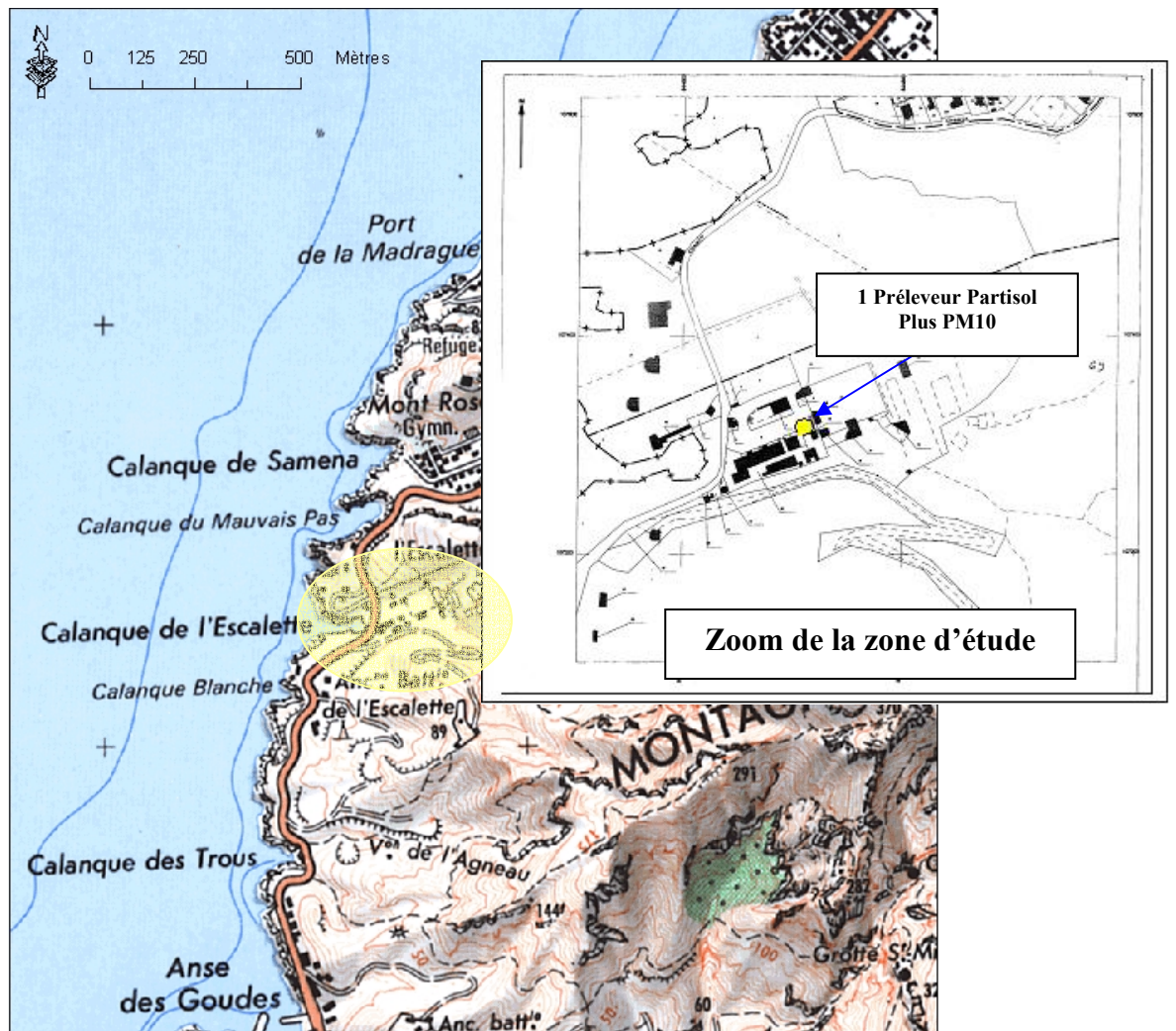


Résultats de la campagne de mesures des métaux lourds sur le site de Marseille Escalette

PM10, Plomb, Nickel, Arsenic, Cadmium

du 7 décembre 2001 au 3 janvier 2002



I – Présentation du site de l'Escalette

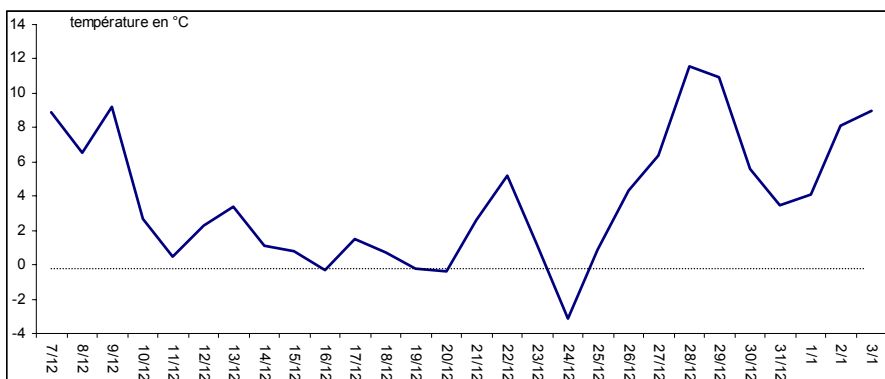
- Préleveur de particule : Partisol Plus configuré en PM10 (R&P)
- Echantillonnage : 1 filtre par 24 heures
- Laboratoire d'analyse : CEREGE sous la direction d'Yves Noack
- Composés ciblés : **PM10, Pb, Ni, As, Cd**

II- Résultats

II-1- Conditions météorologiques de la campagne

Les données météorologiques présentées ci-dessous sont issues du site Météo-France/Hippodrome Borély. Les informations ne représentent pas quantitativement ce qui se déroule dans la cuvette de l'Escalette où le relief joue un rôle déterminant, conditionnant notamment la force et la direction du vent. Elles sont utilisées à titre qualitatif pour déterminer la capacité dispersive de l'atmosphère, les conditions d'envol des particules sédimentées, les régimes de vent (mistral, Sud Est...), ...

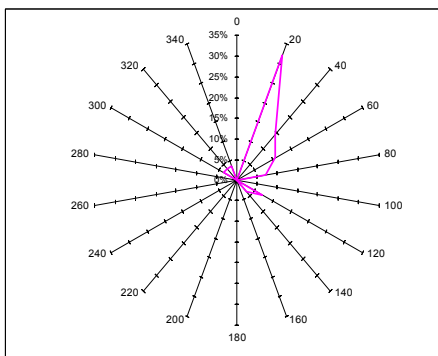
Evolution de la température à Marseille Borély du 7 décembre 2001 au 3 janvier 2002



Les températures relevées pendant la campagne sont remarquables pour la région. Elles sont particulièrement froides du 9 au 26 décembre avec des moyennes journalières négatives (minimum le 24 décembre avec -3 °C). Cette situation a entraîné des sols gelés pendant

près de la moitié de la campagne. Cet état est sans doute peu favorable à l'envol des particules sédimentées et peu représentatif des conditions météorologiques habituelles.

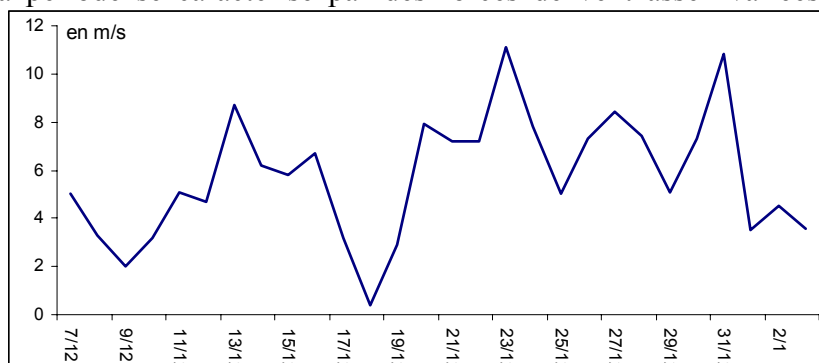
Rose des vents Marseille Borély du 7 décembre 2001 au 3 janvier 2002



Cette rose des vents est également atypique pour la région. Les vents dominants sont en effet habituellement NO (mistral) et Est-Sud-Est (régime perturbé). Le régime de Nord Est majoritaire (57 % du temps pendant la campagne) traduit un régime anticyclonique froid.

Vitesse du vent relevé à Marseille Borély du 7 décembre 2001 au 3 janvier 2002

La période se caractérise par des forces de vent assez variées : vents faibles à forts. Les



vitesse ne sont pas directement transposables au site de l'Escalette dans la mesure où le relief joue un rôle déterminant (effet écran, tourbillon). En particulier, les flux de Nord-Est précédemment évoqués

sont sans doute largement atténués sur le site, en raison du relief au Nord-Ouest. De façon schématique, on peut découper la campagne en deux périodes :

- **P1 du 7 au 21/12** - vents faibles à modérés,
- **P2 du 22/12 au 3/01** - vents modérés à forts.

II-2- Tableau récapitulatif des niveaux mesurés pendant la campagne

Tableau récapitulatif des niveaux mesurés à l'Escalette du 7 décembre 2001 au 3 janvier 2002

Date	PM10	Pb	Cd	Ni	As
	($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	(ng/Nm^3)	(ng/Nm^3)	(ng/Nm^3)	(ng/Nm^3)
7/12	33.3	17.2	0.5	/	1.0
8/12	21.7	13.2	0.5	/	0.9
9/12	18.3	9.3	0.3	8	0.6
10/12	27.5	22.8	0.5	/	0.5
11/12	38.3	19.4	1.0	13	1.7
12/12	50.0	17.5	1.1	/	1.8
13/12	45.0	17.3	0.7	20	1.3
14/12	22.5	11.6	0.5	9	6.5
15/12	33.3	19.1	0.6	/	5.1
16/12	54.2	26.9	0.8	/	2.4
17/12	35.0	16.8	0.8	14	0.4
18/12	47.5	14.3	1.1	14	0.3
19/12	58.3	16.5	1.3	42	3.4
20/12	49.2	22.0	0.8	72	2.4
21/12	43.3	14.5	0.6	14	0.7
22/12	29.4	5.8	0.5	/	0.4
23/12	20.8	8.1	0.2	/	0.3
24/12	31.9	9.5	0.3	11	1.2
25/12	28.3	8.1	0.3	/	0.1
26/12	27.8	4.9	0.2	/	3.0
27/12	23.1	6.5	0.7	16	3.3
28/12	39.4	5.1	0.9	16	1.1
29/12	38.3	4.2	0.5	14	0.1
30/12	23.6	5.3	0.2	16	/
31/12	30.3	13.5	0.6	/	2.5
1/1	19.4	17.4	0.3	/	1.1
2/1	17.2	13.9	0.2	4	1.3
3/1	19.4	5.3	0.2	3	1.0
Moyenne	33.1	13.1	0.6	18	1.6
Maximum	58.3	26.9	1.3	72	6.5
Norme annuelle	40	500	5*	20-50	6

Le niveau moyen de PM10 enregistré sur le site de l'Escalette est modéré : $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette teneur est comparable à celle relevée au centre ville de Marseille pour la même période (cf. tableau suivant).

Les niveaux en métaux relevés pendant la campagne de mesures sont très nettement en dessous des seuils de référence européens :

- Plomb, $13 \text{ ng}/\text{m}^3$ (valeur limite européenne : $500 \text{ ng}/\text{m}^3$)
- Cadmium, $0.6 \text{ ng}/\text{m}^3$ (projet de valeur limite européenne : $5 \text{ ng}/\text{m}^3$)
- Arsenic, $1.6 \text{ ng}/\text{m}^3$ (projet de valeur limite $6 \text{ ng}/\text{m}^3$)
- Nickel, $18 \text{ ng}/\text{m}^3$ (projet valeur limite $20-50 \text{ ng}/\text{m}^3$) avec une valeur forte qui tire fortement la moyenne vers le haut (max : $72 \text{ ng}/\text{m}^3$ le 20/12).

* Projet de valeur limite annuelle européenne

II-2-1- Evolution des niveaux de PM10 et comparaison aux sites permanents dans Marseille

Tableau récapitulatif des niveaux de PM10 enregistrés à l'Escalette et dans Marseille du 7 décembre 2001 au 3 janvier 2002

	Niveau moyen	Niveau annuel 2001	Dépassement du seuil 50 µg/m ³ /24h (nb j 2001)	Maximum journalier	Coefficient de corrélation linéaire entre l'Escalette et les sites permanents
Escalette	33	25-29*	2 (> 35j)	58	1
Cinq Avenues	33	25	4 (7)	71	0.76
Saint-Louis	37	32	7 (23)	64	0.70
Thiers	34	29	4 (11)	63	0.76

* évaluation

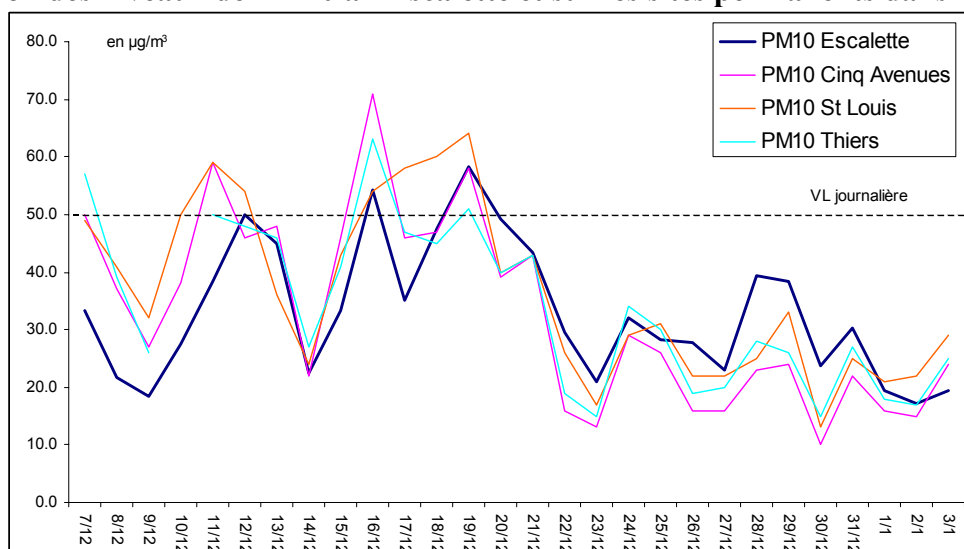
Concentrations exprimées en µg/m³

Les teneurs en PM10 relevées à l'Escalette sont comparables à celles mesurées sur les sites de Cinq Avenues et Thiers (33 µg/m³). L'ensemble de ces niveaux (Escalette, Cinq-Avenues, St Louis et Thiers) est plus élevé d'environ 20% que ceux relevés sur les sites du réseau permanent (réf. Moyenne annuelle 2001). La moyenne annuelle sur le site de l'Escalette peut être évaluée à **25-29 µg/m³**, en prenant comme référence ces sites urbains (corrélation > 0.7).

Les niveaux annuels de PM10 sur ce site respectent la **valeur limite annuelle européenne (40 µg/m³)** et restent sans doute inférieurs à **l'objectif de qualité français (30 µg/m³)**.

Le seuil de **50 µg/m³/24H** a été atteint à trois reprises sur le site de l'Escalette et de 4 à 7 fois sur les sites permanents. La directive européenne fixe une tolérance de 35 jours de dépassements de cette valeur dans l'année. Si l'on se réfère aux dépassements enregistrés sur les sites marseillais (7 à 23 jours), le nombre de dépassements de ce seuil devrait être **inférieur à 35 jours** sur le site de l'Escalette.

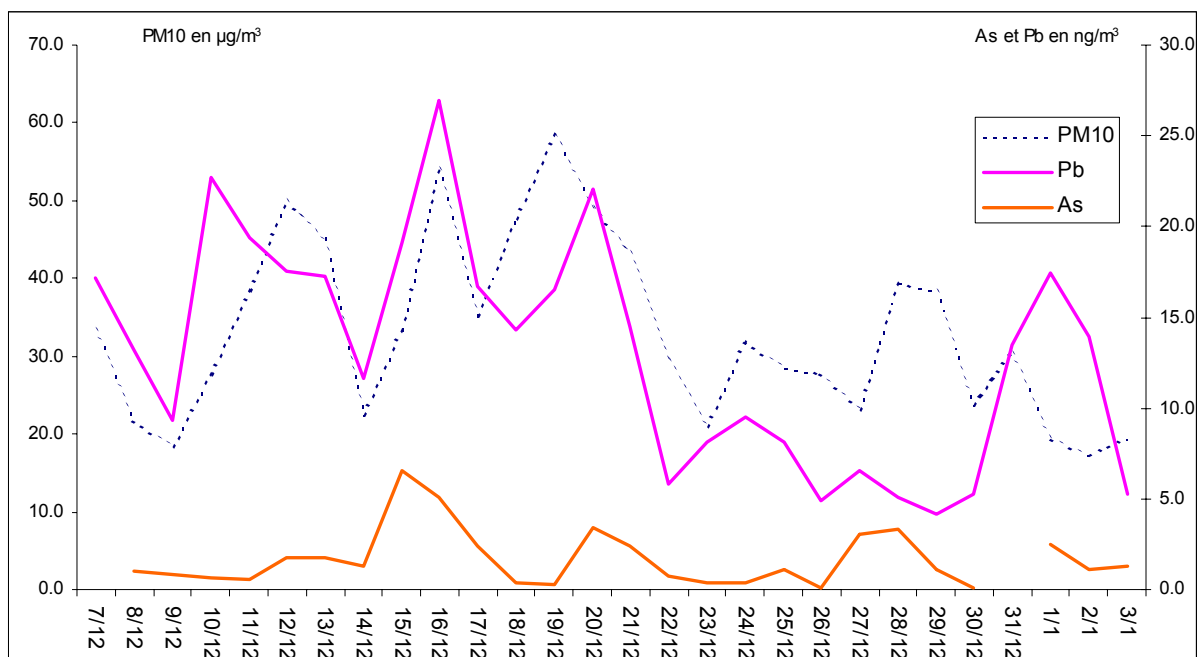
Evolution des niveaux de PM10 à l'Escalette et sur les sites permanents dans Marseille



Ce graphique montre le lien entre le site de l'Escalette et ceux de Marseille. A noter qu'en situation de vents forts (à partir du 22/12) les teneurs de PM10 diminuent fortement sur tous les sites. On relève néanmoins que les concentrations de l'Escalette sont supérieures aux autres sites, alors qu'en situation de vents faibles à modérés c'est l'inverse. Ce comportement pourrait être lié à l'envol des particules terrigènes où à l'influence des embruns sur ce site peu urbanisé (sol peu végétalisé, proximité de la mer. Par vents faibles (période du 7 au 22 décembre), les concentrations en particules de l'Escalette suivent les variations de celles du centre urbain marseillais ; néanmoins, avec une moyenne plus faible, ce qui dénote la caractéristique d'un site périurbain, moins influencé par le trafic, et plus soumis à du ré-envol local.

II-2-2- Evolution des niveaux de métaux lourds pendant la campagne

Evolution des niveaux de PM10, plomb et arsenic pendant la campagne de mesure



Les niveaux de plomb évoluent de façon comparable à ceux des PM10. En situation de vent faible à modéré les teneurs sont plus élevées que pendant la période de vents forts. Cette information indique que l'envol des particules sédimentées n'entraîne pas d'enrichissement significatif en plomb de la fraction inhalable (PM10) sur le site de l'Escalette.

En effet, si le plomb remis en suspension alimentait la fraction des 10 µm, le rapport Pb/PM10 augmenterait ; or, on observe l'inverse : lorsque le vent est fort, la part du plomb dans les PM10 diminue.

	P1 : du 7 au 21/12	P2 : du 22 au 03/01	R^{P1}/P2
PM10	38 µg/m ³	27 µg/m ³	1.4
Pb	17.2 ng/m ³	8.3 ng/m ³	2.1
As	1.9 ng/m ³	1.3 ng/m ³	1.5
Cd	0.7 ng/m ³	0.4 ng/m ³	1.9
Ni	22.7 ng/m ³	11.1 ng/m ³	2.0

Le pic du 19 décembre correspond à une situation de vent faible anticyclonique favorable à l'accumulation des polluants. Cette journée a sans doute été marquée par une forte inversion thermique. La pointe de PM10 est relevée sur l'ensemble de la ville. La hausse des teneurs en métaux n'est sans doute pas liée aux envols locaux, mais à une situation générale sur Marseille.

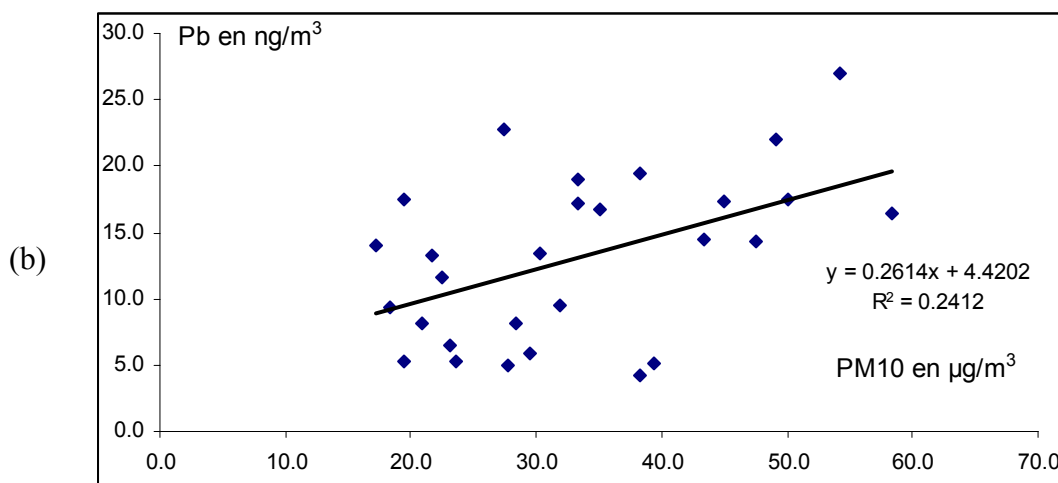
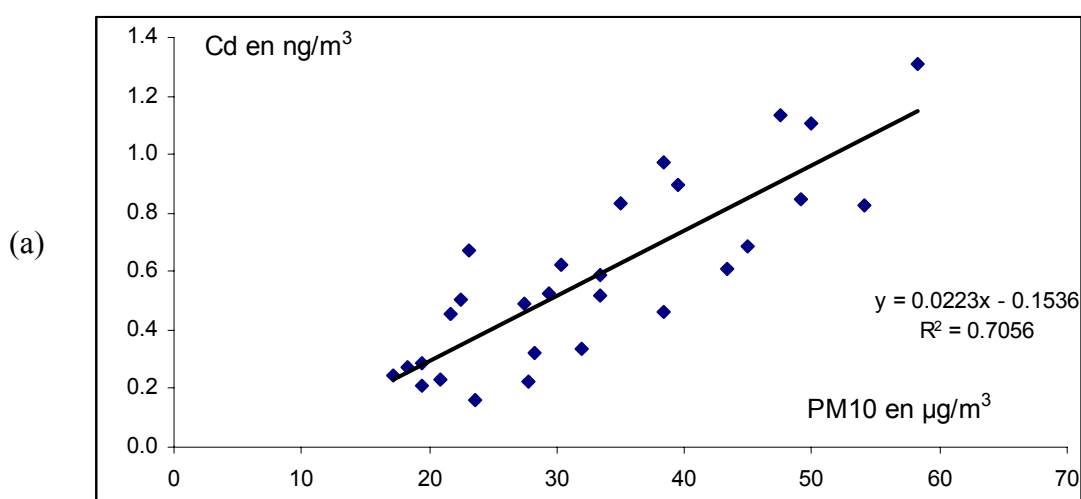
Matrice de corrélation linéaire des données journalières – 7 décembre au 3 janvier

	PM10	Pb	As	Cd	Ni
PM10	1	0.49	0.26	0.84	0.64
Pb	0.49	1	0.44	0.48	0.54
As	0.26	0.44	1	0.22	0.35
Cd	0.84	0.48	0.22	1	0.49
Ni	0.64	0.54	0.35	0.49	1

Ce tableau montre qu'il existe un lien linéaire fort entre les niveaux de cadmium et ceux de PM10 sur ce site (R = 0.84). Le lien avec les autres paramètres est peu marqué.

Le plomb est linéairement lié avec l'ensemble des paramètres, même si la corrélation n'est pas très forte (R de 0.44 à 0.54).

Nuage de points des niveaux journaliers de cadmium (a) et plomb (b) par rapport aux teneurs de PM10 du 7 décembre 2001 au 3 janvier 2002



Le nickel semble également assez bien corrélé avec les PM10 (R = 0.64), même si le peu de donnée pour ce métal rend ce lien non statistiquement représentatif.

L'arsenic est peu lié avec les différents paramètres, hormis avec le plomb (R = 0.44). Ce point pourrait mettre en évidence que les niveaux d'arsenic et de plomb sont liés, pour une part issue de l'environnement local ; dans la mesure où les sols considérés sont contaminés en plomb et en arsenic.

Conclusion

La campagne de mesure s'est déroulée **du 7 décembre 2001 au 3 janvier 2002**. Cinq paramètres ont été mesurés sur des prélèvements de 24 heures dans la fraction des 10 µm, dite inhalable : concentration massique, plomb, arsenic, cadmium, nickel.

Les données météorologiques utilisées dans l'étude sont issues du site Météo-France/Hippodrome Borély.

La période d'échantillonnage était peu propice à l'envol des particules sédimentées dans la mesure où le sol était gelé pendant la majorité de la campagne. Cette situation est sans doute très peu représentative du climat méditerranéen et des conditions annuelles. De plus, ces conditions ont sans doute limité l'envol des particules sédimentées.

Les teneurs de PM10 sont modérées (**33 µg/m³** en moyenne sur la période), malgré des conditions météorologiques peu dispersives. La teneur annuelle peut être estimée à **25-29 µg/m³** en se basant sur le lien avec les sites permanents dans Marseille. La valeur **limite européenne annuelle de 40 µg/m³ est certainement respectée**. Les teneurs de l'Escalette sont toutefois comparables à celles des sites du centre urbain marseillais, sans doute une participation locale liée au ré-levol des particules sédimentées.

Les concentrations **en métaux lourds** enregistrés pendant la campagne **sont faibles** :

- **Plomb, 13 ng/m³** (valeur limite européenne : 500 ng/m³)
- **Cadmium, 0.6 ng/m³** (projet de valeur limite européenne : 5 ng/m³)
- **Arsenic, 1.6 ng/m³** (projet de valeur limite 6 ng/m³)
- **Nickel, 18 ng/m³** (projet valeur limite 20-50 ng/m³) avec une valeur forte qui tire fortement la moyenne vers le haut (max : 72 ng/m³ le 20/12).

L'étude du comportement du **plomb et de l'arsenic** ne permet pas formellement d'identifier la part locale de ces composés dans la fraction des PM10. Elle semble néanmoins peu marquée, même dans des situations de vent fort (favorable à l'envol des particules) pour lesquels on aurait pu attendre un enrichissement relatif des particules en métaux présent dans les sols du site.

Le **cadmium** montre un lien linéaire étroit avec les PM10 pendant la campagne (R = 0.84).

En outre, rappelons que cette approche ne traitait que des particules en suspension, l'impact des sols contaminés est sans doute plus net pour les particules sédimentables (non réglementées).

Perspectives

Nous préconisons de renouveler une campagne de mesure dans une situation où le sol n'est pas gelé. Ces travaux complémentaires intégreraient un prélèvement de la fraction sédimentable pour évaluer la part du transport à courte distance de grosses particules susceptibles d'atteindre les habitations.