



# Qualité de l'air

## Etudes

2001



## Mesure des métaux lourds sur le pourtour de l'étang 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](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)





## Introduction

AIRFOBEP, association de surveillance de la qualité de l'air de l'Ouest des Bouches-du-Rhône et membre du réseau ATMO a décidé de réaliser une étude entre avril 2001 et avril 2002 dans le but d'évaluer les niveaux de certains métaux dans l'air ambiant dans la région de l'Ouest des Bouches-du-Rhône.

Cette étude s'inscrit dans la continuité des actions engagées par AIRFOBEP, dans le cadre notamment du programme pilote national de surveillance des métaux lourds dans l'air ambiant mis en place par l'ADEME<sup>1</sup>.

Son but est d'améliorer la connaissance des niveaux moyens, dans la région de l'étang de Berre, des métaux lourds particuliers visés par la directive européenne 96/62/CE du 27 septembre 1996 : le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le nickel (Ni) et l'arsenic (As) et de se préparer aux futures exigences réglementaires.

## RESUME

Cette étude a pour but l'évaluation des niveaux moyens à proximité des émetteurs industriels de notre région relevant des secteurs d'activité connus comme étant les principales sources d'émission de cadmium, de nickel ou d'arsenic. Ce sont principalement l'industrie du fer et des métaux non ferreux (Cd, As), les installations de combustion du pétrole ou du charbon (Ni, As) et les incinérateurs de déchets (Ni).

Jusqu'à présent, aucun effet de pointe n'est réellement documenté, par contre, en plus de leur pouvoir cancérigène, l'inhalation de ces métaux même en de faibles quantités peut sur une longue durée conduire à des niveaux de concentration toxique par effet d'accumulation dans l'organisme. C'est pourquoi seule l'évaluation des effets à long terme sera prise en considération dans l'élaboration des futures seuils d'évaluation européens qui seront exprimées en tant que moyennes annuelles.

A ce jour, seul le plomb est réglementé en France, pour les métaux As, Ni, Cd, un projet de Directive Européenne est actuellement en circulation dans les états membres et propose les seuils d'évaluation annuels suivants :

- Arsenic  $6 \text{ ng/m}^3$  en moyenne annuelle
- Cadmium  $5 \text{ ng/m}^3$  en moyenne annuelle
- Nickel  $20 \text{ ng/m}^3$  en moyenne annuelle

La stratégie adoptée pour cette étude a consisté à effectuer quatre campagnes de mesure d'un mois chacune répartie sur l'année 2001 (une par saison). 8 préleveurs de particules équipés d'une tête PM10 (c'est à dire ne laissant passer que les particules de diamètre inférieur à 10 microns) ont été installés dans les secteurs géographiques de Fos-sur-mer et de Berre l'Etang-Rognac, de façon à encadrer les principales sources industrielles potentiellement émettrice de métaux lourds. Au cours de chacune des campagnes, quatre prélèvements d'une semaine ont été effectués. En tout, plus de 150 filtres ont été récoltés puis analysés par le laboratoire du CEREGE (Centre Européen de Recherches et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement).

Les teneurs moyennes en métaux lourds enregistrées dans la région de l'Etang de Berre sont globalement faibles.

Les concentrations mesurées en plomb varient entre  $9,7 \text{ ng/m}^3$  et  $14,4 \text{ ng/m}^3$  et sont donc très inférieures à la valeur limite actuelle de  $500 \text{ ng/m}^3$  en moyenne annuelle.

Les valeurs en nickel et en arsenic qui oscillent respectivement entre  $5,0 \text{ ng/m}^3$  et  $9,6 \text{ ng/m}^3$  et entre  $3,0 \text{ ng/m}^3$  et  $4,2 \text{ ng/m}^3$  sont inférieures au projet de futures seuils d'évaluation. Enfin, les valeurs en cadmium sont très faibles puisque comprises entre  $0,4 \text{ ng/m}^3$  et  $0,8 \text{ ng/m}^3$ .

Les niveaux relevés en As, Pb, Ni et Cd sont globalement stables sur la période de mesure et surtout homogènes entre les différents sites. Au regard des niveaux moyens, il n'y a pas d'influence localisée des différentes sources, de plus la bonne dispersion de particules fines est à l'origine des niveaux homogènes observés.

Même si ces premières mesures ont permis d'évaluer les niveaux de fond moyen pour As, Cd, Ni et Pb dans la région de l'étang de Berre, il est difficile d'estimer l'évolution de leurs teneurs dans les prochaines années.

C'est pourquoi la mesure pérenne de ces métaux sera effectuée à partir de l'année 2003. Un premier site de mesure sera installé à la station de Port de Bouc la Lègue ( un second suivra début 2004 à Berre l'Etang) et permettra de mesurer en continue les niveaux de As, Cd, Ni et Pb afin de veiller au respect des valeurs réglementaires (ou futures valeurs réglementaires) et d'observer leurs évolutions dans la région.



|  |           |
|--|-----------|
| <b><i>I. Présentation de l'étude</i></b>   | <b>4</b>  |
| <b>I.1. Le réseau AIRFOBEP</b>   | <b>4</b>  |
| <b>I.2. La zone couverte</b>   | <b>4</b>  |
| I.2.1. Caractéristiques physiques  | 5         |
| I.2.2. L'activité économique   | 5         |
| <b>I.3. Les métaux lourds surveillés</b>   | <b>6</b>  |
| <b>I.4. Effets sur la santé</b>  | <b>6</b>  |
| <b>I.5. REGLEMENTATION</b>   | <b>7</b>  |
| I.5.1. En France   | 7         |
| I.5.2. En Europe   | 7         |
| I.5.3. Recommandations OMS   | 7         |
| <b><i>II. Organisation des campagnes</i></b>   | <b>8</b>  |
| <b>II.1. Présentation de l'étude</b>   | <b>8</b>  |
| <b>II.2. Métrologie</b>  | <b>9</b>  |
| II.2.1. Type de préleveur  | 9         |
| II.2.2. Médias filtrant  | 9         |
| II.2.3. Techniques analytiques   | 9         |
| <b><i>III. Résultats des campagnes de mesure</i></b>                                       | <b>10</b> |
| <b>III.1. Données météo</b>  | <b>10</b> |
| <b>III.2. Les Blancs</b>   | <b>11</b> |
| <b>III.3. Les concentrations en métaux mesurées sur chaque site</b>                        | <b>11</b> |
| III.3.1. Site de Port Saint Louis du Rhône   | 12        |
| III.3.2. Site de la Fossette   | 12        |
| III.3.3. Site de Fos Carabins  | 13        |
| III.3.4. Site de Fos Hauteure  | 13        |
| III.3.5. Site de Saint Victoret  | 14        |
| III.3.6. Site de Rognac Ville  | 15        |
| III.3.7. Site de Rognac Barjaquets   | 15        |
| III.3.8. Site de Berre l'Etang   | 16        |
| III.3.9. Site de Carry le Rouet  | 17        |
| <b>III.4. Répartition des métaux lourds dans la fraction PM10</b>                          | <b>18</b> |
| <b><i>IV. Bilan des mesures réalisées</i></b>  | <b>19</b> |
| <b>IV.1. Stratégie de surveillance des métaux lourds dans l'Ouest des Bouches du Rhône</b> | <b>21</b> |



## **I. PRESENTATION DE L'ETUDE**

### ***I.1. Le réseau AIRFOBEP***

AIRFOBEP est l'association pour la surveillance de la qualité de l'air de la région de l'étang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône. Créée en 1972, cette association agréée par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable fait partie des 40 associations qui composent le réseau national ATMO.

Ses principales missions sont :

- gérer le réseau de mesure de la qualité de l'air dans la partie ouest des Bouches-du-Rhône et maintenir son haut niveau de performance,
- exploiter les mesures, pour notamment vérifier la conformité de la qualité de l'air vis à vis des normes européennes en vigueur,
- participer aux actions et études pour améliorer la qualité de l'air,
- diffuser l'information auprès des adhérents, des médias et du public,
- gérer avec les services de l'état les épisodes de pollution justifiant des actions préventives.

Au sein d'AIRFOBEP, 50 membres représentant les services de l'état, les industriels, les collectivités territoriales, les associations de protection de la nature, syndicat de salariés et conseil scientifique agissent en partenariat pour une gestion optimale d'AIRFOBEP.

### ***I.2. La zone couverte***

La région de l'ouest des Bouches-du-Rhône compte environ 500000 habitants répartis sur une trentaine de communes. Les zones urbaines à fortes densités et industrialisées sur le pourtour de l'étang de Berre font place à des zones plus isolées dans la plaine de la Crau et le Nord du département où se concentre principalement l'activité agricole.



Carte 1 : Zone couverte par le réseau de mesure de la qualité de l'air AIRFOBEP

### I.2.1. Caractéristiques physiques

La région de l'ouest des Bouches-du-Rhône est délimitée au nord par la Durance, à l'ouest par le Rhône et les plaines de la Crau et de la Camargue, au sud par la méditerranée et à l'est par des reliefs culminant à 200m d'altitude (chaîne de Vitrolles). Le centre se distingue par la présence de l'étang de Berre vaste plan d'eau saumâtre de 150 km<sup>2</sup>. Cette région se caractérise par une topographie et une météorologie complexe.

Sous l'influence du climat méditerranéen marqué par la sécheresse, l'ensoleillement et la chaleur de l'été, cette région présente des spécificités climatiques. Les plaines de l'ouest du département reçoivent deux fois moins de précipitations que les massifs montagneux de l'est. Le littoral est plus doux que le nord-est, et l'ouest est affecté par les vents dominants de nord et de nord-ouest (principalement le Mistral). Pendant la période estivale, les écarts thermiques entre mer et terre donnent naissance à un régime de brises de mer diurnes (secteur sud/sud-ouest, modérées) alternant avec des brises de terre nocturnes (secteur Nord-Est, faibles). La présence de l'étang induit également des brises thermiques se superposant aux précédentes.

### I.2.2. L'activité économique

L'activité industrielle de la région de l'étang de Berre est marquée par le raffinage et la chimie de base ainsi que la sidérurgie. Quatre raffineries de pétrole situées sur le pourtour de l'étang emploient près de 1700 personnes, transportent plus de 26 millions de tonnes de pétrole par an et assurent le tiers de la production française en essence.

Le territoire est traversé par d'importants axes de circulation: les autoroutes A7, A55 et A54 ainsi que les routes nationales et les voies rapides N113, N568 et D9.



### 1.3. Les métaux lourds surveillés

L'union européenne à travers la rédaction du *position paper* « *pollution by As, Cd, and Ni compounds* »<sup>2</sup> a fixé les grands axes de la surveillance des métaux lourds dans l'air ambiant en préconisant le suivi des teneurs en arsenic (As), cadmium (Cd) et nickel (Ni). Le plomb (Pb) faisant l'objet d'une surveillance en France depuis plusieurs années.

La plus grande fraction de métaux lourds dans les particules est généralement observée dans les fines particules ( $D_p < 2\mu\text{m}$ ). Celles-ci sont composées en majorité de matière organique, de nitrate et sulfate et d'éléments traces dont les métaux lourds d'origine anthropique<sup>3</sup>.

Il existe différentes sources de métaux lourds qui contaminent l'atmosphère :

**L'arsenic (As)** provient, d'une part, de traces de ce métal dans les combustibles minéraux solides ainsi que dans le fioul lourd et, d'autre part, dans certaines matières premières utilisées notamment dans des procédés comme la production de verre, de métaux non ferreux ou la métallurgie des ferreux.

**Le cadmium (Cd)** est émis par la métallurgie des métaux ferreux et non ferreux et le traitement des déchets par incinération. La combustion à partir des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse engendrent une part significative des émissions.

**Le nickel (Ni)** est émis essentiellement par la combustion du fioul lourd contenant des traces de ce métal. Le raffinage du pétrole est responsable en France de près d'un tiers des émissions de nickel.

**Le plomb (Pb)**, était principalement émis par le trafic automobile jusqu'à l'interdiction de l'essence plombée (01/01/2000). Les autres sources de plomb sont la première et la seconde fusion du plomb, la fabrication de batteries électriques, la fabrication de certains verres (cristal), etc.

A noter que le trafic automobile bien que responsable de 20% des émissions de particules (PM10) en France n'est pas une source de métaux lourds dans l'air ambiant<sup>4</sup>.

### 1.4. Effets sur la santé

Jusqu'à présent, aucun effet de pointe n'est réellement documenté, par contre l'inhalation de ces métaux même en de faible quantité peut conduire à des niveaux de concentration toxique ou cancérigène par bio-accumulation.

| polluant | Effets sur la santé   |
|----------|---|
| Plomb    | Neurotoxique (saturnisme)   |
| Cadmium  | Toxicité rénal, pulmonaire et osseuse                                 |
| Nickel   | Cancérigène des voix respiratoires<br>Classe 1 de l'IARC <sup>a</sup> |
| Arsenic  | Cancérigène des voix respiratoires<br>Classe 1 de l'IARC              |

<sup>a</sup> International Agency for Research on Cancer



**Tableau 1 : principaux effets sanitaires du plomb, du cadmium, du nickel et de l'arsenic.**

Signalons que certains effets sont liés à la nature même des composés de chaque métal, la recherche dans la spéciation n'étant pas encore une priorité, ils ne seront pas décrits ici.

## **I.5. REGLEMENTATION**

### **I.5.1. En France**

Le décret 2002-213 du 15 février 2002 modifiant le décret 98-360 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement ne fait référence qu'au plomb. Il fixe pour ce polluant :

- un objectif de qualité de  $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle
- une valeur limite de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle.

### **I.5.2. En Europe**

#### **Directives européennes existantes**

La directive européenne 96/62/CE du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant établit une liste de polluant à prendre en considération dans la cadre de l'évaluation et de la gestion de la qualité de l'air ambiant dont Cd, As, Ni, Hg

#### **Projet de Directive européenne**

Le *Position paper* relatif aux métaux lourds As, Cd, Ni donne des plages de seuils d'évaluation en moyenne annuelle pour ces différents métaux, à la suite de quoi un projet de Directive européenne actuellement en circulation dans les états membres propose des seuils d'évaluation annuelle.

| <b>Polluant</b> | <b>Seuils d'évaluation probables<br/>projet de directive européenne (ng/m<sup>3</sup>/an)</b> |
|-----------------|---|
| Arsenic         | 6   |
| Cadmium         | 5   |
| Nickel          | 20  |

**Tableau 2 : seuils d'évaluation en projet pour l'arsenic, le cadmium et le nickel.**

### **I.5.3. Recommandations OMS**

| <b>polluant</b> | <b>Valeur guide (moyenne annuelle)</b> |
|-----------------|--|
| Plomb           | $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$           |
| Cadmium         | $5 \text{ ng}/\text{m}^3$              |

**Tableau 3 : valeur guide pour la qualité de l'air pour plomb et le cadmium fixé par l'OMS<sup>5</sup>**





## II. ORGANISATION DES CAMPAGNES

### II.1. Présentation de l'étude

L'objectif de cette étude est l'évaluation des teneurs moyennes en arsenic, plomb, nickel et cadmium dans l'air ambiant aux alentours des principales sources industrielles potentiellement émettrices de métaux lourds. La stratégie adoptée consiste à effectuer quatre campagnes de mesure d'un mois chacune répartie sur l'année 2001 (une par saison). 8 préleveurs de particules équipés d'une tête PM10 (récoltant la fraction des particules de diamètre inférieures à 10 $\mu$ m) sont installés dans les secteurs géographiques de Fos-sur-mer et de Berre l'étang-Rognac, de façon à encadrer ses sources potentielles.

Au cours de chacune des campagnes, quatre prélèvements d'une semaine sont effectués. En tout, plus de 150 filtres ont été récoltés puis analysés par le laboratoire du CEREGE (Centre Européen de Recherches et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement).

| Campagnes                    | Printemps               | été                     | Automne                 | Hiver                   |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 <sup>er</sup> prélèvement  | 23/03/01 au<br>30/03/01 | 15/06/01 au<br>22/06/01 | 05/10/01 au<br>12/10/01 | 11/01/02 au<br>18/01/02 |
| 2 <sup>ème</sup> prélèvement | 30/03/01 au<br>06/04/01 | 22/06/01 au<br>29/06/01 | 12/10/01 au<br>19/10/01 | 18/01/02 au<br>25/01/02 |
| 3 <sup>ème</sup> prélèvement | 06/04/01 au<br>13/04/01 | 29/06/01 au<br>06/07/01 | 19/10/01 au<br>26/10/01 | 25/01/02 au<br>01/02/02 |
| 4 <sup>ème</sup> prélèvement | 13/04/01 au<br>20/04/01 | 06/07/01 au<br>13/07/01 | 26/10/01 au<br>02/11/01 | 01/02/02 au<br>08/02/02 |

Tableau 4 : dates des 16 prélèvements effectuées pour l'analyse des métaux lourds.



Carte 2 : Localisation des 9 sites de prélèvements des métaux lourds sur le pourtour de l'étang de Berre.



Un site complémentaire a été investigué à Carry le Rouet pour lequel un prélèvement hebdomadaire est effectué en continu durant la totalité de la période d'étude.

## **II.2. Métrologie**

### **II.2.1. Type de préleveur**

Les métaux lourds sont analysés sur la fraction des PM10, c'est à dire sur les particules fines de diamètre inférieur à 10 $\mu$ m.

Nous avons utilisé des préleveurs bas débit pour lesquels la coupure théorique de la tête à 10 $\mu$ m n'est effective que si le débit de la pompe se situe autour de 1m<sup>3</sup>/h.

### **II.2.2. Médias filtrant**

Les filtres vierges ne sont jamais exempts de toutes contaminations, le choix d'un filtre est donc déterminant car il conditionne la détermination de la limite de détection.

Les filtres en fibres de Quartz sont le meilleur compromis entre pureté chimique du filtre et la possibilité de prélèvement longue durée (plusieurs jours)<sup>6</sup>.

Une série de filtre vierge en fibre de quartz Whatman QMA appartenant au même lot (série n°A550431) nous a été fourni par l'Ecole des Mines de Douai après un contrôle qualité.

### **II.2.3. Techniques analytiques**

La première étape avant l'analyse est la minéralisation de l'échantillon. La technique retenue est une minéralisation en milieu fermé afin d'éviter la perte d'éléments volatils avec comme solution d'attaque un mélange d'acide chlorhydrique, acide nitrique (eau régale).

Les analyses élémentaires ont été effectuées par spectrométrie atomique en four graphite (GF-AAS) sauf pour l'arsenic dont le choix s'est porté sur une analyse par ICP-OES en couplage hydruure.

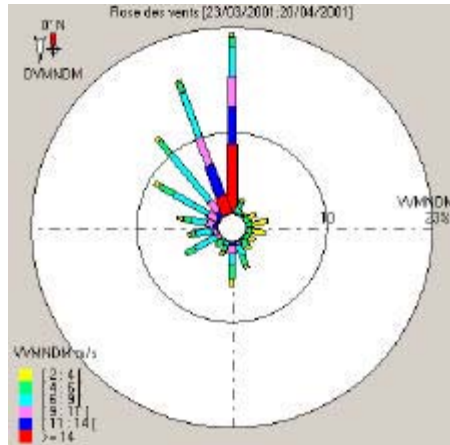


### III. RESULTATS DES CAMPAGNES DE MESURE

#### III.1. Données météo

##### Campagnes printemps 2001

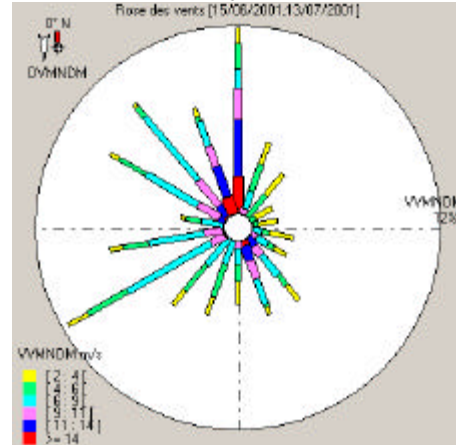
Température moyenne 14°C



Les conditions météorologiques des campagnes printanières sont dominées par la présence du Mistral

##### Campagnes été 2001

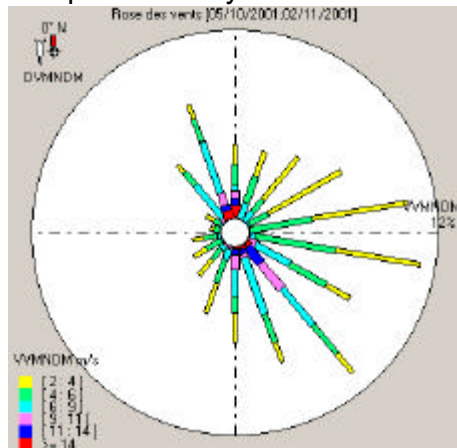
Température moyenne 24°C



Les campagnes d'été 2001 se sont déroulées sous une météo marquée par un régime de Mistral les deux premières semaines de prélèvement puis une météo estivales avec la mise en place d'un régime de brise

##### Campagnes automne 2001

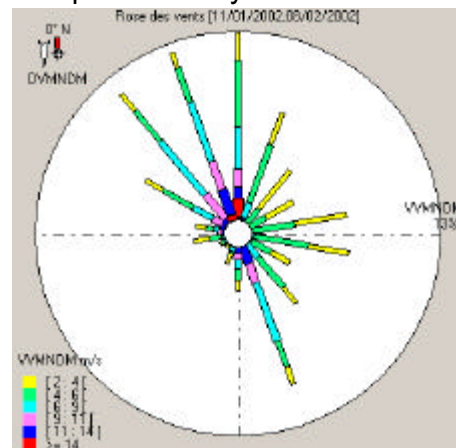
Température moyenne 20°C



Une période de stabilité peu venté durant les campagnes d'automne 2001 avec un épisode de vent d'ouest

##### Campagnes hiver 2002

Température moyenne 9°C



Les mesures de l'hiver 2002 se sont déroulées pendant un épisode anticyclonique synonyme de stabilité atmosphérique avec Mistral en fin de campagne



### III.2. Les Blancs

Parmi le lot de filtres fournis par l'École des Mines de Douai, 7 ont été retenus pour être analysés en tant que blancs.

Les blancs sont analysés selon la même procédure que les filtres chargés. Les résultats de l'analyse des blancs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

|            | <b>As<br/>(ng/filtre)</b> | <b>Pb<br/>(ng/filtre)</b> | <b>Ni<br/>(ng/filtre)</b> | <b>Cd<br/>(ng/filtre)</b> | <b>V<br/>(ng/filtre)</b> | <b>Al<br/>(µg/filtre)</b> | <b>Fe<br/>(µg/filtre)</b> |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| BL-1       | < LD                      | 86,5                      | 55,2                      | 15,2                      | 18,5                     | 3,5                       | 2,2                       |
| BL-2       | < LD                      | 78                        | 92,5                      | 15,5                      | 29,2                     | 4,2                       | 2                         |
| BL-3       | < LD                      | 84,7                      | 61,7                      | 4,5                       | 18                       | 7                         | 2                         |
| BL-4       | < LD                      | 86,7                      | 58                        | 15,5                      | 24,7                     | 4                         | 2                         |
| BL-5       | < LD                      | 77,2                      | 76,5                      | 22,5                      | 18,2                     | 3,7                       | 2                         |
| BL-6       | < LD                      | 77,5                      | 62                        | 24,5                      | 32                       | 6,7                       | 2                         |
| BL-7       | < LD                      | 101,2                     | 78                        | 24,5                      | 32,7                     | 7,5                       | 2                         |
| <b>moy</b> | -                         | <b>85</b>                 | <b>69</b>                 | <b>17</b>                 | <b>25</b>                | <b>5</b>                  | <b>2</b>                  |

**Tableau 5 : résultats de l'analyse des blancs laboratoire.**

Même si celle-ci est faible, les filtres vierges ne sont pas exempts de toute contamination. Les moyennes des blancs ont été soustraites aux résultats des analyses de terrain.

En plus de ces blancs, nous avons réalisé des blancs dit "terrain" afin de vérifier l'absence de pollution accidentelle des filtres lors du transport ou de leur mise en place.

|              | <b>As en<br/>ng/filtre</b> | <b>Pb en<br/>ng/filtre</b> | <b>Ni en<br/>ng/filtre</b> | <b>Cd en<br/>ng/filtre</b> | <b>V en<br/>ng/filtre</b> | <b>Al en<br/>µg/filtre</b> | <b>Fe en<br/>µg/filtre</b> |
|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>BT-1</b>  | < LD                       | 219,2                      | 71,5                       | 21                         | 19,2                      | 7                          | 5,7                        |
| <b>BT-2</b>  | 191                        | 74,2                       | 5                          | 15,2                       | 23,2                      | 1,7                        | 4,5                        |
| <b>BT-3</b>  | 251,2                      | 27,5                       | 114,7                      | 15,7                       | 25                        | 4,2                        | 4,7                        |
| <b>BT-4</b>  | 173,2                      | 326,5                      | 80                         | 10,7                       | 18,2                      | 2,5                        | 5                          |
| <b>BT-5</b>  | 62,5                       | 112,5                      | 72,5                       | 18,7                       | 30,7                      | 8,5                        | 2,7                        |
| <b>BT-6</b>  | 21,7                       | < LD                       | < LD                       | < LD                       | 17,                       | 7,2                        | 2,5                        |
| <b>BT-7</b>  | 47,5                       | < LD                       | < LD                       | 17,5                       | 20,7                      | 20                         | 3                          |
| <b>BT-8</b>  | 52,5                       | < LD                       | < LD                       | < LD                       | 24                        | < LD                       | < LD                       |
| <b>BT-10</b> | 115                        | < LD                       | 72,5                       | < LD                       | 18,25                     | 10,5                       | 2,5                        |
| <b>BT-11</b> | < LD                       | < LD                       | < LD                       | < LD                       | < LD                      | < LD                       | < LD                       |
| <b>BT-12</b> | 80                         | 85                         | 77,5                       | 21,5                       | 22,7                      | 12,5                       | 5                          |

**Tableau 6 : résultats de l'analyse des blancs terrain.**

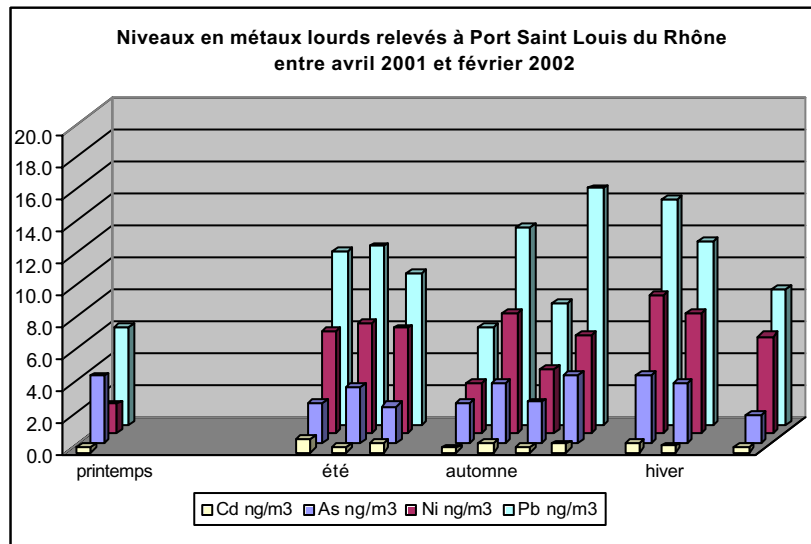
L'analyse des blancs terrain révèle des valeurs du même ordre de grandeur que celles des blancs laboratoires sauf pour l'arsenic pour lequel les concentrations sont légèrement supérieures aux blancs laboratoires. Néanmoins, elles restent nettement inférieures aux valeurs mesurées sur les filtres exposés 7 jours à l'air ambiant.

### III.3. Les concentrations en métaux mesurées sur chaque site



### III.3.1. Site de Port Saint Louis du Rhône

Les résultats des prélèvements à Port Saint Louis du Rhône sont présentés dans la Figure 1. 5 prélèvements ont été invalidé suite à des problèmes lors de l'échantillonnage.

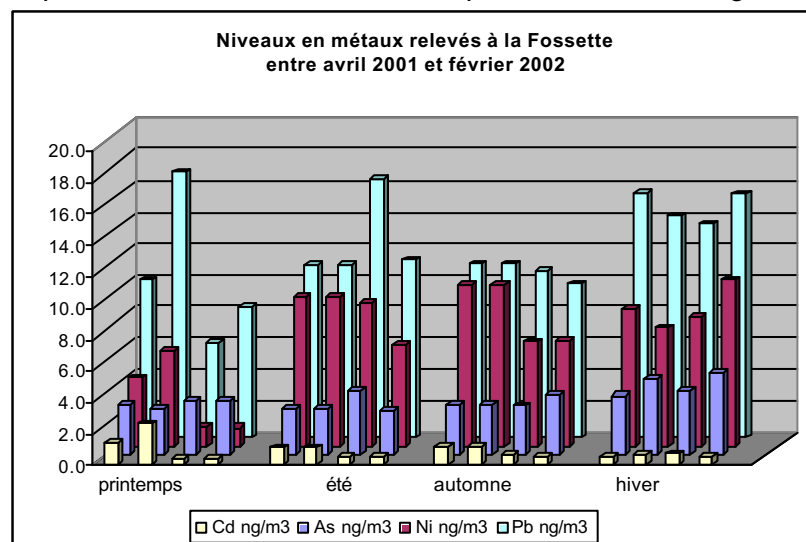


**Figure 1: concentrations en As, Cd, Ni et Pb mesurées à Port Saint Louis du Rhône entre avril 2001 et février 2002**

Les concentrations mesurées sur le site de Port Saint Louis du Rhône en 2001 sont pour le plomb comprises entre 6,0 et 14,7 ng/m<sup>3</sup>, pour le nickel 1,8 et 8,6 ng/m<sup>3</sup>, pour l'arsenic 1,7 et 4,2 ng/m<sup>3</sup> et enfin pour le cadmium 0,2 et 0,8 ng/m<sup>3</sup>.

### III.3.2. Site de la Fossette

Les résultats des prélèvements à la Fossette sont présentés dans la Figure 2.



**Figure 2 : concentrations en As, Cd, Ni et Pb mesurées à La Fossette entre avril 2001 et février 2002**

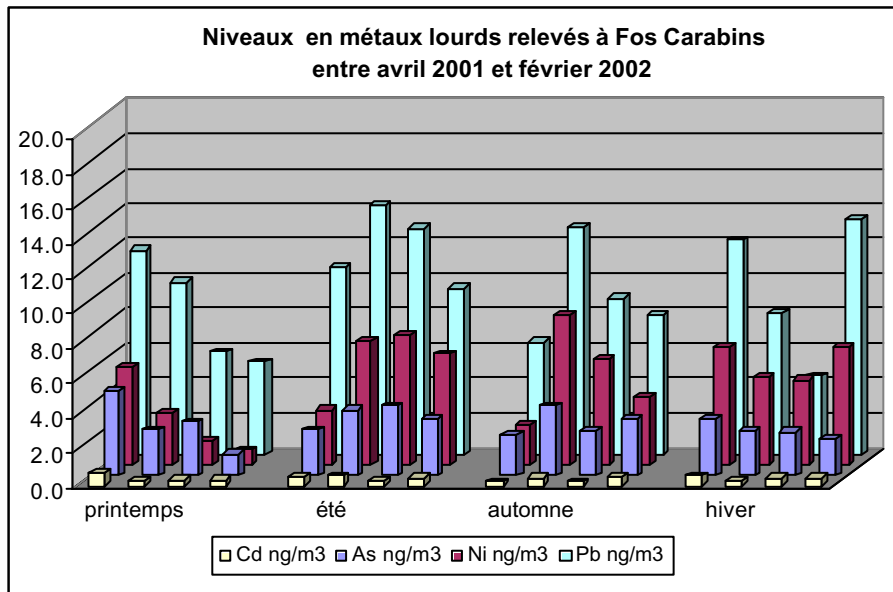
Les concentrations mesurées sur le site de la Fossette en 2001 sont pour le plomb comprises entre 6,0 et 15,5 ng/m<sup>3</sup>, pour le nickel 1,2 et 10,6 ng/m<sup>3</sup>, pour l'arsenic 2,9 et



5,2 ng/m<sup>3</sup> et enfin pour le cadmium 0,4 et 2,5 ng/m<sup>3</sup>. Les niveaux mesurés sont plus faibles durant les campagnes de mesure printanières et sont stables durant les autres campagnes. La présence du Mistral sur ce site en amont de la source potentielle étudiée peut expliquer en partie les niveaux relevés durant les campagnes printanières et notamment la quasi absence de Ni sur les deux derniers prélèvements du printemps.

### III.3.3. Site de Fos Carabins

Les résultats des prélèvements à Fos Carabins sont présentés dans la Figure 3.



**Figure 3 : concentrations en As, Cd, Ni et Pb mesurées à Fos Carabins entre avril 2001 et février 2002**

Les concentrations mesurées sur le site de Fos Carabins en 2001 sont pour le plomb comprises entre 4,5 et 14,3 ng/m<sup>3</sup>, pour le nickel 0,8 et 8,6 ng/m<sup>3</sup>, pour l'arsenic 2,1 et 4,8 ng/m<sup>3</sup> et enfin pour le cadmium 0,2 et 0,7 ng/m<sup>3</sup>. Comme pour le site de la Fossette, les niveaux mesurés durant les campagnes printanières et notamment les deux dernières sont plus faibles que durant les autres campagnes à cause de la présence du Mistral.

### III.3.4. Site de Fos Hauture

Les résultats des prélèvements à Fos Hauture sont présentés dans la Figure 4.

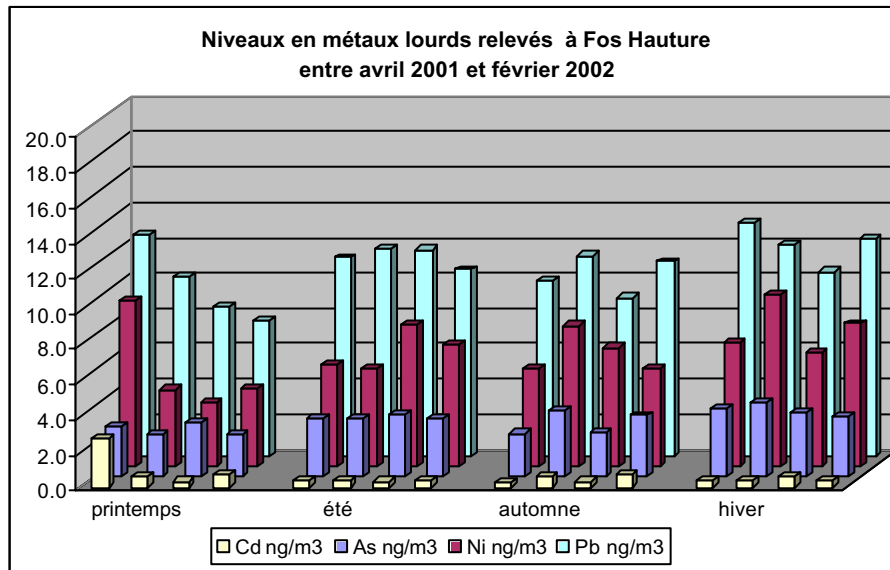


Figure 4 : concentrations en As, Cd, Ni et Pb mesurées à Fos Hature entre avril 2001 et février 2002

Les concentrations mesurées sur le site de Fos Hature pendant les 16 campagnes sont relativement homogènes. Les valeurs sont comprises pour le plomb entre 9,0 et 13,2 ng/m<sup>3</sup>, pour le nickel entre 3,6 et 9,8 ng/m<sup>3</sup>, pour l'arsenic entre 2,4 et 4,2 ng/m<sup>3</sup> et pour le cadmium entre 0,3 et 2,8 ng/m<sup>3</sup>. On ne note pas de variations saisonnières significatives pour les 4 métaux étudiés.

### III.3.5. Site de Saint Victoret

Les résultats des prélèvements à Saint Victoret sont présentés dans la Figure 5. Des problèmes sur le fonctionnement de la pompe n'ont pas permis de valider les deux premier prélèvement de l'automne.

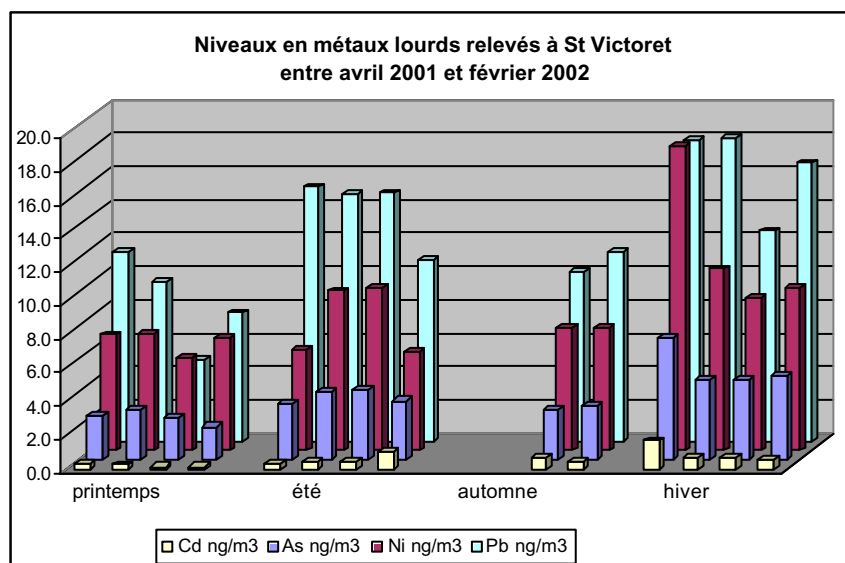


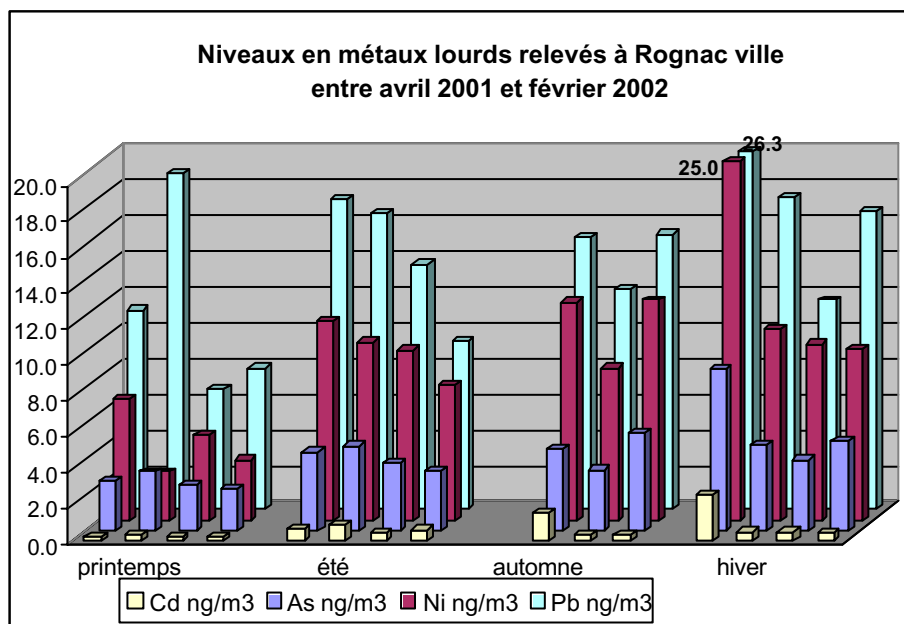
Figure 5 : concentrations en As, Cd, Ni et Pb mesurées à Saint Victoret entre avril 2001 et février 2002



Les concentrations mesurées sur le site de Saint Victoret en 2001 sont pour le plomb comprises entre 7,7 et 18,1 ng/m<sup>3</sup>, pour le nickel 5,6 et 18,2 ng/m<sup>3</sup>, pour l'arsenic 2,0 et 7,3 ng/m<sup>3</sup> et enfin pour le cadmium 0,2 et 1,8 ng/m<sup>3</sup>. On observe une augmentation des teneurs en métal mesuré pendant les campagnes hivernales, période de stabilité atmosphérique généralement propice aux épisodes de pollution de l'air.

### III.3.6. Site de Rognac Ville

Les résultats des prélèvements à Rognac Ville sont présentés dans la Figure 6. Le premier prélèvement de l'automne a été écarté en raison d'un débit trop faible de la pompe.



**Figure 6 : concentrations en As, Cd, Ni et Pb mesurées à Rognac Ville entre avril 2001 et février 2002**

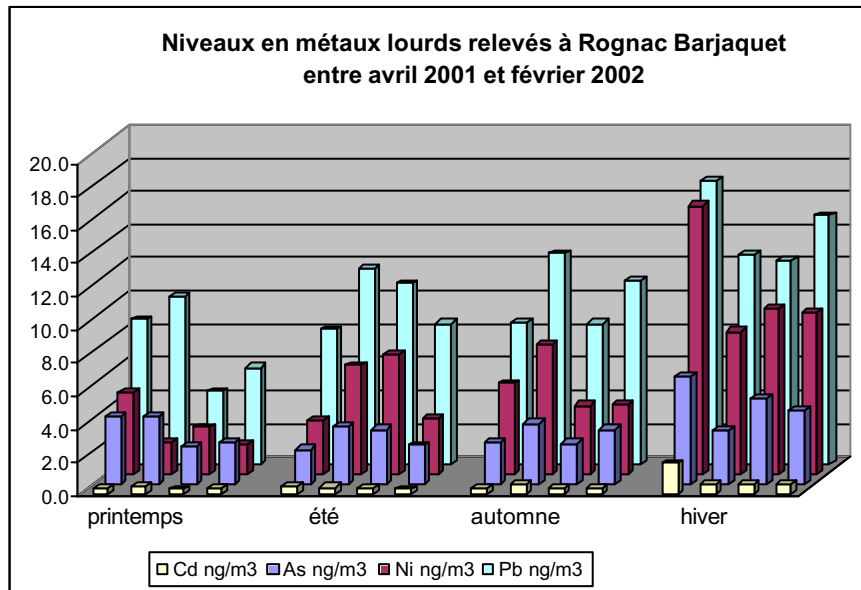
Le site de Rognac Ville a enregistré durant la première série de mesure hivernale les teneurs les plus élevées de la région pour pratiquement tous les métaux : 26,3 ng/m<sup>3</sup> pour le plomb, 25,0 ng/m<sup>3</sup> pour le nickel, 9 ng/m<sup>3</sup> pour l'arsenic et 2,6 ng/m<sup>3</sup> pour le cadmium. Les conditions de stabilité atmosphérique peuvent en partie expliquer ces résultats.

Les teneurs les plus faibles sont relevés à Rognac Ville durant les campagnes printanières : 6,7 ng/m<sup>3</sup> pour le plomb, 2,7 ng/m<sup>3</sup> pour le nickel, 2,3 ng/m<sup>3</sup> pour l'arsenic et 0,3 ng/m<sup>3</sup> pour le cadmium.

### III.3.7. Site de Rognac Barjaquets

Les résultats des prélèvements à Rognac Barjaquets sont présentés dans la Figure 7.



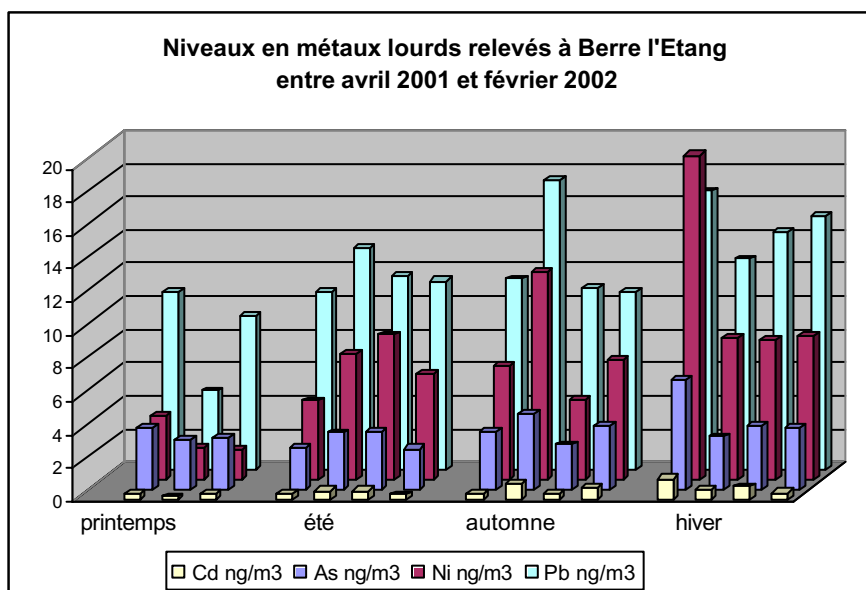


**Figure 7 : concentrations en As, Cd, Ni et Pb mesurées à Rognac Barjaquets entre avril 2001 et février 2002**

Les concentrations les plus élevées à Rognac Barjaquets sont observées durant les campagnes hivernales et les plus faibles durant les campagnes printanières. Les teneurs en plomb sont comprises entre 4,4 et 17,2 ng/m<sup>3</sup>, pour le nickel 1,8 et 16,1 ng/m<sup>3</sup>, pour l'arsenic 2,1 et 6,4 ng/m<sup>3</sup> et enfin pour le cadmium 0,3 et 1,8 ng/m<sup>3</sup>.

### III.3.8. Site de Berre l'Etang

Les résultats des prélèvements à Berre l'Etang sont présentés dans la Figure 8. Le premier prélèvement n'a pas été validé.



**Figure 8 : concentrations en As, Cd, Ni et Pb mesurées à Berre l'Etang entre avril 2001 et février 2002**



Les concentrations les plus élevées à Berre l'Etang sont comme sur le site de Rognac Barjaquet observées durant les campagnes hivernales et les plus faibles durant les campagnes printanières. Les teneurs en plomb sont comprises entre 4,8 et 17,4 ng/m<sup>3</sup>, pour le nickel 1,8 et 19,4 ng/m<sup>3</sup>, pour l'arsenic 2,6 et 6,5 ng/m<sup>3</sup> et enfin pour le cadmium 0,2 et 1,2 ng/m<sup>3</sup>.

### III.3.9. Site de Carry le Rouet

Les résultats des 51 prélèvements hebdomadaires consécutifs sur le site de Carry le Rouet sont présentés dans la Figure 9. Deux prélèvements ont été invalidés pour des problèmes de fonctionnement de la pompe.

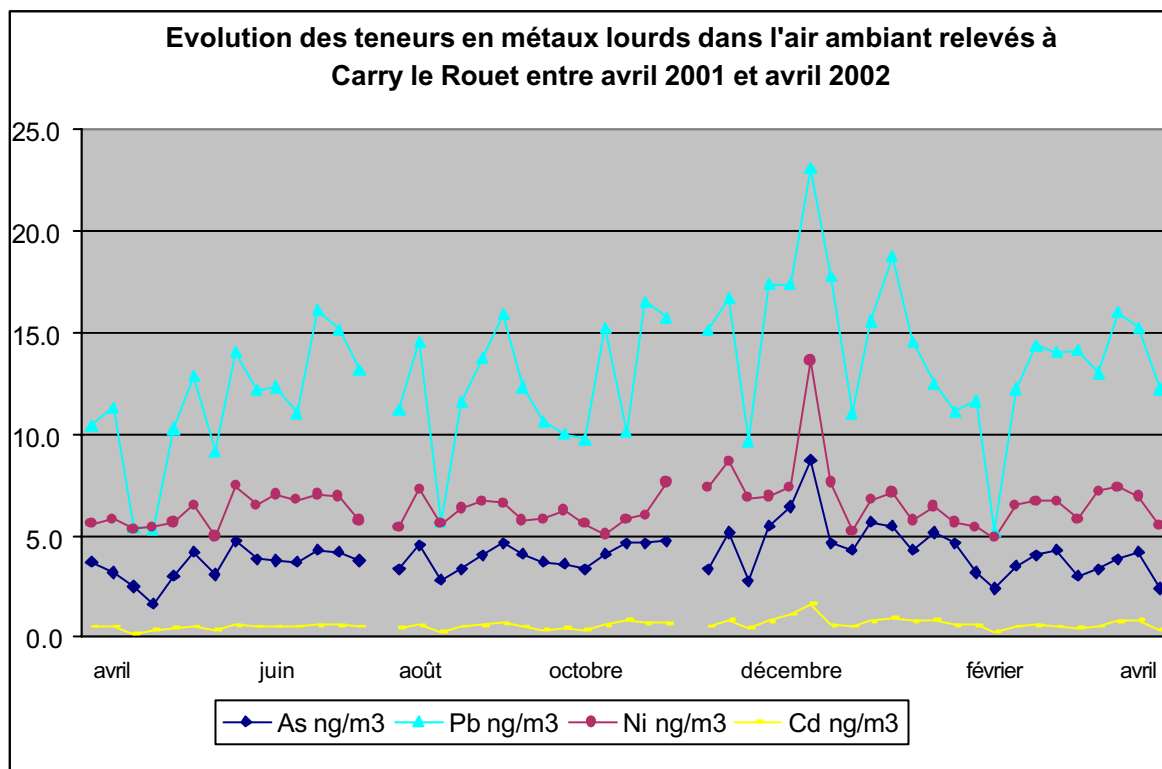


Figure 9 : concentrations en As, Cd, Ni et Pb mesurées à Carry le Rouet entre avril 2001 et février 2002

Les niveaux mesurés en As, Pb, Ni et Cd sur le site de Carry le Rouet sont stables sur la période avril 2001-avril 2002.

Les teneurs en plomb sont comprises entre 5,2 et 23,1 ng/m<sup>3</sup>, pour le nickel entre 4,9 et 13,8 ng/m<sup>3</sup>, pour l'arsenic entre 1,6 et 8,8 ng/m<sup>3</sup> et enfin pour le cadmium 0,2 et 1,6 ng/m<sup>3</sup>.

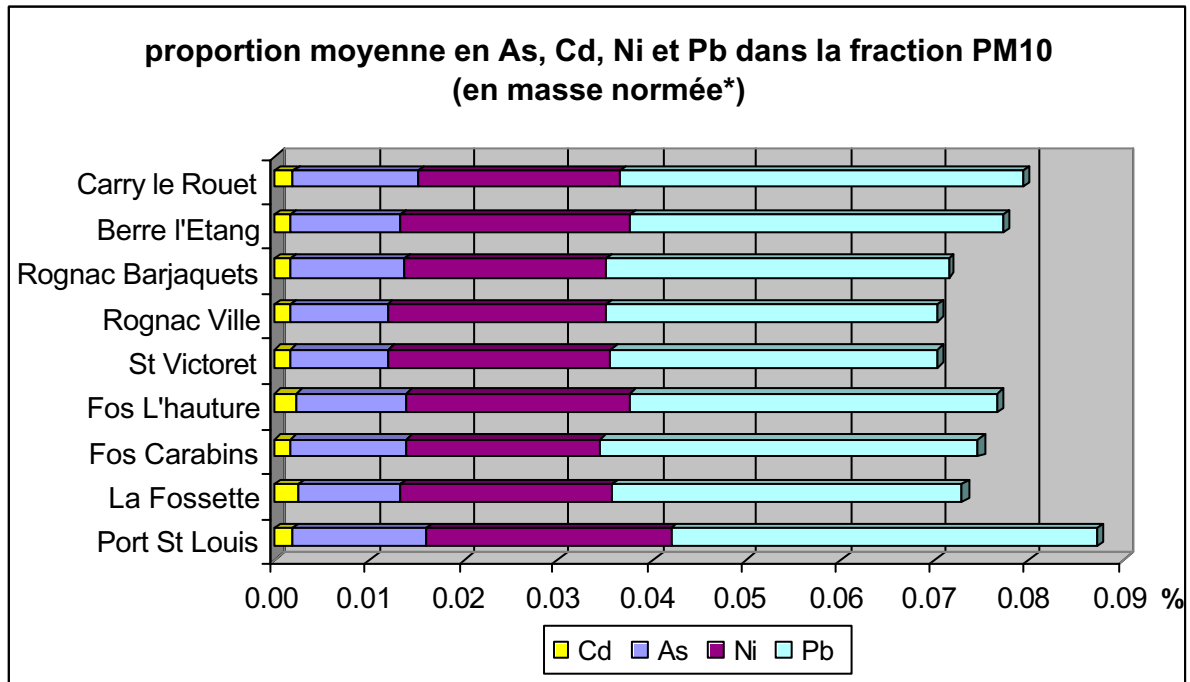
Il n'y a pas de saisonnalité apparente, seule un "pic" a été enregistré sur un prélèvement mi-décembre.

Le plomb a une plus grande variabilité temporelle que les autres métaux étudiés, néanmoins la Figure 9 montre que chaque métal mesuré a une évolution dans le temps comparable. **Il semble exister une corrélation entre les teneurs en As en Cd en Ni et en Pb rencontrées dans l'air ambiant.**



### III.4. Répartition des métaux lourds dans la fraction PM10

Afin d'identifier des sources spécifiques en arsenic, cadmium, nickel ou plomb, nous avons étudié la répartition de ces métaux dans la fraction des PM10 récoltée.



\*ramenée à la concentration en PM10 par la formule suivante :  $\frac{\text{concentration en métal mesurée}}{\text{concentration en PM10}} \times 100$

**Figure 10 : répartition de la proportion en As, Cd, Ni et Pb dans les PM10 entre avril 2001 et février 2002**

La Figure 10 montre que la proportion en As, Cd, Ni et Pb dans la fraction PM10 des particules est très faible. Les 4 métaux mesurés représentent à peine 0,1% de la masse totale des PM10.

Le site le plus « chargé » en As, Cd, Ni et Pb est Port Saint Louis du Rhône. C'est un site de typologie industrielle, celui-ci étant principalement impacté par les panaches de la zone industrielle de Fos/Mer.

Les sites les moins « chargés » en As, Cd, Ni et Pb sont des sites urbains, Saint Victoret et Rognac Ville, mais pouvant toutefois être occasionnellement sous le vent des panaches industrielles.

**Les émissions de métaux lourds dans la région de l'Etang de Berre sont donc principalement liées à l'activité industrielle et non au transport routier.**

Si l'on s'intéresse aux proportions de chaque métal sur les différents sites de mesure, on remarque par contre que celles-ci sont relativement homogènes. Mise à part le plomb présent en plus quantité à Port Saint Louis du Rhône, **il n'y a pas de d'influence localisée des différentes sources en As, Cd, et Ni sur le pourtour de l'étang de Berre.**



#### IV. BILAN DES MESURES REALISEES

Les 16 campagnes réalisées permettent d'estimer une moyenne globale pour chaque site de mesure durant la période avril 2001 à février 2002 et ainsi de la comparer aux valeurs ou futures valeurs réglementaires basées sur des moyennes annuelles.

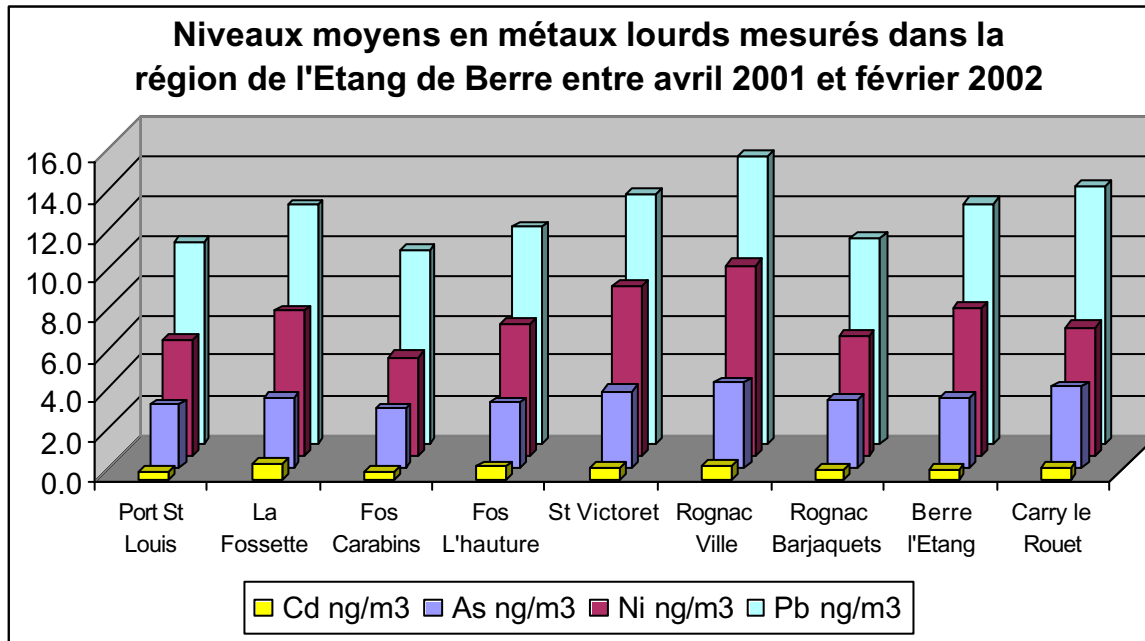


Figure 11 : teneurs en métaux lourds enregistrés dans la région de l'Etang de Berre.

**Les teneurs moyennes en métaux lourds enregistrées dans la région de l'Etang de Berre sont toutes inférieures aux valeurs réglementaires actuelle pour le Pb ou en projet pour l'As, Cd et Ni.**

Les concentrations mesurées en plomb varient entre 9,7 ng/m<sup>3</sup> et 14,4 ng/m<sup>3</sup> et sont donc très inférieures à la valeur limite actuelle de 500 ng/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

Les valeurs en nickel et en arsenic qui oscillent respectivement entre 5,0 ng/m<sup>3</sup> et 9,6 ng/m<sup>3</sup> et entre 3,0 ng/m<sup>3</sup> et 4,2 ng/m<sup>3</sup> sont inférieures au projet de valeur cible ( respectivement 20 ng/m<sup>3</sup> et 6 ng/m<sup>3</sup>). Enfin, les valeurs en cadmium sont très faibles puisque comprises entre 0,4 ng/m<sup>3</sup> et 0,8 ng/m<sup>3</sup> alors que la valeur cible en projet est fixée à 5 ng/m<sup>3</sup>.

Même si les niveaux relevés sont faibles, nous ne pouvons conclure sur leurs évolutions au cours des prochaines années. AIRFOBEP doit donc mettre en place une stratégie pérenne visant à évaluer les niveaux moyens en arsenic, cadmium, nickel et plomb pour les années à venir.

**La comparaison des teneurs montre que les niveaux sont homogènes entre les différents sites de mesure** même si le site de Rognac ville a des teneurs légèrement plus élevés. Encore une fois, au regard de ces niveaux observés, il n'y pas d'influence localisée des différentes sources. L'homogénéité des niveaux en As, Cd, Ni et Pb que se soit les niveaux annuels ou les moyennes hebdomadaires est dû à la bonne dispersion des particules transportant les métaux. En effet, celles ci étant très fines (diamètre < 2µm), elles se dispersent facilement et restent plus longtemps en suspension.



A titre de comparaison, on aboutit au même constat pour les mesures de dioxyde de soufre. La moyenne annuel en SO<sub>2</sub> ne traduit pas l'influence des sources locales de SO<sub>2</sub> comme le montre l'exemple ci-dessous.

| Station de mesure | Moyenne annuelle (µg/m <sup>3</sup> ) | Nombre de dépassement du seuil horaire de 300 µg/m <sup>3</sup> | Nombre de dépassement du seuil de 500 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 3 heures consécutives |
|-------------------|---------------------------------------|---|--|
| Vitrolles         | 13                                    | 5   | 0  |
| La Mède           | 9                                     | 47  | 2  |

**Tableau 7 : données pour le dioxyde de soufre sur les stations de Vitrolles et La Mède pour l'année 2002.**

La moyenne annuelle enregistrée sur Vitrolles est supérieure à celle de La Mède alors que le seuil de 300 µg/m<sup>3</sup> n'a été dépassé que 5 fois contre 47 fois à la Mède. Les données moyennes en reflète donc pas suffisamment l'influence des sources locales.

Les différents sites de mesure investiguer ont donc permis d'évaluer les niveaux de fond en As, Cd, Ni et Pb dans l'air ambiant du pourtour de l'étang de Berre. Afin d'évaluer l'influence géographique des sources de la zone de l'étang de Berre, il est intéressant de comparer ces résultats avec des mesures réalisés par AIRFOBEP en 1999 à Arles et au sommet de la Montagne du Luberon (Mourre Negre).

| (ng/m <sup>3</sup> ) | Etang de Berre (2001) |      | Arles (1999) | Sommet du Luberon (1999) |
|----------------------|-----------------------|------|--------------|--------------------------|
|                      | Min                   | Max  |              |                          |
| <b>Plomb</b>         | 9.7                   | 14.4 | 21.1         | 2.8                      |
| <b>Cadmium</b>       | 0.4                   | 0.8  | 0.2          | <LD                      |
| <b>Nickel</b>        | 5.0                   | 9.6  | 4.4          | 1.4                      |

**Tableau 8 : teneurs moyennes en Cd, Ni et Pb mesurées sur le pourtour de l'Etang de Berre en 2001 et à Arles et le sommet du Luberon en 1999.**

Les teneurs en plomb sont plus importantes à Arles que sur le pourtour de l'étang de Berre car les essences plombées n'étaient pas encore interdites à la vente en 1999. Pour le nickel et le cadmium, les valeurs mesurées sont plus faibles à Arles et surtout au sommet du Luberon que dans la région de l'étang de Berre.

**Cette première approche nous indique que l'influence des sources de la zone de l'étang de Berre est limitée aux villes du pourtour de l'Etang de Berre.** Des études complémentaires seront réalisées afin de confirmer cette hypothèse.



### **IV.1. Stratégie de surveillance des métaux lourds dans l'Ouest des Bouches du Rhône**

Seul le plomb est aujourd'hui réglementé dans l'air ambiant. Une directive européenne concernant l'évaluation des teneurs d'arsenic, de cadmium et de nickel dans l'air ambiant est actuellement en cours de rédaction.

Afin de préparer les futures exigences réglementaires, AIRFOBEP a mis en place une stratégie de surveillance dont le but est d'évaluer les niveaux moyens de métaux lourds dans l'air ambiant de la région de l'étang de Berre.

Les résultats des campagnes de mesure montrent que les valeurs réglementaires actuelles ou futures ne sont pas susceptibles d'être dépassées et que les niveaux mesurés sont homogènes sur le pourtour de l'étang de Berre.

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Sites de surveillance</b> | <input type="checkbox"/> Industriel : Port de Bouc la Lègue ⇨ 2003<br><input type="checkbox"/> Industriel : Berre l'Etang ⇨ 2004 |
| <b>Typologie</b>             | Industrielle   |
| <b>Outils</b>                | Préleveur bas débit type Partisol +  |
| <b>Echantillonnage</b>       | Prélèvement hebdomadaire en continu sur filtre de quartz   |
| <b>Composés</b>              | Arsenic, cadmium, nickel, plomb  |

La surveillance des métaux lourds sur la région de l'étang de Berre aura pour but d'évaluer les niveaux de fond de typologie industrielle en As, Cd, Ni et Pb .



## CONCLUSION

Ce rapport présente les résultats des campagnes de mesures des métaux lourds réalisées entre avril 2001 et avril 2002 dans le région de l'étang de Berre.

Une estimation des niveaux moyens de fond en As, Cd, ni et Pb a pu être réalisée sur une année aux alentours des principales zones industrielles de l'étang de Berre.

Les teneurs enregistrées sont toutes inférieures aux valeurs réglementaires actuelle pour le plomb ou en projet pour l'arsenic, le cadmium et le nickel. De plus, la comparaison entre les différents sites de mesure montre que les niveaux sont homogènes sur toute la zone d'étude.

Cette étude a aussi mis en évidence la relation entre les teneurs en As, Cd, Ni et Pb rencontrées dans l'air ambiant, il n'a pas été possible d'identifier des sources locales spécifiques en un des quatre métal étudiés sur le pourtour de l'étang de Berre. A suite à cette étude devra donc être envisagée afin de mieux évaluer l'influence des différentes sources locales.

L'analyse de la charge des métaux lourds étudiés dans la fraction PM10 montre aussi que les sources de métaux dans la région de l'Etang de Berre sont principalement du à l'activité industrielle et non au transport routier.

Afin de préparer les futures exigences réglementaires, AIRFOBEP évaluera à partir de 2003 les niveaux moyens de métaux lourds dans l'air ambiant de la région de l'étang de Berre grâce à la mise en place d'un préleveur automatique de particules à Port de Bouc. Un second viendra compléter le dispositif de surveillance en 2004 à Berre l'Etang.



## BIBLIOGRAPHIE

---

<sup>1</sup> M Le Floch, Y.Noack, Mesure des métaux lourds sur le site de Port de Bouc, Centre Européen de Recherches et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement, janvier 2001

<sup>2</sup> Ambient air pollution by As, Cd, and Ni compounds, Working groups on arsenic, cadmium and nickel compounds, European Commission DG environment, oct. 2000.

<sup>3</sup> A.Renoux, D.Boulaud, Les aérosols : physique et métrologie, Technique et documentation, 1998.

<sup>4</sup> Emissions dans l'air en France : métaux lourds, CITEPA, Avril 2002.

<sup>5</sup> Guidelines for Air Quality, WHO, Geneva, 2000.

<sup>6</sup> A.Robache, F.Mathe, JC.Gallo, Condition de prélèvement des particules en vue de l'analyse des métaux, EMD département chimie et environnement, décembre 2000.





## ANNEXE : Résultats des mesures en métaux lourds

### Site de Port Saint Louis du Rhône

| début et fin du prélèvement |            | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23-mars-01                  | 30-mars-01 | 4,2                     | 6,0                     | 1,8                     | 0,3                     |
| 30-mars-01                  | 06-avr-01  |                         |                         |                         |                         |
| 06-avr-01                   | 13-avr-01  |                         |                         |                         |                         |
| 13-avr-01                   | 20-avr-01  |                         |                         |                         |                         |
|                             |            |                         |                         |                         |                         |
| 15-juin-01                  | 22-juin-01 |                         |                         |                         |                         |
| 22-juin-01                  | 29-juin-01 | 2,4                     | 10,8                    | 6,4                     | 0,8                     |
| 29-juin-01                  | 06-juil-01 | 3,5                     | 11,1                    | 6,9                     | 0,3                     |
| 06-juil-01                  | 13-juil-01 | 2,3                     | 9,4                     | 6,5                     | 0,5                     |
|                             |            |                         |                         |                         |                         |
| 05-oct-01                   | 12-oct-01  | 2,5                     | 6,1                     | 3,2                     | 0,2                     |
| 12-oct-01                   | 19-oct-01  | 3,8                     | 12,3                    | 7,5                     | 0,5                     |
| 19-oct-01                   | 26-oct-01  | 2,5                     | 7,5                     | 4,0                     | 0,4                     |
| 26-oct-01                   | 02-nov-01  | 4,2                     | 14,7                    | 6,1                     | 0,5                     |
|                             |            |                         |                         |                         |                         |
| 11-janv-02                  | 18-janv-02 | 4,2                     | 14,1                    | 8,6                     | 0,6                     |
| 18-janv-02                  | 25-janv-02 | 3,7                     | 11,4                    | 7,5                     | 0,4                     |
| 25-janv-02                  | 01-févr-02 |                         |                         |                         |                         |
| 01-févr-02                  | 08-févr-02 | 1,7                     | 8,5                     | 6,0                     | 0,2                     |



## Site de la Fossette

| début et fin du prélèvement |            | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23-mars-01                  | 30-mars-01 | 3,2                     | 10,1                    | 4,3                     | 1,4                     |
| 30-mars-01                  | 06-avr-01  | 2,9                     | 16,9                    | 6,1                     | 2,5                     |
| 06-avr-01                   | 13-avr-01  | 3,5                     | 6,0                     | 1,3                     | 0,3                     |
| 13-avr-01                   | 20-avr-01  | 3,5                     | 8,4                     | 1,2                     | 0,3                     |
|                             |            |                         |                         |                         |                         |
| 15-juin-01                  | 22-juin-01 | 2,9                     | 11,0                    | 9,5                     | 1,0                     |
| 22-juin-01                  | 29-juin-01 | 2,9                     | 11,0                    | 9,5                     | 1,0                     |
| 29-juin-01                  | 06-juil-01 | 4,1                     | 16,4                    | 9,2                     | 0,4                     |
| 06-juil-01                  | 13-juil-01 | 2,8                     | 11,3                    | 6,5                     | 0,4                     |
|                             |            |                         |                         |                         |                         |
| 05-oct-01                   | 12-oct-01  | 3,3                     | 11,1                    | 10,2                    | 1,1                     |
| 12-oct-01                   | 19-oct-01  | 3,3                     | 11,1                    | 10,2                    | 1,1                     |
| 19-oct-01                   | 26-oct-01  | 3,1                     | 10,6                    | 6,7                     | 0,5                     |
| 26-oct-01                   | 02-nov-01  | 3,8                     | 9,8                     | 6,7                     | 0,4                     |
|                             |            |                         |                         |                         |                         |
| 11-janv-02                  | 18-janv-02 | 3,8                     | 15,6                    | 8,7                     | 0,4                     |
| 18-janv-02                  | 25-janv-02 | 4,8                     | 14,1                    | 7,5                     | 0,6                     |
| 25-janv-02                  | 01-févr-02 | 4,1                     | 13,6                    | 8,2                     | 0,6                     |
| 01-févr-02                  | 08-févr-02 | 5,2                     | 15,5                    | 10,6                    | 0,4                     |



## Site de Fos Carabins

| début et fin du prélèvement |            | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23-mars-01                  | 30-mars-01 | 4,8                     | 11,7                    | 5,6                     | 0,7                     |
| 30-mars-01                  | 06-avr-01  | 2,6                     | 9,9                     | 3,0                     | 0,3                     |
| 06-avr-01                   | 13-avr-01  | 3,1                     | 5,9                     | 1,4                     | 0,3                     |
| 13-avr-01                   | 20-avr-01  | 1,2                     | 5,3                     | 0,8                     | 0,3                     |
|                             |            |                         |                         |                         |                         |
| 15-juin-01                  | 22-juin-01 | 2,6                     | 10,8                    | 3,2                     | 0,5                     |
| 22-juin-01                  | 29-juin-01 | 3,7                     | 14,3                    | 7,1                     | 0,6                     |
| 29-juin-01                  | 06-juil-01 | 4,0                     | 12,9                    | 7,4                     | 0,3                     |
| 06-juil-01                  | 13-juil-01 | 3,2                     | 9,5                     | 6,3                     | 0,5                     |
|                             |            |                         |                         |                         |                         |
| 05-oct-01                   | 12-oct-01  | 2,3                     | 6,5                     | 2,3                     | 0,2                     |
| 12-oct-01                   | 19-oct-01  | 4,0                     | 13,0                    | 8,6                     | 0,4                     |
| 19-oct-01                   | 26-oct-01  | 2,5                     | 9,0                     | 6,1                     | 0,2                     |
| 26-oct-01                   | 02-nov-01  | 3,3                     | 8,0                     | 3,9                     | 0,5                     |
|                             |            |                         |                         |                         |                         |
| 11-janv-02                  | 18-janv-02 | 3,2                     | 12,3                    | 6,7                     | 0,6                     |
| 18-janv-02                  | 25-janv-02 | 2,5                     | 8,1                     | 5,1                     | 0,3                     |
| 25-janv-02                  | 01-févr-02 | 2,5                     | 4,5                     | 4,9                     | 0,4                     |
| 01-févr-02                  | 08-févr-02 | 2,1                     | 13,5                    | 6,7                     | 0,4                     |



## Fos l'Hauture

| début et fin du<br>prélèvement |            | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> |
|--------------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23-mars-01                     | 30-mars-01 | 2,9                     | 12,5                    | 9,4                     | 2,8                     |
| 30-mars-01                     | 06-avr-01  | 2,4                     | 10,1                    | 4,4                     | 0,7                     |
| 06-avr-01                      | 13-avr-01  | 3,2                     | 8,5                     | 3,6                     | 0,4                     |
| 13-avr-01                      | 20-avr-01  | 2,4                     | 7,7                     | 4,5                     | 0,8                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 15-juin-01                     | 22-juin-01 | 3,4                     | 11,3                    | 5,8                     | 0,5                     |
| 22-juin-01                     | 29-juin-01 | 3,3                     | 11,8                    | 5,5                     | 0,4                     |
| 29-juin-01                     | 06-juil-01 | 3,6                     | 11,8                    | 8,1                     | 0,3                     |
| 06-juil-01                     | 13-juil-01 | 3,3                     | 10,6                    | 6,9                     | 0,4                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 05-oct-01                      | 12-oct-01  | 2,5                     | 10,0                    | 5,5                     | 0,3                     |
| 12-oct-01                      | 19-oct-01  | 3,8                     | 11,4                    | 8,0                     | 0,6                     |
| 19-oct-01                      | 26-oct-01  | 2,6                     | 9,0                     | 6,8                     | 0,4                     |
| 26-oct-01                      | 02-nov-01  | 3,5                     | 11,0                    | 5,6                     | 0,8                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 11-janv-02                     | 18-janv-02 | 3,9                     | 13,2                    | 7,0                     | 0,4                     |
| 18-janv-02                     | 25-janv-02 | 4,2                     | 12,0                    | 9,8                     | 0,5                     |
| 25-janv-02                     | 01-févr-02 | 3,7                     | 10,5                    | 6,5                     | 0,6                     |
| 01-févr-02                     | 08-févr-02 | 3,5                     | 12,4                    | 8,1                     | 0,4                     |



## Saint Victoret

| début et fin du<br>prélèvement |            | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> |
|--------------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23-mars-01                     | 30-mars-01 | 2,7                     | 11,2                    | 6,9                     | 0,3                     |
| 30-mars-01                     | 06-avr-01  | 3,0                     | 9,5                     | 6,9                     | 0,3                     |
| 06-avr-01                      | 13-avr-01  | 2,5                     | 4,9                     | 5,6                     | 0,2                     |
| 13-avr-01                      | 20-avr-01  | 2,0                     | 7,7                     | 6,7                     | 0,2                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 15-juin-01                     | 22-juin-01 | 3,4                     | 15,1                    | 5,9                     | 0,4                     |
| 22-juin-01                     | 29-juin-01 | 4,1                     | 14,7                    | 9,5                     | 0,6                     |
| 29-juin-01                     | 06-juil-01 | 4,2                     | 14,8                    | 9,8                     | 0,5                     |
| 06-juil-01                     | 13-juil-01 | 3,5                     | 10,8                    | 5,9                     | 1,1                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 05-oct-01                      | 12-oct-01  |                         |                         |                         |                         |
| 12-oct-01                      | 19-oct-01  |                         |                         |                         |                         |
| 19-oct-01                      | 26-oct-01  | 3,0                     | 10,1                    | 7,3                     | 0,7                     |
| 26-oct-01                      | 02-nov-01  | 3,2                     | 11,3                    | 7,3                     | 0,5                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 11-janv-02                     | 18-janv-02 | 7,3                     | 17,9                    | 18,2                    | 1,8                     |
| 18-janv-02                     | 25-janv-02 | 4,8                     | 18,1                    | 10,8                    | 0,7                     |
| 25-janv-02                     | 01-févr-02 | 4,7                     | 12,6                    | 9,1                     | 0,7                     |
| 01-févr-02                     | 08-févr-02 | 5,1                     | 16,6                    | 9,6                     | 0,6                     |



## Rognac Ville

| début et fin du<br>prélèvement |            | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> |
|--------------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23-mars-01                     | 30-mars-01 | 2,8                     | 11,1                    | 6,7                     | 0,3                     |
| 30-mars-01                     | 06-avr-01  | 3,3                     | 18,7                    | 2,7                     | 0,4                     |
| 06-avr-01                      | 13-avr-01  | 2,6                     | 6,8                     | 4,8                     | 0,3                     |
| 13-avr-01                      | 20-avr-01  | 2,3                     | 7,9                     | 3,4                     | 0,3                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 15-juin-01                     | 22-juin-01 | 4,4                     | 17,3                    | 11,1                    | 0,7                     |
| 22-juin-01                     | 29-juin-01 | 4,8                     | 16,5                    | 9,9                     | 0,9                     |
| 29-juin-01                     | 06-juil-01 | 3,8                     | 13,7                    | 9,5                     | 0,5                     |
| 06-juil-01                     | 13-juil-01 | 3,3                     | 9,4                     | 7,6                     | 0,7                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 05-oct-01                      | 12-oct-01  |                         |                         |                         |                         |
| 12-oct-01                      | 19-oct-01  | 4,6                     | 15,2                    | 12,2                    | 1,6                     |
| 19-oct-01                      | 26-oct-01  | 3,4                     | 12,3                    | 8,5                     | 0,4                     |
| 26-oct-01                      | 02-nov-01  | 5,4                     | 15,4                    | 12,3                    | 0,4                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 11-janv-02                     | 18-janv-02 | 9,0                     | 26,3                    | 25,0                    | 2,6                     |
| 18-janv-02                     | 25-janv-02 | 4,8                     | 17,4                    | 10,6                    | 0,5                     |
| 25-janv-02                     | 01-févr-02 | 3,9                     | 11,7                    | 9,8                     | 0,6                     |
| 01-févr-02                     | 08-févr-02 | 5,0                     | 16,6                    | 9,6                     | 0,5                     |



## Rognac Barjaquets

| début et<br>prélèvement | fin du     | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> |
|-------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23-mars-01              | 30-mars-01 | 4,1                     | 8,7                     | 5,0                     | 0,4                     |
| 30-mars-01              | 06-avr-01  | 4,1                     | 10,1                    | 1,9                     | 0,4                     |
| 06-avr-01               | 13-avr-01  | 2,3                     | 4,4                     | 2,8                     | 0,3                     |
| 13-avr-01               | 20-avr-01  | 2,6                     | 5,8                     | 1,8                     | 0,3                     |
|                         |            |                         |                         |                         |                         |
| 15-juin-01              | 22-juin-01 | 2,1                     | 8,1                     | 3,2                     | 0,4                     |
| 22-juin-01              | 29-juin-01 | 3,4                     | 11,8                    | 6,5                     | 0,4                     |
| 29-juin-01              | 06-juil-01 | 3,3                     | 10,9                    | 7,2                     | 0,3                     |
| 06-juil-01              | 13-juil-01 | 2,3                     | 8,4                     | 3,3                     | 0,3                     |
|                         |            |                         |                         |                         |                         |
| 05-oct-01               | 12-oct-01  | 2,5                     | 8,5                     | 5,4                     | 0,3                     |
| 12-oct-01               | 19-oct-01  | 3,6                     | 12,7                    | 7,8                     | 0,6                     |
| 19-oct-01               | 26-oct-01  | 2,5                     | 8,5                     | 4,1                     | 0,3                     |
| 26-oct-01               | 02-nov-01  | 3,3                     | 11,0                    | 4,2                     | 0,3                     |
|                         |            |                         |                         |                         |                         |
| 11-janv-02              | 18-janv-02 | 6,4                     | 17,1                    | 16,1                    | 1,8                     |
| 18-janv-02              | 25-janv-02 | 3,2                     | 12,6                    | 8,6                     | 0,6                     |
| 25-janv-02              | 01-févr-02 | 5,1                     | 12,2                    | 10,0                    | 0,6                     |
| 01-févr-02              | 08-févr-02 | 4,4                     | 14,9                    | 9,7                     | 0,5                     |



## Berre l'Etang

| début et fin du<br>prélèvement |            | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> |
|--------------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23-mars-01                     | 30-mars-01 |                         |                         |                         |                         |
| 30-mars-01                     | 06-avr-01  | 3,7                     | 10,7                    | 3,8                     | 0,3                     |
| 06-avr-01                      | 13-avr-01  | 3,0                     | 4,8                     | 1,9                     | 0,2                     |
| 13-avr-01                      | 20-avr-01  | 3,1                     | 9,2                     | 1,8                     | 0,4                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 15-juin-01                     | 22-juin-01 | 2,6                     | 10,7                    | 4,7                     | 0,3                     |
| 22-juin-01                     | 29-juin-01 | 3,4                     | 13,3                    | 7,5                     | 0,5                     |
| 29-juin-01                     | 06-juil-01 | 3,4                     | 11,6                    | 8,7                     | 0,5                     |
| 06-juil-01                     | 13-juil-01 | 2,4                     | 11,3                    | 6,4                     | 0,3                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 05-oct-01                      | 12-oct-01  | 3,5                     | 11,5                    | 6,9                     | 0,3                     |
| 12-oct-01                      | 19-oct-01  | 4,6                     | 17,4                    | 12,5                    | 0,9                     |
| 19-oct-01                      | 26-oct-01  | 2,7                     | 10,9                    | 4,8                     | 0,3                     |
| 26-oct-01                      | 02-nov-01  | 3,8                     | 10,7                    | 7,2                     | 0,7                     |
|                                |            |                         |                         |                         |                         |
| 11-janv-02                     | 18-janv-02 | 6,5                     | 16,7                    | 19,4                    | 1,2                     |
| 18-janv-02                     | 25-janv-02 | 3,2                     | 12,6                    | 8,5                     | 0,6                     |
| 25-janv-02                     | 01-févr-02 | 3,8                     | 14,2                    | 8,4                     | 0,7                     |
| 01-févr-02                     | 08-févr-02 | 3,7                     | 15,3                    | 8,7                     | 0,4                     |





## Site de Carry le Rouet

| début et fin du prélèvement |             | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23-mars -01                 | 30-mars -01 | 3,7                     | 10,5                    | 5,6                     | 0,5                     |
| 30-mars -01                 | 06-avr-01   | 3,2                     | 11,3                    | 5,9                     | 0,5                     |
| 06-avr-01                   | 13-avr-01   | 2,5                     | 5,4                     | 5,3                     | 0,2                     |
| 13-avr-01                   | 20-avr-01   | 1,6                     | 5,3                     | 5,4                     | 0,4                     |
| 03-mai-01                   | 11-mai-01   | 3,0                     | 10,3                    | 5,7                     | 0,4                     |
| 11-mai-01                   | 18-mai-01   | 4,2                     | 12,8                    | 6,5                     | 0,5                     |
| 18-mai-01                   | 25-mai-01   | 3,1                     | 9,1                     | 5,0                     | 0,4                     |
| 25-mai-01                   | 01-juin-01  | 4,7                     | 14,1                    | 7,4                     | 0,6                     |
| 01-juin-01                  | 08-juin-01  | 3,8                     | 12,2                    | 6,5                     | 0,5                     |
| 08-juin-01                  | 15-juin-01  | 3,8                     | 12,3                    | 7,0                     | 0,5                     |
| 15-juin-01                  | 22-juin-01  | 3,7                     | 11,1                    | 6,7                     | 0,5                     |
| 22-juin-01                  | 29-juin-01  | 4,3                     | 16,1                    | 7,1                     | 0,6                     |
| 29-juin-01                  | 06-juil-01  | 4,2                     | 15,1                    | 7,0                     | 0,6                     |
| 06-juil-01                  | 13-juil-01  | 3,8                     | 13,2                    | 5,7                     | 0,5                     |
| 13-juil-01                  | 20-juil-01  |                         |                         |                         |                         |
| 20-juil-01                  | 27-juil-01  | 3,4                     | 11,2                    | 5,4                     | 0,5                     |
| 27-juil-01                  | 03-août-01  | 4,5                     | 14,6                    | 7,3                     | 0,6                     |
| 03-août-01                  | 10-août-01  | 2,8                     | 5,7                     | 5,5                     | 0,3                     |
| 10-août-01                  | 17-août-01  | 3,3                     | 11,6                    | 6,4                     | 0,5                     |
| 17-août-01                  | 24-août-01  | 4,1                     | 13,8                    | 6,7                     | 0,6                     |
| 24-août-01                  | 31-août-01  | 4,7                     | 15,9                    | 6,6                     | 0,7                     |
| 31-août-01                  | 07-sept-01  | 4,1                     | 12,3                    | 5,7                     | 0,6                     |
| 07-sept-01                  | 14-sept-01  | 3,7                     | 10,6                    | 5,8                     | 0,3                     |
| 14-sept-01                  | 21-sept-01  | 3,6                     | 10,0                    | 6,2                     | 0,4                     |
| 21-sept-01                  | 28-sept-01  | 3,3                     | 9,7                     | 5,6                     | 0,4                     |
| 28-sept-01                  | 05-oct-01   | 4,1                     | 15,2                    | 5,1                     | 0,6                     |
| 05-oct-01                   | 19-oct-01   | 4,6                     | 10,1                    | 5,8                     | 0,9                     |
| 19-oct-01                   | 26-oct-01   | 4,6                     | 16,6                    | 6,0                     | 0,7                     |
| 26-oct-01                   | 02-nov-01   | 4,7                     | 15,7                    | 7,6                     | 0,7                     |
| 02-nov-01                   | 09-nov-01   |                         |                         |                         |                         |
| 09-nov-01                   | 16-nov-01   | 3,3                     | 15,2                    | 7,4                     | 0,5                     |
| 16-nov-01                   | 23-nov-01   | 5,1                     | 16,7                    | 8,7                     | 0,8                     |
| 23-nov-01                   | 30-nov-01   | 2,7                     | 9,7                     | 6,8                     | 0,4                     |
| 30-nov-01                   | 07-déc-01   | 5,5                     | 17,3                    | 6,9                     | 0,8                     |
| 07-déc-01                   | 15-déc-01   | 6,4                     | 17,4                    | 7,3                     | 1,1                     |
| 15-déc-01                   | 21-déc-01   | 8,8                     | 23,1                    | 13,6                    | 1,6                     |
| 21-déc-01                   | 28-déc-01   | 4,6                     | 17,8                    | 7,7                     | 0,6                     |
| 28-déc-01                   | 04-janv-02  | 4,3                     | 11,0                    | 5,2                     | 0,5                     |
| 04-janv-02                  | 11-janv-02  | 5,7                     | 15,6                    | 6,7                     | 0,8                     |
| 11-janv-02                  | 18-janv-02  | 5,5                     | 18,8                    | 7,1                     | 1,0                     |
| 18-janv-02                  | 25-janv-02  | 4,3                     | 14,5                    | 5,7                     | 0,8                     |
| 25-janv-02                  | 01-févr-02  | 5,1                     | 12,5                    | 6,4                     | 0,8                     |
| 01-févr-02                  | 08-févr-02  | 4,6                     | 11,1                    | 5,7                     | 0,6                     |
| 08-févr-02                  | 15-févr-02  | 3,2                     | 11,7                    | 5,4                     | 0,6                     |
| 15-févr-02                  | 22-févr-02  | 2,4                     | 5,2                     | 4,9                     | 0,3                     |
| 22-févr-02                  | 01-mars -02 | 3,5                     | 12,2                    | 6,5                     | 0,5                     |
| 01-mars -02                 | 08-mars -02 | 4,0                     | 14,3                    | 6,7                     | 0,6                     |
| 08-mars -02                 | 15-mars -02 | 4,3                     | 14,0                    | 6,7                     | 0,5                     |
| 15-mars -02                 | 22-mars -02 | 3,0                     | 14,1                    | 5,9                     | 0,4                     |
| 22-mars -02                 | 29-mars -02 | 3,3                     | 13,0                    | 7,2                     | 0,5                     |
| 29-mars -02                 | 05-avr-02   | 3,8                     | 16,0                    | 7,4                     | 0,8                     |
| 05-avr-02                   | 12-avr-02   | 4,2                     | 15,2                    | 6,9                     | 0,8                     |
| 12-avr-02                   | 19-avr-02   | 2,4                     | 12,2                    | 5,5                     | 0,4                     |