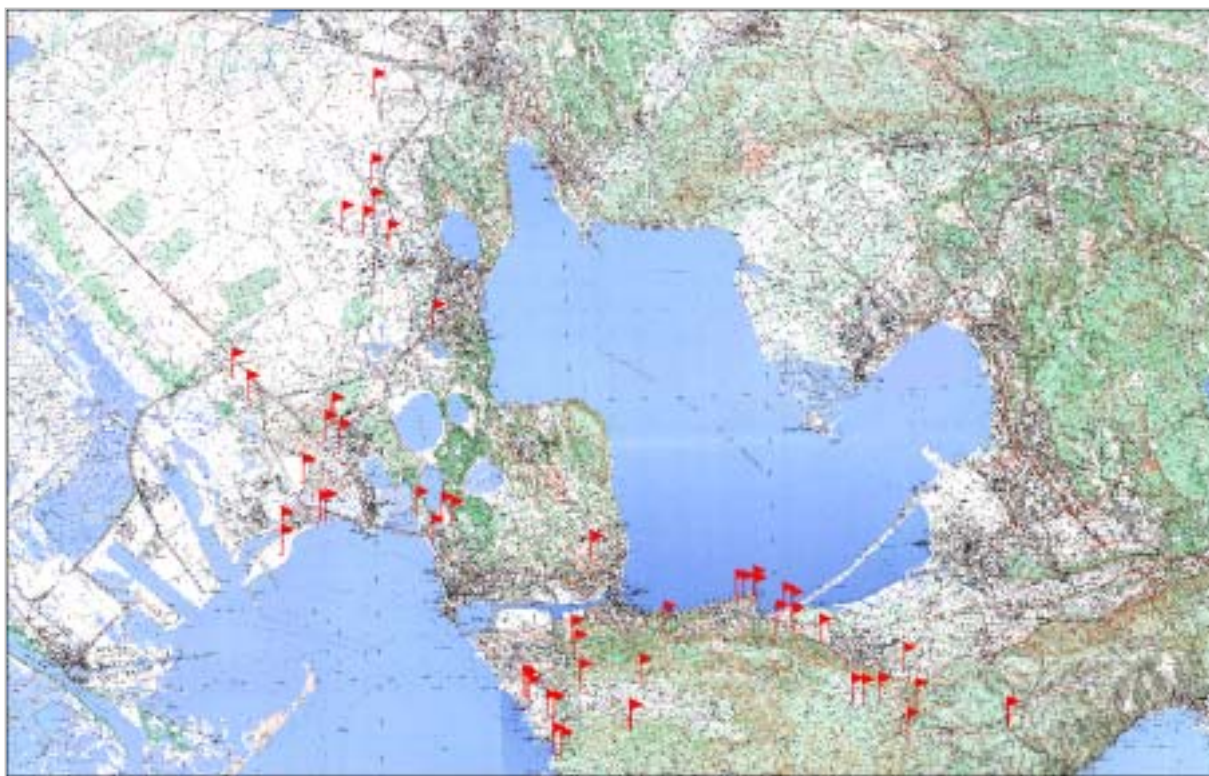
Selon la norme NFX 43 – 007, un seuil faible correspond à une quantité inférieure à 30 g/m²/mois et un seuil est dit fort s'il dépasse cette même valeur. Cette valeur correspond à 1000 mg/m²/jour. D'après les données réalisées par Air Languedoc-Roussillon, le niveau faible est défini pour une valeur inférieure à 150 mg/m²/jour, le niveau moyen se situe entre 150 et 250 mg/m²/jour et le niveau fort débute à partir de 250 mg/m²/jour. Ces données sont basées pour le niveau faible, sur le taux de 20 mg/m²/jour recueilli en garrigue et pour le niveau moyen, sur le taux examiné en ville. Pour la norme allemande, un seuil est défini comme fort au-delà de 350 mg/m²/jour.

CAMPAGNES DE MESURES

1- Campagnes préliminaires 2002- 2003

A la fin de l'année 2002 et au début de l'année 2003, deux campagnes de prélèvement ont été réalisées à l'aide de plaquettes de retombées. Le réseau s'étendait de la commune d'Ensues la Redonne à Fos sur mer et sa limite au Nord était la commune d'Istres. Ces plaquettes ont été disposées autour des sources potentielles durant une période d'un mois suivant la norme NFX 43 – 007.

Cette répartition est représentée par la carte ci-dessous :



Ces campagnes couvrent plusieurs zones et par conséquent les sources potentielles des régions Sud et Ouest de l'Etang de Berre.

Les carrières situées sur les communes d'Ensues, La Mède et Istres sont au nombre de cinq et donnent des résultats assez représentatifs de la quantité de poussières émise par ce type d'activité.

Les zones, dont l'activité principale est tournée vers la pétrochimie sont recensés sur trois sites, La Mède, Lavéra et Fos sur Mer. La sidérurgie et la cimenterie de Fos sur Mer ajoutent deux données supplémentaires. Ces résultats sont indicatifs des niveaux que l'on rencontre dans chaque zone. Une centrale pour la production d'électricité est aussi couverte par ces plaquettes. Cependant cette source potentiellement émettrice fonctionne par intermittence.

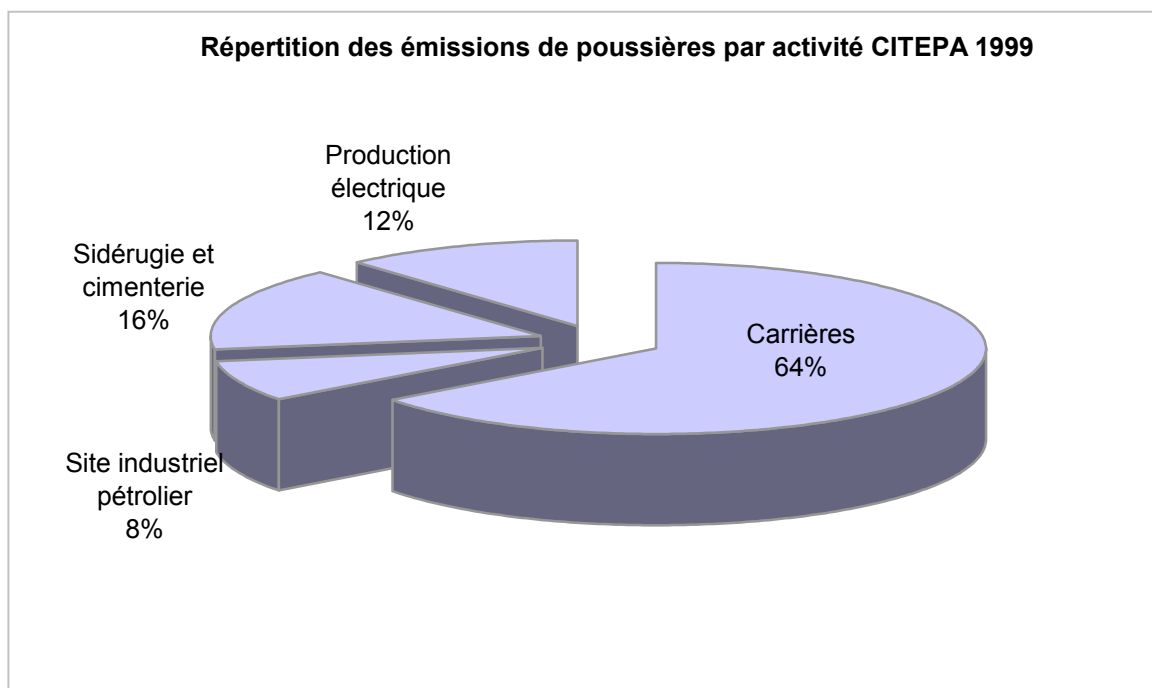
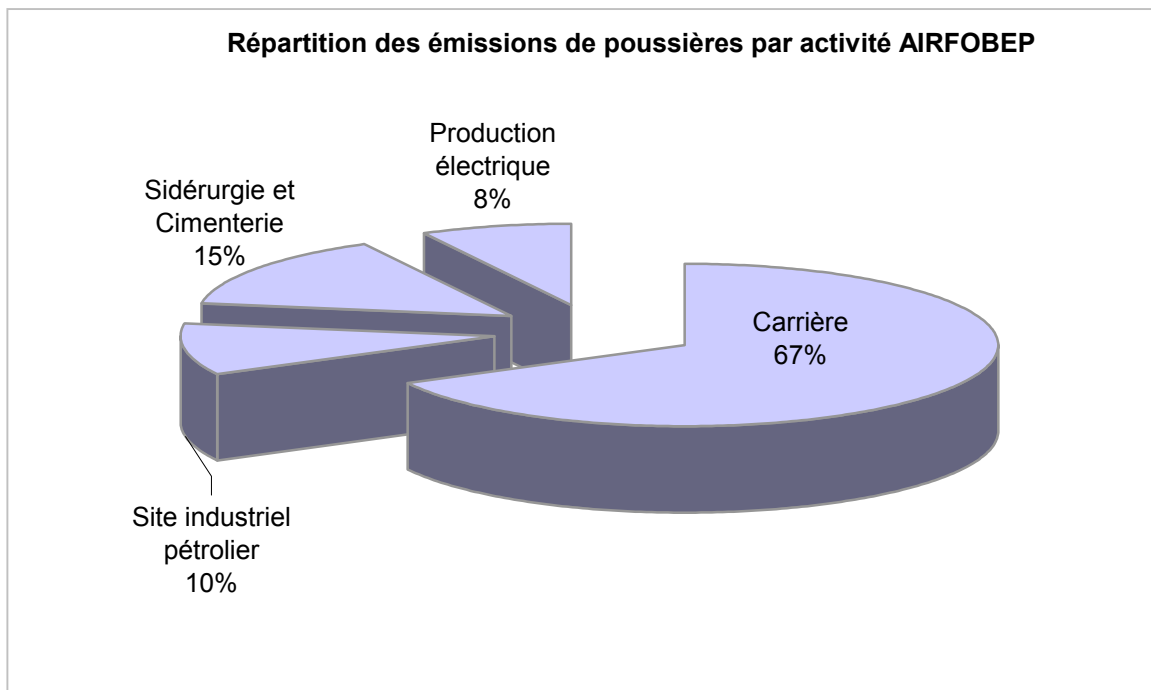
Les résultats obtenus ont ainsi permis d'obtenir :

- Un classement de production de poussière par type d'industrie.
- La création de niveaux de référence.
- Les données saisonnières sur la quantité de particules sédimentables

A - Les sources de poussières sédimentable :

Les données recueillies reflètent une répartition similaire à celle retrouvée à l'échelon national, notamment dans l'étude du CITEPA.

En effet, les carrières sont les émetteurs principaux à plus de 67 %, tandis que les industries de la sidérurgie et cimenterie représentent 15 % des sources.





B - Les niveaux de concentration :

La valeur la plus basse est de 0,32 g/m²/mois, elle a été obtenue sur la saison d'automne et représente une plaquette de référence du milieu ambiant.

La plus forte concentration a été obtenue en hiver, elle est égale à 49,8 g/m²/mois et la plaquette était située à proximité d'une carrière.

Le niveau moyen établi est entre 4,5 et 7,5 g/m²/mois, le niveau faible se situe en dessous de 4,5 g/m²/mois et le niveau fort débute au-dessus de 7,5 g/m²/mois.

D'après les campagnes de mesures réalisées par AIRFOBEP au cours de l'année 2002 et 2003, d'après 93 données, le niveau moyen établi est entre 4,5 et 7,5 g/m²/mois, le niveau faible se situe en dessous de 4,5 g/m²/mois et le niveau fort débute au-dessus de 7,5 g/m²/mois.

Le tableau ci-dessous reprend les niveaux ambiants énumérés précédemment.

(mg/m ² /mois)	Niveau faible	Niveaux moyens	Niveau fort
NFX 43 - 007	< 30	30	> 30
Air LR	< 4,5	entre 4,5 et 7,5	> 7,5
Allemagne	< 10,5	10,5	> 10,5
AIRFOBEP (par convention)	< 4,5	entre 4,5 et 7,5	> 7,5

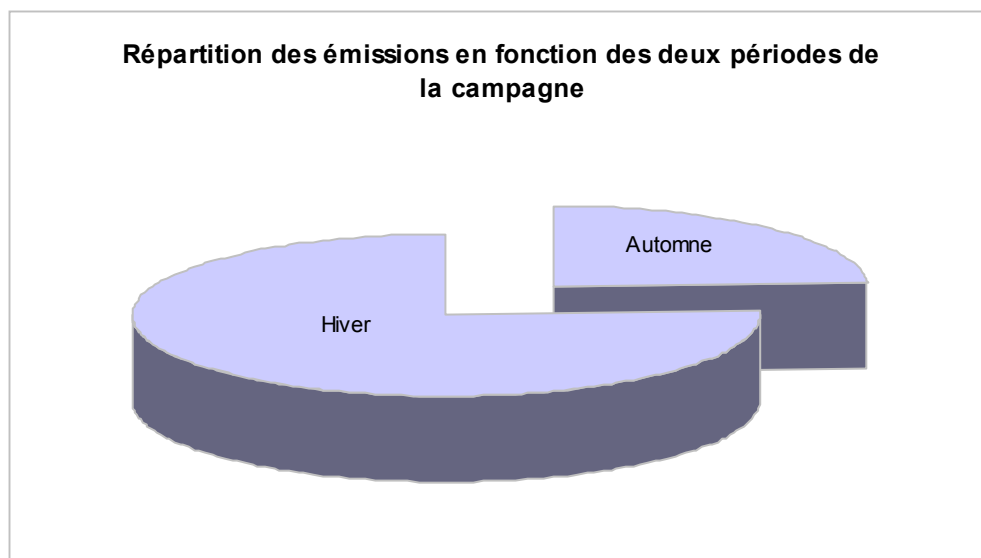
Les variations saisonnières :

De manière générale, les résultats obtenus en hiver sont supérieurs aux résultats obtenus en automne. La pluviométrie ne pouvant pas différencier ces deux périodes ces années là.

En automne, la quasi-totalité du réseau était dans un niveau faible et en majorité proche au niveau en site isolé. Deux plaquettes sur 51 ont un niveau moyen. Les valeurs varient de 0,32 à 7,38 g/m²/mois.

En hiver, de même que la période précédente, la quasi-totalité des concentrations étaient faible. Cependant 5 plaquettes sur 43 ont un niveau fort. La valeur la plus basse est de 0,42 g/m²/mois, tandis que la concentration la plus élevée est de 49,8 g/m²/mois.

Sur la quantité totale émise durant cette campagne, la période d'automne représente le quart. Le schéma ci-dessous montre cette répartition.

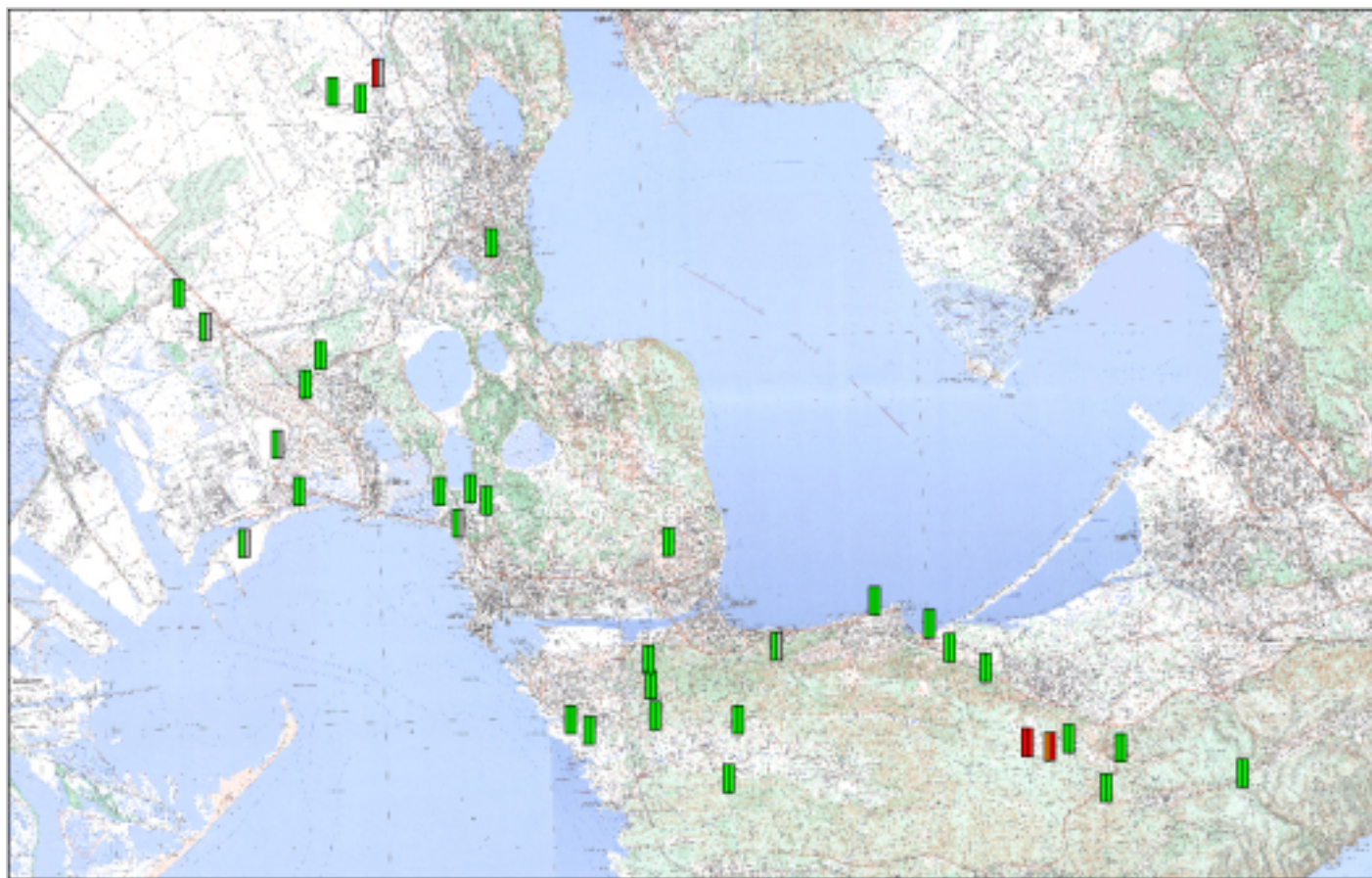


Synthèse de cette campagne :

- Les carrières sont les principales sources.
- Les quantités sont plus élevées en hiver qu'en automne.
- Les niveaux de référence :

(mg/m ² /mois)	Niveau faible	Niveaux moyens	Niveau fort
AIRFOBEP	< 4,5	entre 4,5 et 7,5	> 7,5

- Typologie des sites à explorer : plusieurs sites ont été choisis pour mener des campagnes complémentaires en 2004.



Cartographie des niveaux de particules sédimentables mesurés au cours des campagnes 2002 et 2003

Les symboles de gauche représentent les données recueillies en Automne.

Les symboles de droite les données recueillies en Hiver.

En Rouge, sont les données supérieures à 7,5 mg/m²/mois (niveau fort)

En Orange, sont les données comprises entre 4,5 et 7,5 mg/m²/mois (niveau moyen)

En Vert, sont les données inférieures à 4,5 mg/m²/mois (niveau faible)

En Gris absence de données pour la période.

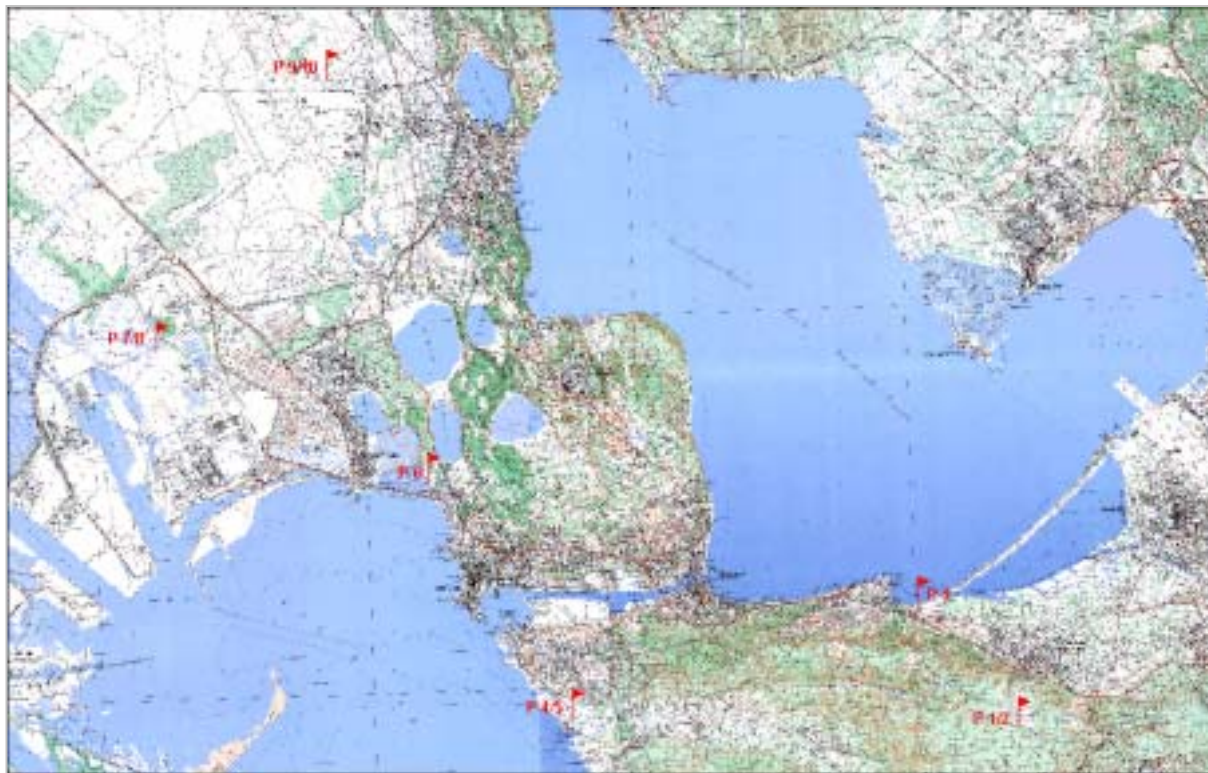
2- Campagne 2004

Les particules sédimentables peuvent être d'origine très différente et par conséquent de nature très différente. De ce fait, lorsque ces poussières sédimentent, elles peuvent venir infecter l'eau ou les sols. Ces poussières peuvent entraîner des effets directement liés à la nature de la poussière. Il semble ainsi important de pouvoir identifier ces poussières et c'est dans ce but que cette campagne a inclus l'analyse chimique des particules.

A partir des résultats des campagnes 200 et 2003, 10 points de mesure ont été choisis sur 6 sites, reprenant l'ensemble des sources investigués lors de la première campagne.

Ces sites regroupent des carrières, des industries pétrolières, des industries minéraliers et des sites industriels.

Ces points sont situés sur la carte suivante :



Sites choisis pour la campagne de mesures 2004

Plaquette	Coordonnées	Commune
P - 01 / 02	N 43°21,939' E 005°09,836'	Ensuès
P - 03	N 43°23,784' E 005°07,749'	La Mède
P - 04 / 05	N 43°22,472' E 005°00,592'	Lavéra
P - 06	N 43°26,036' E 005°57,907'	Port de Bouc
P - 07 / 08	N 43°28,408' E 004°53,415'	Fos
P - 09 / 10	N 43°32,038' E 004°56,947'	Istres

A- Les sites de mesure et leur environnement :

Nous avons remarqué précédemment que les particules sédimentable retombent à proximité de leur sources d'émission. En utilisant un site avec une ou deux plaquettes, il est difficile de quantifier la source principale. En effet les sources secondaires (routes, chemins de fer, habitations et entreprises) génèrent des poussières de façon très dispersées selon les saisons.

Afin de visualiser cette influence les schémas suivants regroupent les zones pouvant générer des poussières à 2km autour de la plaquette.

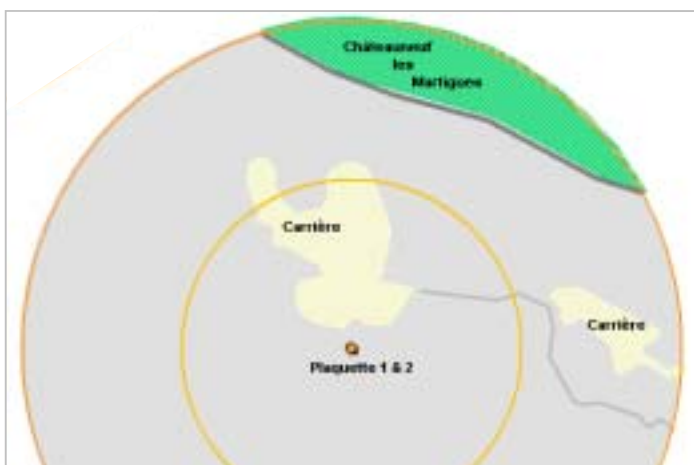
Pour le site 1 : *Les carrières d'Ensuès*

Ce site est idéal puisqu'il se trouve en altitude (175 m) et surplombe toutes les sources secondaires.

Cette donnée non représentée sur ce schéma est cependant importante.

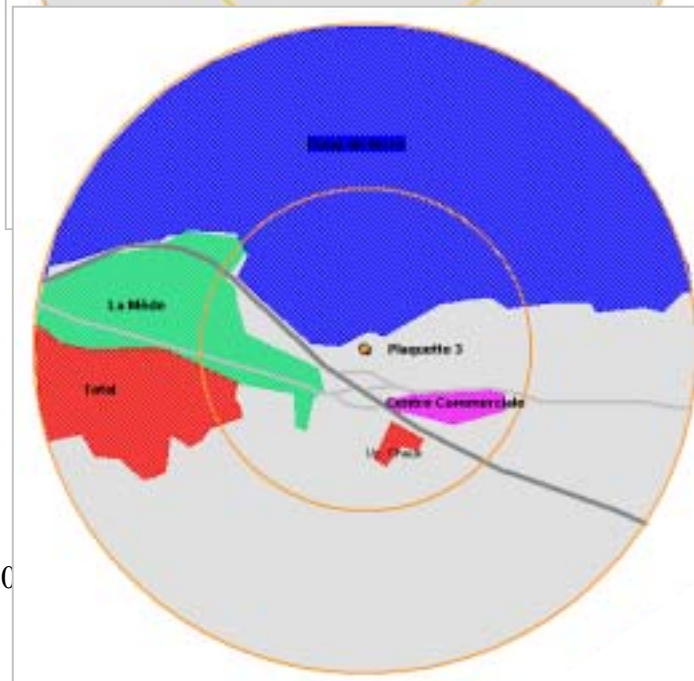
La ville de Châteauneuf se situe en dessous de la carrière, de même pour la départementale D9 qui a un taux de fréquentation important surtout les week-ends et durant la période estivale. L'autoroute A55 très fréquenté toute l'année ne peut influencer la plaquette de par son altitude (52 m).

Des sentiers (non représentés sur ce schéma) sont souvent empruntés par les promeneurs. La plaquette se situe en amont de ces chemins et semble être peu influencée.



Pour le site 2 : *La Mède*

Le site de La Mède est un site soumis à de nombreuses sources.



Cette plaquette est sous l'influence de deux sources primaires (le site pétrochimique de Total et l'usine à chaux des Chaux de la Tour).

Les sources secondaires non négligeables sont l'autoroute A55 et la nationale N568 qui sont très fréquentées.

La ville de La Mède et le centre commercial de châteauneuf les Martigues sont des sources à prendre à compte.

L'étang est lui aussi une source influente.

Pour le site 3 : *Lavéra*

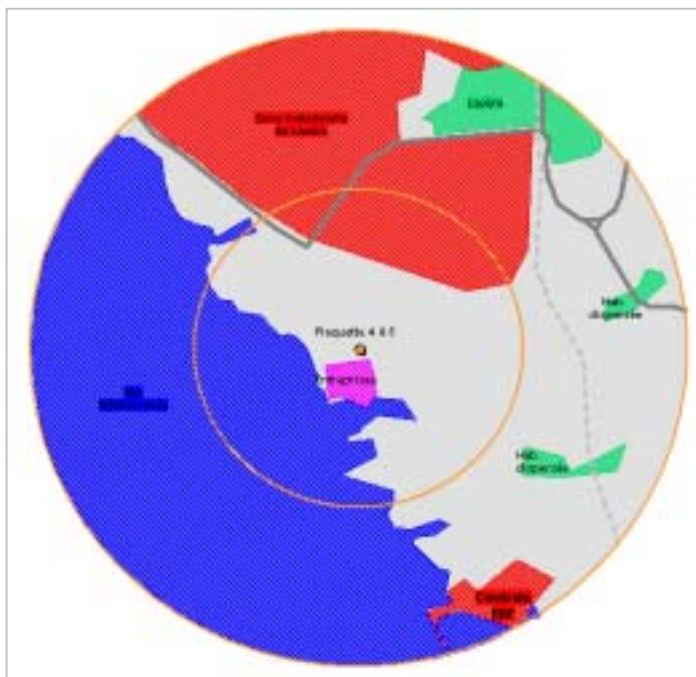
Ce site regroupe deux sources primaires, le site industrielle de Lavéra comprend de nombreuses installations pouvant engendrer ces poussières. La centrale EDF placée au sud de la plaquette fonctionne par intermittence.

En effet il s'agit d'une source d'appoint pour la production énergie.

En ce qui concerne les sources secondaires, le chemin de fer ne fonctionne quasiment plus, tandis que les routes (D49) sont souvent empruntées par des camions.

Les zones d'habitations, hormis la ville de Lavéra, sont composées de villas assez éloignées les unes des autres.

La mer est un autre facteur pouvant influencer sur les données.



Pour le site 4 : *Port de Bouc*

La plaquette est à proximité de la source primaire.

Lafarges Aluminates est elle-même proximité d'habitations.

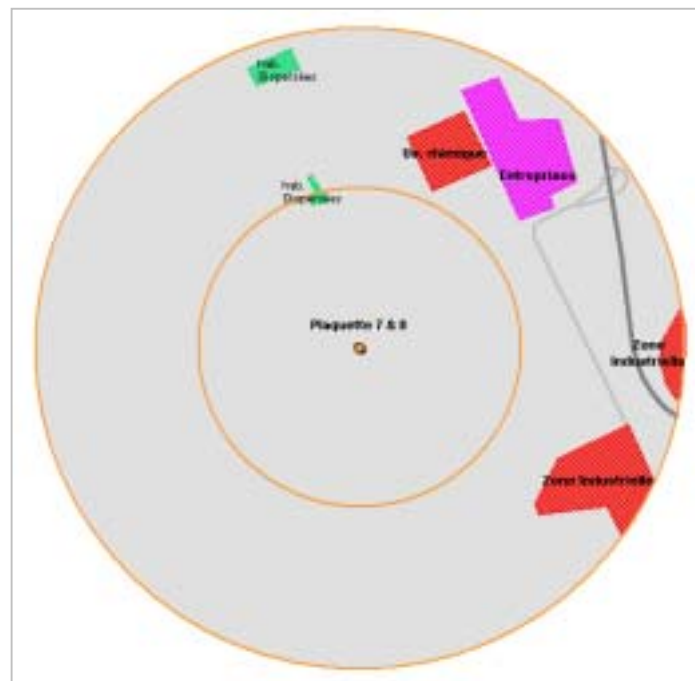
Un facteur pouvant influencer est la mer et la nationale N568.

La voix ferrée est à une altitude supérieure, elle devrait par conséquent augmenter la quantité en particule sur ce site.



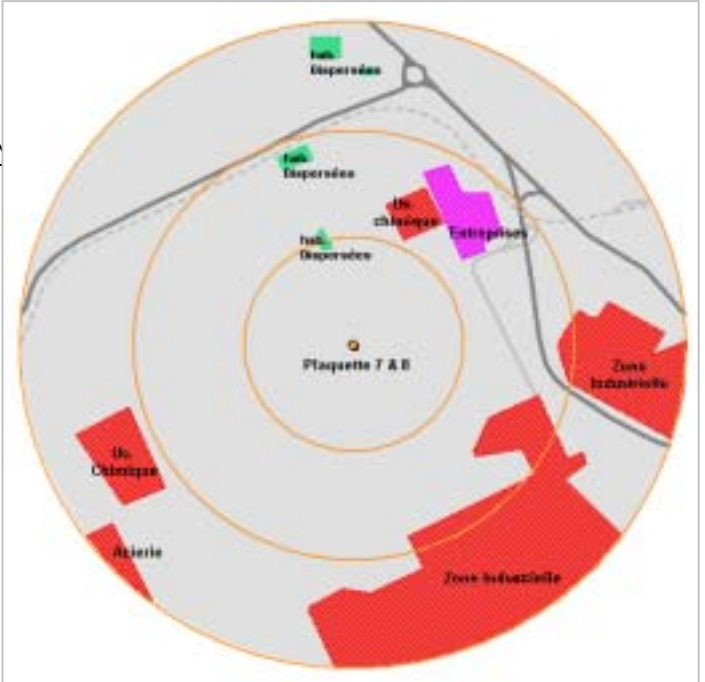
Pour le site 5 : *Fos sur mer*

Ce site regroupe trois sources primaires.
Le site d'Esso, de Sollac et une usine chimique.
Les habitations présentes sur cette localité sont en faible quantité et ne représentent quasi pas des sources potentielles.
La nationale N544 a une partie en hauteur et pourrait influencer les données



Cependant si la zone d'observation s'étend à 3 km. Deux sources principales viennent s'ajouter, l'usine chimique et l'aciérie qui sont des générateurs de poussières éventuels.
Le chemin de fer est présent sur la majeure partie du site. Il en est de même pour les axes routiers.

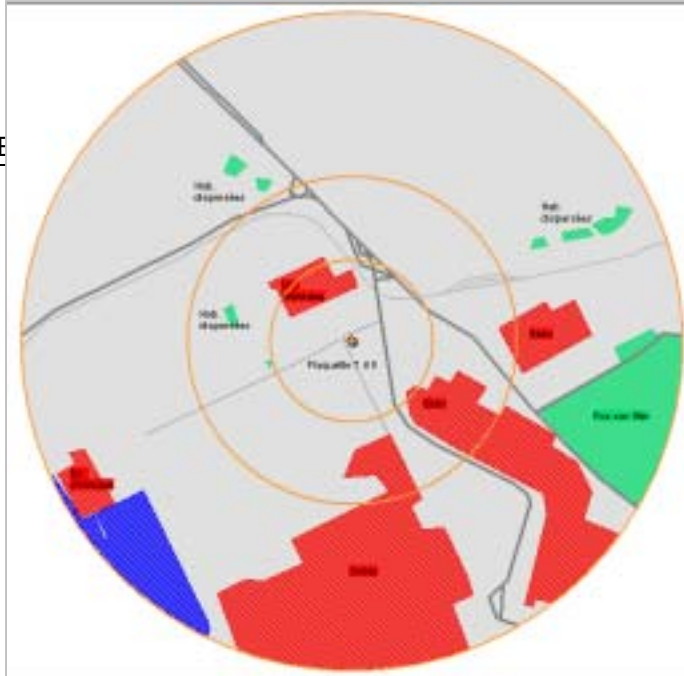
Après les premières observations élaborées sur le terrain, les plaquettes ont été influencées par la présence de chevaux. De ce fait leur déplacement lors de la série numéro 2 est indispensable. Elles seront placées plus au Nord-Est de la source émettrice.



Ce site est plus sous l'influence de la nationale.
La nationale N544 a une partie en hauteur et pourrait influencer les données



Cependant si la zones d'observation s'étend à 4 km Deux sources principales viennent s'ajouter, l'usine chimique et la ville de Fos sur Mer sont des générateurs de poussières éventuels. Le chemin de fer est aussi présent sur la majeure partie du site. Il en est de même pour les axes routiers.



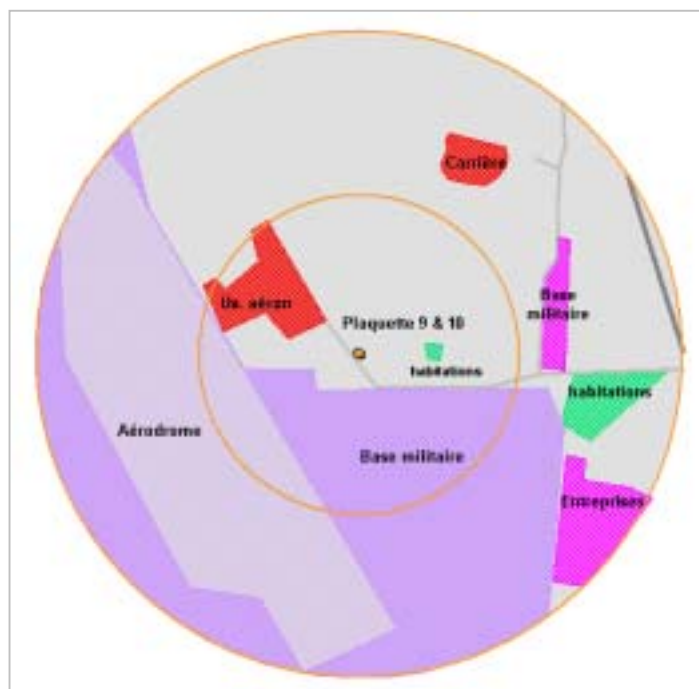
Pour le site 6 : Istres

Le site d'Istres est entouré d'une petite zone d'habitations, d'un aéroport et d'une base militaire.

L'aéroport de par l'usure des pneus lors de l'atterrissage engendre une forte quantité de poussières.

Les habitations et les entreprises ne semblent pas influencer sur les quantités recueillies.

La route menant à la carrière est un facteur générant des poussières, issues indirectement de la carrière.



L'influence du milieu est un facteur important pouvant engendrer de grosses différences d'une campagne sur l'autre. Cependant, la campagne entreprise est qualitative. Il sera ainsi, dans la mesure des moyens d'analyse, possible d'identifier la ou les sources.

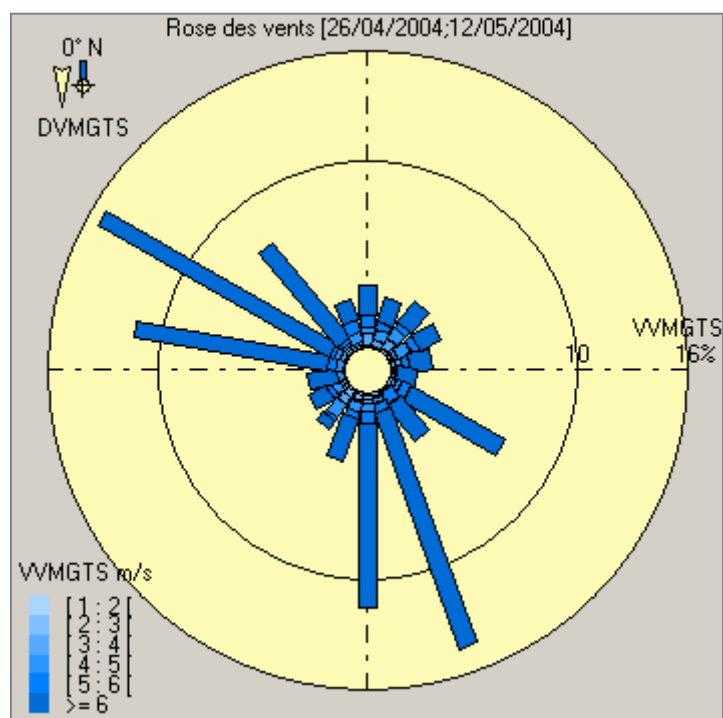
B - Les résultats quantitatifs

Prélèvement 1 :

Du 26 avril au 12 mai 2004, 5 jours de pluies ont été constatés sur cette période. Ces pluies ont été d'intensité moyenne et leur durée s'étendait d'une matinée à une journée. Cependant le 3 mai une pluie était chargée en sable pour une période d'un jour.

En ce qui concerne le vent, les vents de direction Nord-Ouest et Sud, Sud-Est ont été prédominant.

Les vents de secteur Nord-Ouest ont soufflé environ 7 jours sur les 17 jours d'exposition des plaquettes. Tandis que les vents de secteurs Sud, Sud-Est ont soufflé pendant 8 jours.



Situation météorologique lors du prélèvement 1 :

Les jours de pluies et les pluies chargées en sable ont un peu faussés les données. La répartition des émissions est similaire dans l'ensemble à celle obtenue dans les campagnes précédentes. Cependant les concentrations dans l'air sont un peu plus élevées. Cependant la plaquette situé sur le site de la commune de Port de Bouc est sensiblement supérieure aux résultats exposés lors des deux premières campagnes.

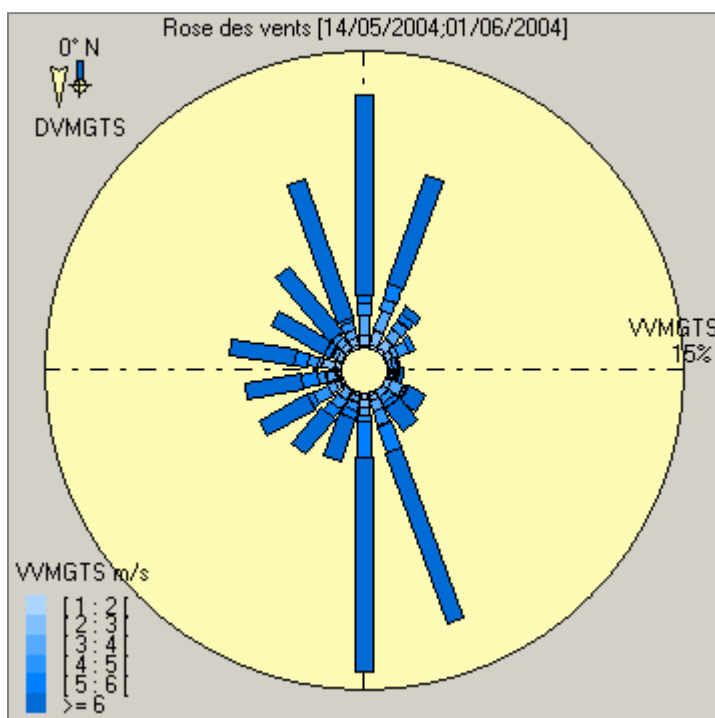
Site	Plaquettes	(g / m2 / mois)	Niveau
Ensuès	Plaquette 1	12.7	Fort
Ensuès	Plaquette 2	13.9	Fort
La Mède	Plaquette 3	5.6	Moyen
Martigues - Lavera	Plaquette 4	3.4	Faible
Martigues - Lavera	Plaquette 5	4.8	Moyen
Port de Bouc	Plaquette 6	13.8	Fort
Fos sur mer	Plaquette 7	3.2	Faible
Fos sur mer	Plaquette 8	3.0	Faible
Istres	Plaquette 9	5.1	Moyen
Istres	Plaquette 10	8.9	Fort

Résultats du prélèvement 1

Prélèvement 2 :

Du 14 mai au 1^{er} juin 2004, 1 seul jour de pluies a été constaté sur cette période. Cette pluie était très localisée sur la commune d'Ensuès, puis Chateauneuf les Martigues. Cette pluie est qualifiée d'orage d'été.

En ce qui concerne le vent, les vents de direction Nord et Sud, Sud-Est ont été prédominant. Les vents de secteur Nord ont soufflé environ 8 jours sur les 19 jours d'exposition des plaquettes. Tandis que les vents de secteurs Sud, Sud-Est ont soufflé pendant 8 jours.



Situation météorologique lors du prélèvement 2

Avec la situation météorologique observée lors de cette période, les résultats obtenus sont plus significatifs. Deux données massiques ont été enlevées en vue de l'analyse qualitative exposée dans la partie suivante.

Site	Plaquettes	(g / m ² / mois)	Niveau
Ensues	Plaquette 1	7.0	Moyen
Ensues	Plaquette 2	7.0	Moyen
La Mède	Plaquette 3	12.1	Fort
Martigues - Lavera	Plaquette 4	5.1	Moyen
Martigues - Lavera	Plaquette 5	-	-
Port de Bouc	Plaquette 6	14.3	Fort
Fos sur mer	Plaquette 7	10.0	Fort
Fos sur mer	Plaquette 8	-	-
Istres	Plaquette 9	3.5	Faible
Istres	Plaquette 10	3.6	Faible

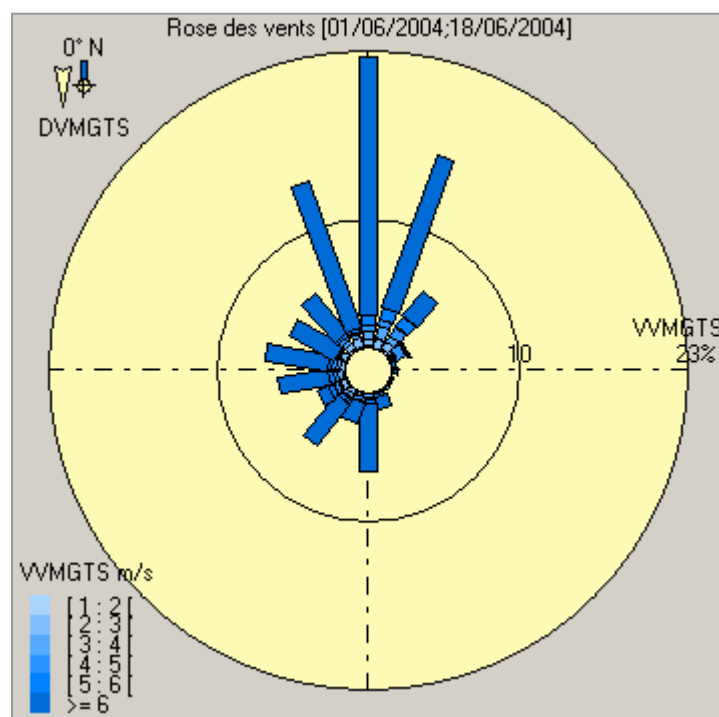
Résultats du prélèvement 2

Prélèvement 3 :

Du 1^{er} juin au 18 juin 2004, 2 jours de pluies ont été constatés sur cette période. Cette pluie était localisée et assez fine. Elle dura une demi-journée.

En ce qui concerne le vent, les vents de direction Nord, Nord-Est et Nord-Ouest ont été prédominants.

Ces vents de secteur ont soufflé environ 10 jours sur les 18 jours d'exposition des plaquettes.



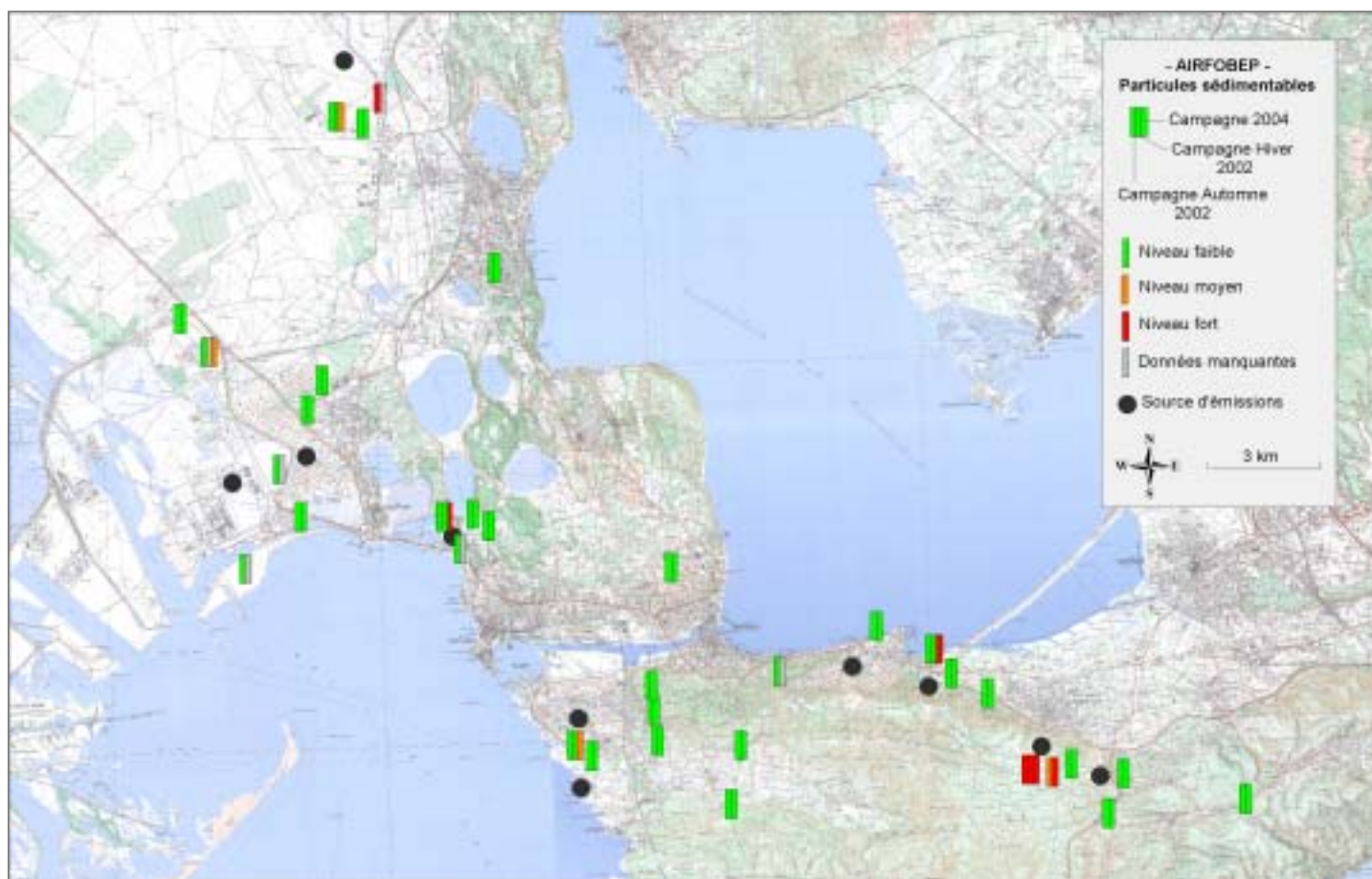
Situation météorologique lors du prélèvement 3

Comme pour le prélèvement 3, la période météorologique permet d'obtenir des résultats significatifs. Une donnée a été enlevée pour l'analyse qualitative, tandis que les deux plaquettes présentent sur le sites de Martigues Lavéra n'ont pas été retrouvées.

Site	Plaquettes	(g / m ² / mois)	Niveau
Ensuès	Plaquette 1	238.3	Fort
Ensuès	Plaquette 2	244.4	Fort
La Mède	Plaquette 3	24.8	Fort
Martigues - Lavera	Plaquette 4	-	-
Martigues - Lavera	Plaquette 5	-	-
Port de Bouc	Plaquette 6	17.0	Fort
Fos sur mer	Plaquette 7	7.9	Fort
Fos sur mer	Plaquette 8	-	-
Istres	Plaquette 9	5.7	Moyen
Istres	Plaquette 10	5.9	Moyen

Résultats du prélèvement 3

La carte suivante reprend les résultats des campagnes sur l'analyse quantitative :



Les valeurs moyennes des 3 campagnes sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Commune	Campagne Automne 2002	Campagne Hiver 2003	Campagne 2004	Min	Max	Moyenne
	Moyenne en g /m ² / mois					
Ensuès	2.9	10.5	87.2	0.4	244.4	33.5
Martigues - Lavéra	0.6	1.0	4.5	0.6	5.1	2.0
Chateauneuf – La Mède	0.8	1.6	14.2	0.5	24.8	5.5
Port de Bouc	1.4	2.2	15.0	0.5	17.0	6.2
Fos sur Mer	0.7	2.0	5.0	0.4	10.0	2.6
Istres	1.0	5.9	5.4	0.4	11.5	4.1

Les moyennes pour cette dernière campagne sont pour la plupart supérieures à celles obtenues en 2002 et 2003. Cependant, ces valeurs peuvent s'expliquer de par le nombre d'échantillon et les sites de prélèvements. Le nombre d'échantillon est de 10 contre 74 pour les valeurs d'automne et celles d'hiver. Les sites de prélèvements ont été choisis pour recueillir un maximum de poussières pour l'analyse qualitative.

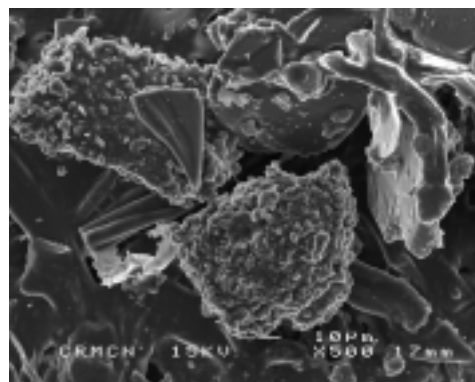
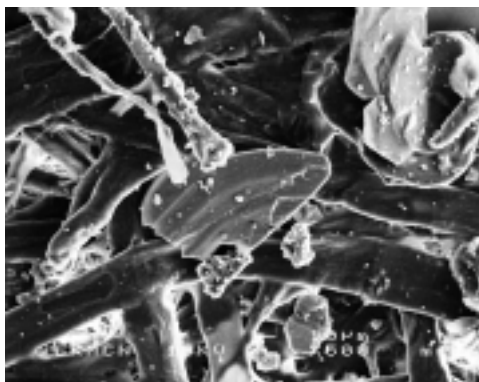
C- Les résultats qualitatifs

Les plaquettes utilisées pour l'analyse qualitative sont issues de deux sites différents. Le site de la commune de Fos sur Mer a été étudié sur deux plaquettes différentes issues des deux dernières périodes de prélèvements, tandis que le site de la commune de Martigues Lavéra a été étudié sur une

seule plaquette du deuxième prélèvement (les plaquettes du dernier prélèvement n'ayant pas été retrouvées).

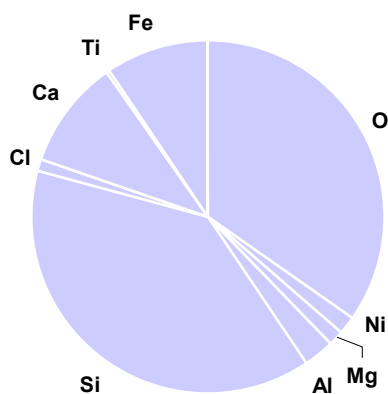
➤ Le site de la commune de Fos sur Mer

Les photos ci-dessous ont été obtenues au microscope électronique à balayage. Cette analyse permet de connaître la nature des éléments en fonction de leur morphologie.

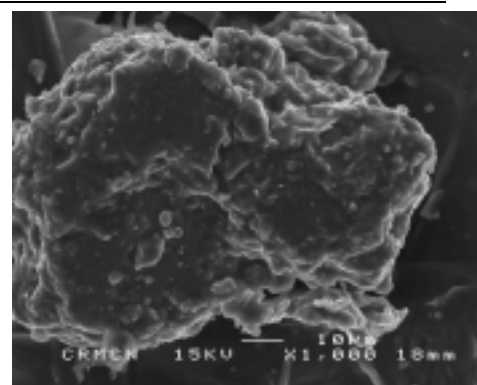
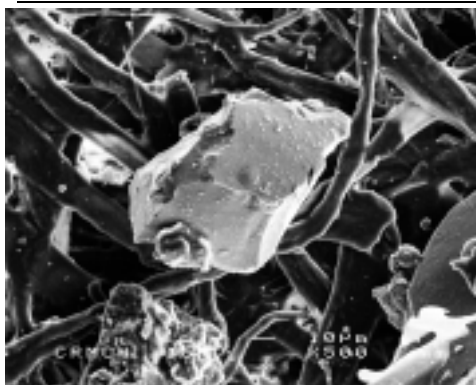


Morphologie	O	Al	Si	Mg	K	Ca	Fe	Na	Cl	Ti	Ni
Plaques agglomérées	X	X	X	X		X	X		X	X	X

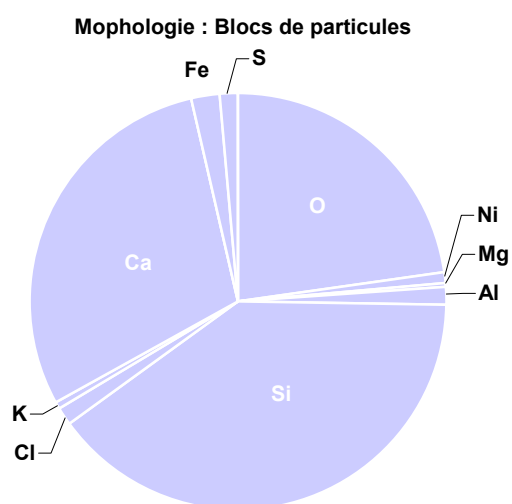
Morphologie : Plaques agglomérées



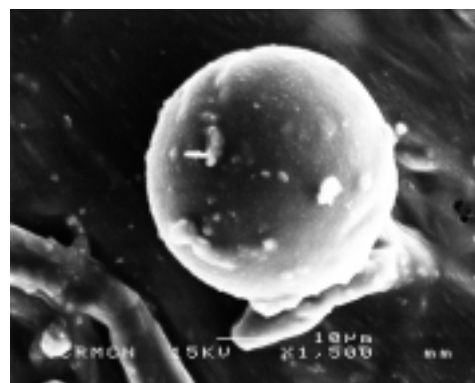
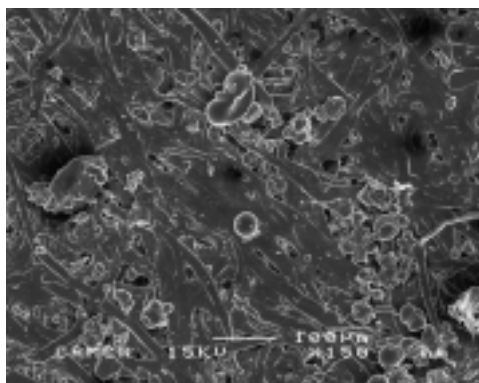
Dans ce type de morphologie, l'oxygène et la silice sont prédominant. Le fer et le calcium représentent avoisine les 10 % en son poids. Les autres éléments présents ont un pourcentage inférieur à 3%.



Morphologie	O	Al	Si	Mg	K	Ca	Fe	Na	Cl	S	Ni
Blocs de particules	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X

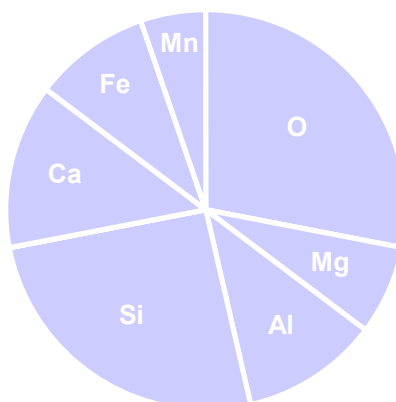


Dans la morphologie blocs de particules, trois espèces prédominent. Le calcium, la silice et l'oxygène sont à plus de 25 %. Les autres éléments minoritaires sont de l'ordre de 1 à 2 %.



Morphologie	O	Ni	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Ti	Fe	S	Mn
Sphère	X		X	X	X			X		X		X

Morphologie sphère



Pour cette morphologie, l'oxygène représente environ un quart du poids de la particule. Dans les mêmes proportions la silice représente de 26 % en son poids. La plus part des autres éléments présents sont inférieurs à 15 %.

➤ **Le site de la commune de Martigues - Lavéra**

En ce qui concerne les particules « billes », deux analyses ont été effectuées afin de rechercher du polyéthylène. La première, concerne les particules supérieures à 5 μm, tandis que la seconde concerne les particules inférieures à 5 μm (Raman). Ces analyses n'ont pu montrer de similitude entre le spectre du polyéthylène et celui des billes observées.

Conclusion

Les campagnes de mesures entreprises en 2002, 2003 et 2004 ont permis de connaître les niveaux de poussières sédimentables dans la région. Ces niveaux sont faibles. Une typologie des sources à l'origine de cette pollution a été établie. Une analyse qualitative a été réalisée sur les particules sédimentables dans le but de connaître leurs composition chimique.