

COMMUNICATIONS

MICROPOLLUANTS DANS LES EAUX PLUVIALES URBAINES : RESULTATS EXPERIMENTAUX A GRADIGNAN (Communauté Urbaine de Bordeaux)

*P. BRIAT — J. BONNEFOIS
Lyonnaise des Eaux — Dumez, Bordeaux*

1. CADRE GENERAL

En 1989-90, la Lyonnaise des Eaux — Dumez de Bordeaux, dans le cadre d'un programme de recherche piloté par l'A.G.H.T.M., a effectué des études fines de caractérisation de la pollution pluviale (bassin de Béquigneaux) [1]. Cette expérimentation a montré que la pollution pluviale était en grande partie (75 à 90 %) fixée sur les MES. Les MES sont composées de particules fines (diamètre moyen de l'ordre de 30 à 40 microns), denses, et assez facilement décantables. Ainsi, la décantation, qu'elle soit naturelle en bassin ou accélérée (décanteurs lamellaires,...) apparaît comme une voie privilégiée de traitement des eaux pluviales pour l'élimination de la pollution organique classique représentée globalement par la DBO ou la DCO. Mais, il y a d'autres formes de pollution plus spécifiques dont il faut tenir compte, à la fois vis-à-vis de l'impact sur le milieu naturel et vis-à-vis de la possibilité de limitation par des traitements.

Il faut d'ailleurs mentionner que l'expérimentation relatée, ici, ne concerne que les rejets à l'exutoire des réseaux, mais que d'autres solutions de réduction de la pollution sont également

à l'étude à Bordeaux, en particulier la limitation à la source par chaudières réservoirs (cf. communication de MM. BALADES, BOURGOGNE, MADIEC) où les micropolluants sont également pris en compte.

L'expérimentation décrite ici concerne :

- les micropolluants métalliques : Cd, Pb, Cr, Zn et Cu qui sont les métaux toxiques les plus usuellement présents. Nous avons, non-seulement étudié l'importance de la pollution liée aux MES, mais les degrés de stabilité de ces métaux directement liés à leur potentiel toxique ;
- les micropolluants organiques : HAP, PCB, ...
- la pollution bactériologique qui est un problème souvent signalé pour les rejets en mer en particulier (Biarritz, Royan,...), à l'origine de déclassement de la qualité des eaux de baignade, allant jusqu'à l'interdiction.

2. SITE ET PROTOCOLE D'EXPERIENCE

2.1. SITE D'EXPERIMENTATION

Nous avons choisi un site d'étude de caractéristiques suivantes :

- un quartier résidentiel urbain ne comportant ni autoroute, ni industrie à proximité.

Le bassin versant, situé sur la commune de Gradignan, au Sud-Est de Bordeaux, a une superficie d'environ 170 ha avec une imperméabilisation de l'ordre de 0,30.

Le réseau d'assainissement est pluvial, avec toutefois des déversements de trop plein d'eaux usées tout à fait ponctuels et passagers ;

- la rivière. Le rejet se fait dans la partie aval de la rivière l'Eau Bourde qui est un petit affluent de la Garonne (superficie du B.V. = 135 km²) de qualité 2 et 1B en amont et 3 en aval, mais avec pour objectif général 1B.

2.2. SYSTEME DE PRELEVEMENT

Le prélèvement s'effectue à l'exutoire du réseau dans l'Eau Bourde sur un égout circulaire de 1,40 m de diamètre. Le système de prélèvement que nous avons construit répond aux critères suivants :

- système entièrement automatique fonctionnant dès l'amorce de la montée de la crue, mais avec alarme à distance pour prévenir de sa mise en route ;

- non-prélèvement pour les toutes petites crues peu significatives (seuil de déclenchement à 10 cm de hauteur d'eau) ;
- à partir du déclenchement sur amorce de crue, prélèvements toutes les 10 min pendant les 90 premières minutes et toutes les 1/2 heures ensuite (durée de chaque prélèvement 1 min, par pompage) ;
- à chaque prélèvement remplissage d'un bidon de 30 litres en polyéthylène et d'un bidon de 20 litres en verre. Le système permet au total 15 prélèvements de deux bidons ;
- mesures et enregistrements de la hauteur d'eau pour calcul du débit (loi hauteur-débit calée sur modèle mathématique) ;
- mesure et enregistrement de la pluie.

Ce système de prélèvement est schématisé ci-dessous (cf. figure 1).

3. MESURES EFFECTUEES ET RESULTATS DE POLLUTION CLASSIQUE

Le tableau 3.1, ci-après, récapitule les mesures effectuées et leurs principaux paramètres globaux classiques.

Les sept crues prélevées correspondent à des pluies moyennes ; aucun événement important (orage d'été) n'a pu être prélevé.

On notera que la pollution est dans les fourchettes habituellement rencontrées pour les pluies n° 1 et 4, mais est faible pour les autres pluies.

4. LES MICROPOLLUANTS METALLIQUES

4.1. GENERALITE ET NATURE DES ANALYSES EFFECTUEES

La pollution métallique est apportée en partie par des précipitations (gaz d'échappement, fumées) mais surtout lors du lessivage des sols pollués en métaux à partir de sources diverses (activités industrielles, véhicules à moteur, chantiers, fondants chimiques, usures des revêtements routiers,...).

L'activité industrielle et la circulation automobile sont les facteurs aggravants principaux mais d'autres facteurs tels que méthode de nettoyage des rues, conditions météorologiques locales interviennent dans la nature et la concentration des métaux rencontrés.

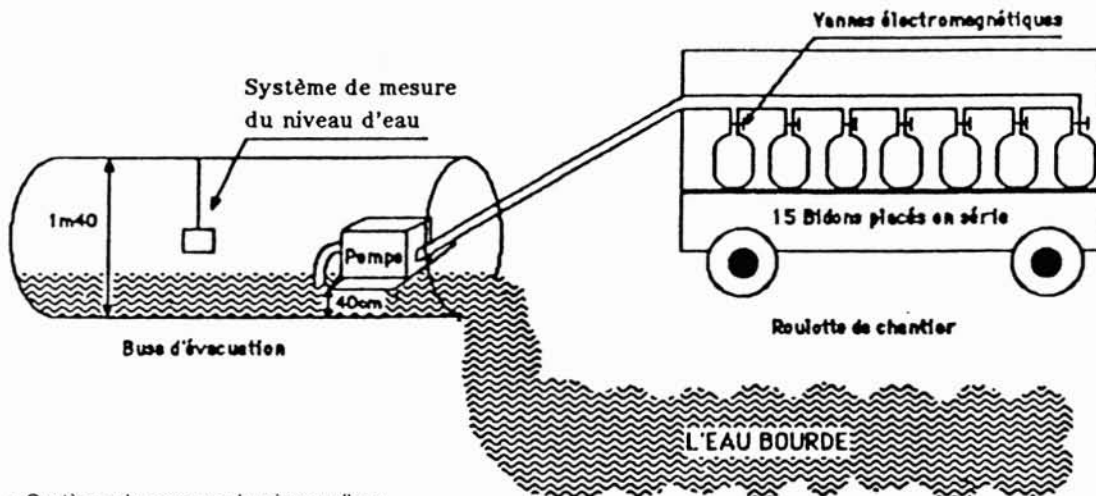


Figure 1 : Système de mesure du niveau d'eau.

Tableau 3.1 : Récapitulation des mesures effectuées et leurs principaux paramètres globaux classiques.

| Date de prélèvements | N° | Hauteur de pluie mm | Nombre de prélèvements | Durée des prélèvements (mn) | Débit l/s | | C. MES mg/l | | C. DB05 mg/l | | C. DCO mg/l | | P H | |
|----------------------|----|---------------------|------------------------|-----------------------------|-----------|-----|-------------|-------|--------------|-------|-------------|-----|-----|-----|
| | | | | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| 23.03.91 | 1 | 6 | 9 | 90 | | | 43 | 10 | 28 | 6,70 | | | | |
| | | | | | | | 336 | 123 | 289 | 7,30 | | | | |
| 24.03.91 | 2 | 6,5 | 10 | 120 | | | 25 | 5 | 11 | 6,80 | | | | |
| | | | | | | | 133 | 17 | 69 | 7,00 | | | | |
| 20.06.91 | 3 | 4 | 11 | 150 | 18 | 9,6 | 48,6 | 22,8 | 6 | 4 | 6,55 | | | |
| | | | | | 83 | 31 | | | 8,6 | 35,4 | 6,75 | | | |
| | | | | | | | | | 11 | 42 | | | | |
| 30.03.92 | 4 | 13,8 | 9 | 90 | 55 | 73 | 96,8 | 128,8 | 10 | 51 | 7,10 | | | |
| | | | | | 192 | 276 | | | 22 | 81,75 | 7,70 | | | |
| | | | | | | | | | 70 | 161 | | | | |
| 08.04.92 | 5 | 6,6 | 10 | 120 | 26 | 9 | 46,5 | 22,3 | 2 | 16 | 6,95 | | | |
| | | | | | 81 | 50 | | | 2,75 | 26,4 | 7,10 | | | |
| | | | | | | | | | 4 | 40 | | | | |
| 15.04.92 | 6 | 11,6 | 14 | 240 | 26 | 6 | 69 | 36 | 3 | 14 | 6,80 | | | |
| | | | | | 121 | 95 | | | 8,9 | 50,9 | 7,10 | | | |
| | | | | | | | | | 46 | 175 | | | | |
| 22.09.92 | 7 | 7 | 12 | 180 | 18 | 18 | 41 | 46,2 | 54 | 40 | 6,60 | | | |
| | | | | | 72 | 175 | | | 13,2 | 67,8 | 6,80 | | | |
| | | | | | | | | | 52 | 193 | | | | |

La toxicité des métaux lourds dépend de leur forme physico-chimique. Celle-ci est maximale lorsqu'ils sont sous forme libre ou hydratée ; on parle alors de biodisponibilité, notion à partir de laquelle ont été établis les différents schémas de spéciation étudiés.

Ceux-ci sont différents pour la phase particulaire et la phase dissoute. La spéciation constitue la plus grosse partie du travail d'analyses sur les métaux ; elle est indispensable pour évaluer leur potentiel toxique et les teneurs totales en métaux.

On trouvera en annexe 1 les concentrations totales pour divers métaux mesurés sur divers sites urbains (sans répartition dissous / particulaire ou spéciations). On voit que celles-ci se répartissent sur une très large fourchette.

4.2. SCHEMAS MIS EN OEUVRE POUR LA SPECIATION DES METAUX

La spéciation consiste à déterminer les différentes formes physico-chimiques d'un métal dans son milieu : cation métallique hydraté, complexe organo-métallique, complexe minéral. La spéciation prend en compte deux autres notions complémentaires : la stabilité et la labilité.

L'équation d'équilibre entre un cation métallique (M), un ligand (L) et le complexe ainsi formé s'écrit :

$$K_f (M) (L) = K_d (ML) \quad (1)$$

Un complexe labile se traduit par un Kd élevé ; ceci exprime la facilité avec laquelle il va se dissocier suite à une perturbation (variations de pH,...).

(1) s'écrit aussi :

$$(M) (L) = \frac{K_d}{K_f} (ML) = K (ML)$$

Plus K est faible plus le complexe est stable (il peut arriver qu'un complexe stable soit labile lorsqu'il est soumis à une perturbation).

4.2.1. Spéciation en phase particulaire

Le schéma mis en œuvre par le Laboratoire de Chimie Analytique de l'Université de Pau, associé à cette étude sur les métaux, s'apparente à celui de Morisson et Revitt et permet de déterminer trois fractions :

— P1 = fraction échangeable. On regroupe, ici, les métaux absorbés ou fixés sur les argiles, sur la matière organique et les oxydes de fer et de manganèse. C'est la fraction considérée comme la plus biodisponible et biotoxique.

L'échangeur utilisé est l'eau Mg++ qui se trouve en quantité importante dans le milieu naturel ;

— P2 = fraction des métaux liés aux carbonates, hydroxydes de fer et de manganèse. Cette fraction est plus stable, mais des variations externes, par exemple diminution de pH sur les carbonates, peut provoquer des dissolutions ou relargages toxiques ;

— P3 = fraction des métaux liés à certaines formes de matière organique ou résiduelle. La biodisponibilité associée est considérée comme faible ou nulle.

4.2.2. Spéciation de la phase dissoute

On distingue également trois fractions F1, F2 et F3 correspondant aux fractions P1, P2 et P3 vues ci-dessus.

Ces résultats ne seront toutefois fournis que pour le métal total et le métal libre labile F1 potentiellement toxique.

4.3. RESULTATS EXPERIMENTAUX A GRADIGNAN

Les métaux Cd, Pb, Zn, Cu et Cr ont été trouvés à Gradignan et analysés sur sept pluies.

Les échantillons de chaque pluie (9 à 14 selon les cas) ont été analysés selon la spéciation effectuée selon la répartition ci-dessus. Dans les résultats globaux par métal et par pluie, les

GRADIGNAN

concentrations moyennes sont fournies (à l'exception des pluies n° 1 et 2 pour lesquelles on ne dispose que de la moyenne des concentrations, car le débit n'a pas été mesuré).

4.3.1. Le cadmium

4.3.1.1. Généralités

Le cadmium peut être très toxique pour l'homme, car il ne s'élimine pratiquement pas dans l'organisme : lésions rénales et pulmonaires, douleurs articulaires, problèmes neurologiques.

Le cadmium constitue par ailleurs un problème dans l'estuaire de la Gironde suite à des rejets industriels en amont.

4.3.1.2. Résultats expérimentaux à Gradignan (cf. tableau 4.312.1)

Des résultats plus détaillés, prélèvement par prélèvement, sont fournis en annexes 2 et 3 : répartition particulaire / dissous, spéciation (fractions P1, P2 et P3) de la phase particulaire.

4.3.1.3. Commentaires sur les résultats

Le cadmium est à la fois présent dans la phase particulaire et dissoute. Dans la phase particulaire, il se situe dans la fraction échangeable P1 donc, très biodisponible avec des possibilités de relargage en phase dissoute. Ce risque de relargage est également à prendre en compte dans les dispositifs de traitement. En phase dissoute, les concentrations de 0,35 à 1,1 µg/l sont en dessous du seuil de 5 µg/l défini pour les Eaux de consommation. La teneur en cadmium sur les MES varie de 2 à 20 mg par kg de MES ; on peut donc se trouver à la limite de la valeur de référence (20 mg/kg) pour l'épandage agricole des boues.

Le cadmium apparaît donc comme un métal relativement dangereux, d'autant plus que les concentrations mesurées à Gradignan sont parmi les plus basses de celles indiquées dans la bibliographie française ou étrangère (cf. annexe 1).

4.3.2. Le plomb

4.3.2.1. Généralités

Il n'y a pas d'augmentation de la concentration en plomb au cours de la chaîne alimentaire. La forme organique tétravalente est plus toxique que la forme divalente inorganique. Le saturnisme provoqué par le plomb se traduit par des troubles diges-

tifs suivis de problèmes neurologiques. Dans l'environnement le plomb est fortement absorbé par les sédiments, sa disponibilité étant ainsi réduite ; le fait que la plupart de ses sels soient peu solubles induit le même effet.

La principale source de plomb dans le ruissellement urbain semble liée aux carburants automobiles.

4.3.2.2. Résultats expérimentaux à Gradignan (cf. tableau 4.322.1)

4.3.2.3. Commentaires sur les résultats

Le plomb est surtout présent sous forme particulaire (68 % à 95 %) et ceci, d'autant plus que la concentration en MES est élevée. La répartition entre les trois fractions P1, P2 et P3 est variable (la fraction stable varie de 30 % à 85 %) et semble dépendre de la nature des matières organiques présentes.

En phase dissoute, la teneur moyenne de 3 à 6 µg/l est très inférieure au seuil de 50 µg/l pour l'alimentation en eau potable.

Sur les matières en suspension, la concentration de 350 à 1 100 mg/kg est élevée, dépassant parfois ainsi la valeur de référence de 800 mg/kg pour l'épandage agricole des boues (norme NFU 44-041).

Les concentrations totales mesurées à Gradignan se situent dans la tranche basse des valeurs indiquées dans la bibliographie (cf. annexe 1).

4.3.3. Le zinc

4.3.3.1. Généralités

A l'état dissous, le zinc est peu toxique et rares sont les cas d'intoxications aiguës ou chroniques décrits.

Le zinc intervient dans les toitures métalliques, les glissières de sécurité, le mobilier urbain, ...

4.3.3.2. Résultats expérimentaux à Gradignan (cf. tableau 4.332.1)

4.3.3.3. Commentaires sur les résultats

Les teneurs en zinc sont relativement élevées, tout en restant dans la partie basse des valeurs indiquées dans la bibliographie.

Lorsque la teneur en MES est normale ou élevée (> 100 mg/l), le zinc domine dans la phase particulaire ; dans celle-ci, il présente une répartition à peu près égale entre les trois fractions P1, P2 et P3.

Tableau 4.312.1 : Résultats expérimentaux à Gradignan.

| PLUIE | | TOTAL PARTICUL. + DISSOUS µ gr/l | PARTICULAIRE | | | | | | DISSOUS | | | |
|----------|----|-------------------------------------|--------------|--------|------------------|--------------|-------------|----|------------|----------|-------------|----|
| Date | n° | | % du TOTAL | µ gr/l | Mg par kg de MES | Répartition | | | % du TOTAL | µ gr/l | Répartition | |
| | | | | | % Echang P1 | % interm. P2 | % stable P3 | | | % labile | % stable | |
| 23.03.91 | 1 | 1,47 | 55 | 0,81 | 5,1 | 63 | 17 | 20 | 45 | 0,66 | 51 | 49 |
| 24.03.91 | 2 | 1,04 | 66 | 0,69 | 6,4 | 57 | 25 | 18 | 34 | 0,35 | 89 | 11 |
| 20.06.91 | 3 | 1,43 | 30 | 0,43 | 19 | 43 | 6 | 51 | 70 | 1 | 30 | 70 |
| 30.03.92 | 4 | 1,34 | 20 | 0,27 | 2,1 | 70 | 28 | 2 | 80 | 1,07 | 14 | 86 |
| 08.04.92 | 5 | 0,44 | 10 | 0,04 | 1,9 | 54 | 20 | 26 | 90 | 0,4 | 37 | 63 |
| 15.04.92 | 6 | 0,56 | 23 | 0,13 | 3,7 | 74 | 4 | 22 | 77 | 0,42 | 13 | 87 |
| 22.09.92 | 7 | Résultats pas encore disponibles | | | | | | | | | | |

Tableau 4.322.1 : Résultats expérimentaux à Gradignan.

| PLUIE | | TOTAL PARTICUL. + DISSOUS μ gr/l | PARTICULAIRE | | | | | | DISSOUS | | | |
|----------|----|-------------------------------------|--------------|--------|------------------|--------------|-------------|----|------------|----------|--------------|----|
| Date | n° | | % du TOTAL | μ gr/l | Mg par kg de MES | Répartition | | | % du TOTAL | μ gr/l | Répartition | |
| | | | | | % échang P1 | % interm. P2 | % stable P3 | | | % labile | % stable | |
| 23.03.91 | 1 | 111 | 95 | 105 | 900 | 38 | 25 | 37 | 5 | 6 | 21 | 79 |
| 24.03.91 | 2 | 76,2 | 95 | 73 | 850 | 42 | 30 | 28 | 5 | 3,2 | 21 | 79 |
| 20.06.91 | 3 | 30,6 | 82 | 25,3 | 1111 | 38 | 31 | 31 | 18 | 5,3 | 8 | 92 |
| 30.03.92 | 4 | 79,4 | 96 | 76 | 590 | 15 | 1 | 84 | 4 | 3,3 | non effectué | |
| 08.04.92 | 5 | 15,8 | 80 | 12,6 | 567 | 15 | 14 | 71 | 20 | 3,2 | non effectué | |
| 15.04.92 | 6 | 8,7 | 68 | 12,8 | 357 | 36 | 24 | 40 | 32 | 5,9 | non effectué | |
| 22.09.92 | 7 | Résultats pas encore disponibles | | | | | | | | | | |

Tableau 4.332.1 : Résultats expérimentaux à Gradignan.

| PLUIE | | TOTAL PARTICUL. + DISSOUS μ gr/l | PARTICULAIRE | | | | | | DISSOUS | | | |
|----------|----|-------------------------------------|--------------|--------|------------------|--------------|-------------|----|------------|----------|-------------|----|
| Date | n° | | % du TOTAL | μ gr/l | Mg par kg de MES | Répartition | | | % du TOTAL | μ gr/l | Répartition | |
| | | | | | % échang P1 | % interm. P2 | % stable P3 | | | % labile | % stable | |
| 23.03.91 | 1 | 369 | 76 | 281 | 2210 | 20 | 41 | 39 | 24 | 88 | 40 | 60 |
| 24.03.91 | 2 | 198 | 78 | 156 | 1880 | 28 | 37 | 35 | 22 | 42 | 78 | 22 |
| 20.06.91 | 3 | 147,8 | 42 | 62,4 | 2740 | 37 | 34 | 29 | 58 | 85,4 | 66 | 34 |
| 30.03.92 | 4 | 238,1 | 63 | 151,2 | 1173 | 25 | 64 | 11 | 37 | 87 | 10 | 90 |
| 08.04.92 | 5 | 95,7 | 30 | 30 | 4283 | 22 | 46 | 32 | 70 | 66,7 | 26 | 74 |
| 15.04.92 | 6 | 135 | 53 | 71,7 | 3776 | 23 | 63 | 14 | 47 | 63,3 | 58 | 42 |
| 22.09.92 | 7 | Résultats pas encore disponibles | | | | | | | | | | |

Les concentrations en phase dissoute, et même totales, restent inférieures au seuil de 500 μg/l fixé par les normes sur la qualité des eaux de consommation.

En phase particulaire, la teneur de 1,8 à 3,8 g par kg de MES dépasse rarement, ici, la valeur de référence de 3 g/kg pour l'épandage agricole des boues (norme NFU 44-041).

4.3.4. Le cuivre

4.3.4.1. Généralités

Le cuivre est utilisé comme insecticide ou fongicide pour certaines cultures (vignes,...). Les concentrations mesurées à Gradignan sont élevées et on n'a pas, pour ce site urbain, une explication claire de sa provenance.

C'est l'entité cation libre ou hydraté qui est la plus nocive ; les complexes organiques sont très stables et peu agressifs vis à vis du biotope.

4.3.4.2. Résultats expérimentaux à Gradignan (cf. tableau 4.342.1)

4.3.4.3. Commentaires et résultats

Le cuivre apparaît surtout dans la phase particulaire (57 % à 87 %) et dans celle où la forme stable et peu toxique domine.

Les concentrations dans la phase dissoute (5 à 14 μg/l) sont nettement inférieures aux normes sur la qualité des eaux de consommation (50 μg/l) et donc peu inquiétantes.

La teneur par rapport aux MES (280 à 700 mg par kg de MES) est inférieure au seuil pour l'épandage agricole des boues (1 000 mg par kg).

4.3.5. Le chrome

4.3.5.1. Généralités

Les composés du chrome (III) n'ont pas de toxicité bien établie ; par contre ceux du chrome (VI) sont responsables d'intoxications aiguës ou chroniques.

4.3.5.2. Résultats expérimentaux à Gradignan

Le chrome est uniquement présent dans les matières en suspension sous la forme (III) et essentiellement dans la fraction P3 stable, donc peu dangereuse pour le biotope.

Pour les 3 premières pluies de 1991 la teneur en chrome, en phase particulaire, se situe entre 75 et 200 mg par kg de MES, ce qui est assez faible.

Tableau 4.342.1 : Résultats expérimentaux à Gradignan.

| PLUIE | | TOTAL PARTICUL. + DISSOUS | PARTICULAIRE | | | | | | DISSOUS | | | |
|----------|----|----------------------------------|--------------|--------|------------------|-------------|--------------|-------------|------------|--------|--------------|----------|
| Date | n° | µ gr/l | % du TOTAL | µ gr/l | Mg par kg de MES | Répartition | | | % du TOTAL | µ gr/l | Répartition | |
| | | | | | | % échang P1 | % interm. P2 | % stable P3 | | | % labile | % stable |
| 23.03.91 | 1 | 87 | 87 | 76 | 550 | 12 | 18 | 70 | 13 | 11 | non effectué | |
| 24.03.91 | 2 | 36,5 | 85 | 31 | 390 | 14 | 18 | 68 | 15 | 5,5 | non effectué | |
| 20.06.91 | 3 | 26 | 72 | 18,7 | 822 | 15 | 19 | 66 | 28 | 7,3 | non effectué | |
| 30.03.92 | 4 | 51 | 72 | 37 | 288 | 3 | 4 | 93 | 28 | 13,9 | non effectué | |
| 08.04.92 | 5 | 11,7 | 54 | 6,4 | 287 | 16 | 3 | 81 | 46 | 5,3 | non effectué | |
| 15.04.92 | 6 | 32,8 | 72 | 23,6 | 660 | 6 | 4 | 90 | 28 | 9,2 | non effectué | |
| 22.09.92 | 7 | Résultats pas encore disponibles | | | | | | | | | | |

4.4. CONCLUSIONS SUR LES MICROPOLLUANTS METALLIQUES

Le potentiel toxique des eaux de ruissellement pluvial en fonction de leur échangeabilité et labilité peut être classé ainsi par ordre décroissant :

Par rapport :

— à la phase particulaire : — à la phase dissoute :

| | |
|------------|---------|
| Cadmium | Cadmium |
| Plomb | Zinc |
| Zinc | Plomb |
| Cuivre | Cuivre |
| Chrome III | |

Aucun métal ne semble présenter de concentration dangereuse en phase dissoute.

Le cadmium, le plomb et le zinc récupérés dans les boues de traitement peuvent poser un problème de destination de ces boues vis-à-vis de l'épandage agricole ou autre.

Le cadmium est le métal qui présente le plus fort danger, car il est surtout présent sous forme échangeable ou labile et donc très toxique, même si les concentrations mesurées sur ce site plutôt résidentiel de Gradignan restent modérées.

Le traitement des eaux par élimination d'une grande partie des MES, semble pouvoir réduire de façon importante la charge totale de métaux apportés au milieu naturel, d'abord pour le plomb, mais aussi pour le zinc, le cadmium et le cuivre.

Le processus de traitement vis-à-vis des métaux mérite de plus amples études : échanges eaux — sédiments, études plus fines selon la granulométrie des MES,...

Par ailleurs, il faut se garder d'extrapoler brutalement les valeurs mesurées à Gradignan à d'autres sites ; compte tenu du caractère résidentiel de ce bassin versant, nous pensons que les valeurs trouvées se situent dans la tranche basse, ce qui est d'ailleurs confirmé par la bibliographie. Une expérimentation complémentaire sur un site plus pollué serait utile.

5. LES MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

Le but de l'étude est de déterminer la répartition entre le particulaire et le dissous, l'ordre de grandeur des concentrations et leur variation au cours du temps. Les micropolluants étudiés sont les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les PCB et organochlorés et les triazines.

Les prélèvements et analyses ont été effectués à Gradignan pour les 4 pluies de 1992 (n° 4, 5, 6 et 7 du tableau 3.1).

5.1. LES HAP

5.1.1. Principales caractéristiques (bibliographie)

Ils comportent 3 à 6 noyaux biphényles et six formes sont prises en compte (fluoranthène, benzo-(B)-fluoranthène = BBF, benzo-(K)-fluoranthène = BKF, benzo-(A)-pyrène = BAP, indénopyrène = INPY, benzo-pérylène = BPER). Ce sont ceux retenus par l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) parmi les seize formes de HAP reconnus comme polluants prioritaires (propriétés cancérigènes ou mutagènes).

Ces HAP proviennent de deux sources majeures :

— origine pétrolière (formation naturelle du pétrole) ;

— origine pyrolytique par combustion incomplète à haute température. Selon BOMBOI [16], 40 % à 83 % des HAP auraient cette origine. Comme source d'HAP, on peut recenser les industries pétrolières, l'incinération, mais surtout les gaz d'échappement automobiles (HERRMAN 1990 [19]).

Dans les eaux de ruissellement, le fluoranthène serait prédominant (BOMBOI [16], MARSALEK [11]).

Les HAP sont principalement (de 79 % à 93 %) liés aux suspensions [19], [21] et leur biodégradation dans les sédiments est lente. Selon MARSALEK, les HAP seraient fixés sur des particules particulièrement fines (inférieures à 13 microns) ce qui laisse penser que leur élimination par simple décantation est plutôt inefficace (ceci est à vérifier).

L'O.M.S. définit des normes pour les six composés listés ci-dessus. Les eaux de ruissellement dépassent le plus souvent les seuils prescrits, sans toutefois atteindre les doses létales.

5.1.2. Résultats expérimentaux à Gradignan

Dans l'eau de pluie, on n'a détecté aucune teneur de HAP, ce qui confirme la part minoritaire des retombées atmosphériques.

Dans le liquide filtré des eaux de ruissellement, les concentrations d'HAP sont pour la majorité inférieures aux seuils de détection.

Les HAP sont essentiellement sous forme particulaire, les concentrations mesurées (fourchettes et concentration moyenne) y sont indiquées dans le tableau 5.12.1 (concentrations en nanogrammes/l).

Pour les deux premières pluies, le fluoranthène domine, conformément aux indications bibliographiques.

Tableau 5.12.1 : Concentrations mesurées en HAP.

| | Pluie N° | Fluor. | b(b)F | b(K)F | b(a)p | Inpy | b per | Somme des six |
|---------|-------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|----------------|--------------|------------------|
| MESURES | 5 | 43-123 80 | 15-29 27 | 9-25 16 | 4-26 13 | 7-78 24 | 11-62 25 | 185 |
| | 6 | 707-2965 670 | 60-423 137 | 134-138 38 | 34-172 56 | 52-100 88 | 52-242 84 | 484-3879 1073 |
| | 7 | 560-704 139 | 490-32 75 | 134-17 26 | 177-43 73 | 750-100 236 | 47-356 74 | 458-2467 623 |
| NORMES | Eau brute | | | | | | | 1000 |
| | Eau potable | | | | | 10 | | 200 |

Curieusement, pour la troisième pluie l'indénopyrène est prépondérant.

Les concentrations mesurées à Gradignan, même si elles restent dans le même ordre de grandeur, sont inférieures à celles indiquées par BOMBOI pour Madrid [14], [15], [16] où les moyennes sur 90 sont :

Fluoranthène : 1 000 ng/l
BKF : 1 100 ng/l
BAP : 40 ng/l
INPY : 500 ng/l
BPER : 200 ng/l

Elles restent dans la fourchette des valeurs établies pour l'ex.RFA [13] (200 ng/l à 3000 ng/l pour la somme des HAP).

Les concentrations sont élevées vis-à-vis des normes pour l'eau potable, d'autant plus que le site de Gradignan est plutôt résidentiel. La possibilité d'abaisser ces taux par décantation reste à étudier.

Les concentrations mesurées sur des dépôts de MES (pluie n° 7) varient entre 2,5 à 3,7 mg de HAP par kg de MES (pour la somme des six HAP du tableau précédent) ; mais, nous n'avons pas de référence pour savoir ce que cela représente au point de vue potentiel toxique.

5.2. LES POLYCLHOROBIENYLES (PCB)

Ce sont des hydrocarbures cycliques chlorés employés dans les peintures, encres, plastifiants, lubrifiants et, jusqu'à une date récente, comme fluides caloporteurs (transformateurs,...).

Dans les eaux de ruissellement, ils peuvent provenir de retombées atmosphériques ou, parfois, d'huiles contaminées au pyralène.

Les PCB sont très peu biodégradables ; ils sont bioconcentrés le long des chaînes alimentaires.

Les PCB sont mortels pour de nombreuses espèces aquatiques à des concentrations inférieures au µg/l ; sur l'homme, il n'y a pas de toxicité immédiate, mais les PCB pourraient être des agents cancérogènes.

A Créteil, GRANIER [18] a trouvé dans les eaux de ruissellement des concentrations variant entre 130 et 600 ng/l, dépassant parfois le seuil de 500 ng/l pour les eaux de boisson.

D'après MARSALEK, les PCB sont essentiellement fixés sur les particules (90 à 93 %).

A Gradignan, aucun PCB n'a été détecté ni dans les sédiments, ni dans l'effluent brut ou filtré.

5.3. LES TRIAZINES

Les triazines comportent trois groupes. L'atrazine et la simazine sont des herbicides (1er groupe) les plus fréquemment rencontrés parmi les triazines.

Les triazines sont peu dangereuses pour l'homme, mais ont des effets toxiques sur les algues, les microorganismes et les poissons.

A Gradignan, les concentrations en simazine sont assez peu élevées : 1 à 6 mg/l, alors que la norme pour l'eau potable est de 17 mg/l.

L'atrazine, avec des concentrations moyennes variant entre 3 et 17 mg/l, dépasse largement la norme pour l'eau potable de 2 mg/l. Toutefois, la saison de ces pluies paraît plus propice aux traitements par herbicides.

Ces herbicides sont essentiellement sous forme dissoute et donc, ne sont pas éliminables par décantation.

6. LA BACTERIOLOGIE

La pollution d'origine bactériologique des eaux de ruissellement est non-négligeable. Celle-ci provient essentiellement des déchets d'origine fécale, où dominent des streptocoques fécaux FS par rapport aux coliformes fécaux FC (FC/FS < 0,7 alors que pour les eaux usées domestiques FC/FS > 4 selon l'E.P.A.).

La concentration moyenne en bactéries (en nombre de bactéries par 100 ml) est donnée par le tableau 6.1.

La pollution bactérienne est très supérieure aux valeurs limites établies pour la baignade ou la production d'eau potable (dans un facteur de 50 à 200). Cependant le nombre de coliformes fécaux montre que ces eaux ont été contaminées par des eaux usées (surverses passagères et temporaires).

CONCLUSIONS

Les micropolluants métalliques ou organiques des eaux de ruissellement urbain constituent un potentiel élevé de pollution toxique. Cette pollution peut, dans certains cas, avoir des conséquences presque immédiates, lors des déversements dans un milieu naturel sensible, avec risque de dépassement des normes de qualité de l'eau brute pour l'alimentation en eau (Cd, Pb, HAP,...).

Tableau 6.1 : Concentration moyenne en bactéries.

| Pluie n° | Bactéries revivifiables à 37°C | Bactéries revivifiables à 22°C | Bactéries Coliformes | Coliformes fécaux | Escherichia coli | Streptocoques fécaux |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 4 | 82 500 | > 300 000 | 522 000 | 142 000 | 106 000 | 54 200 |
| 5 | 228 000 | 750 000 | 237 000 | 89 400 | 89 000 | 310 000 |
| 6 | - | 2 160 000 | 2 700 000 | 1 600 000 | 920 000 | 218 000 |
| Directives Européennes Product. AEP | | | | < 50 000 | 20 000 | 10 000 |
| Baignades | | | | < 10 000 | 2 000 | 100 |

Les micropolluants représentent également un danger plus insidieux et moins visible d'effets à plus long terme : concentration dans les sédiments et possibilités de relargage, bioaccumulation et toxicité pour la faune aquatique. Cependant leur impact reste difficile à évaluer, d'autant plus qu'il faut englober les micropolluants des autres rejets, industriels en particulier, dont la charge vient se superposer.

Face à ces nuisances, plusieurs axes de limitation des charges rejetées sont envisageables :

— réduction dès l'émission. Les possibilités dépassent souvent le cadre de l'aménagement urbain : nature des carburants, réduction des gaz d'échappement, réduction de la pollution atmosphérique industrielle,...

— réduction au niveau des chaussées : gestion et techniques de nettoyage des rues, chaussées poreuses,...

— traitement aux exutoires des bassins versants. Beaucoup de micropolluants (Pb, Cu, HAP et, à un moindre degré, Cd et Zn) étant fixés majoritairement sur les particules en suspension, on peut espérer pouvoir en éliminer une bonne partie par décantation. Mais, des investigations complémentaires sont nécessaires pour évaluer certains phénomènes pouvant fortement limiter le rendement des traitements : relargage des métaux, attachement des micropolluants (HAP, ...) à des particules extrêmement fines (inférieures à 20 microns) et donc très difficilement décantables.

Les boues de décantation issues du traitement poseront aussi des problèmes de destination, vu leur charge élevée en métaux lourds pouvant dépasser les normes de l'épandage agricole ou la mise en décharge classique.

La pollution bactériologique peut, dans certaines situations, se présenter comme la nuisance principale induite par la pollution du ruissellement urbain. Il s'agit en particulier des déversements à proximité de lieux de baignades ; dans ce cas, une stricte surveillance s'impose vu les concentrations bactériennes très élevées de ces eaux. Il faudra souvent prendre des dispositions préventives pour assurer la permanence de la qualité des eaux de baignades (traitement des eaux, limitation des rejets, ...).

REMERCIEMENTS

Nous remercions les organismes ou personnes ayant contribué à cette étude et, en particulier, M. CASTETBON et Melles LEVY, LARA du Laboratoire de Chimie Analytique de l'Université de

Pau, Melle PULEGGI de l'INSA de Toulouse, M. SALINERES de l'Institut Européen de l'Environnement de Bordeaux.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CHEBBO G., BONNEFOIS J., BRIAT P., BACHOC A. — Caractérisation des solides transférés dans le bassin de retenue de Béquigneaux. Etude financée par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, rapport n° 402, octobre 1990.
- [2] ELLIS J.B., REVITT — Incidence of heavy metals in street surface sediments, solubility and grain sizes studies. *Water Air Soil Pollution*, n° 17, 1982, pp. 87-100.
- [3] HAMILTON R.S., REVITT D.M., WARREN R.S. — Levels and physicochemical associations of Cd, CU, Pb and Zn in road sediments. *The Science of the Total Environment*, vol. 33, 1984, pp. 59-74.
- [4] HEWITT C.N., RASHED M.B. 1988 — Heavy metals in motorway runoff waters. *Heavy Metal hydrological Cycle*. Edited by Astruc, Lester, Selper, Ltd London U.K., pp. 645-650.
- [5] LARA M.-B., LEVY V. — Spéciation des métaux lourds dans les eaux de ruissellement en zone urbaine à Gradignan. Université de Pau / Lyonnaise des Eaux — Dumez, décembre 1992.
- [6] MARSALEK J. — Evaluation of pollutants load from urban non point sources. Congrès de Wageningen, 1990.
- [7] MORISSON G.M.P., REVITT D.M., ELLIS J.B. — Variation of dissolved and suspended heavy metals through an urban hydrograph. *Environmental Technology letters*, vol. 7, 1984, pp. 313-318.
- [8] MORISSON G.M.P., REVITT D.M. — Metal speciation variations within separate stormwater systems. *Science and Technology letters*, vol. 8, 1987, pp. 373-380.
- [9] MORRISON G.M.P., REVITT D.M., ELLIS J.B. — Metal speciation in separate stormwater systems. Congrès de Wageningen, 1990.
- [10] MOUCHEL J.M., FLORES J.R., GUICHARD M.A., THEVENOT D. — Devenir possible des métaux dans les eaux réceptrices des solides des rejets urbains et des métaux qu'ils apportent. Congrès A.G.H.T.M., Annecy, avril 1991.
- [11] Association RESEAU d'Ile-de-France — Etude de spéciation chimique des métaux lourds dans les eaux pluviales : toxicité et traitabilité. Décembre 1988.
- [12] THEVENOT D. — Pollution des eaux pluviales urbaines : origine, niveaux et mobilité des polluants. Formation continue de l'Association de l'E.N.P.C., octobre 1992.

- [13] XANTHOPOULOS C., HAHN H. — Sources of pollution of stormwater runoff from urban areas. Colloque Novatech, Lyon, 1992.
- [14] BOMBOI M.T., HERNANDEZ A., MARINO F., HONDORIA E. — Distribution of hydrocarbon concentrations from urban runoff. *The Science of the Total Environment*, vol. 93(a), 1990, pp. 465-480.
- [15] BOMBOI M.T., HERNANDEZ A., MARINO F., HONDORIA E. — Application of multivariate analysis for characterization of organic compounds from urban runoff. *The Science of the total Environment*, vol. 93(b), 1990, pp. 523-536.
- [16] BOMBOI M.T., HERNANDEZ A. — Hydrocarbons in urban runoff : their contribution to the wastewaters. *Water Res.*, vol. 25, 1991 — n° 5, pp. 557-565.
- [17] CHEVREUIL M. — Comportement des polychlorobiphényles (PCB) en milieu continental :étude du bassin versant de la Seine. Thèse de doctorat de l'Université Paris VI, 1989, 201 pages.
- [18] GRANIER L. — Apports Atmosphériques en organochlorés à l'hydrosphère. Thèse de doctorat de l'Université Paris VI, 1991, 160 pages.
- [19] HERRMAN R., KARI F.G. — Grain size dependant transport of nonpolar organic trace pollutants (PAH, PCB) by suspended sediments during urban storm runoff. *Proceedings of the 5th International Conference on Urban Storm Drainage*, Osaka, 1990, pp. 499-503.
- [20] MARSALEK J. — Toxic contaminants in urban runoff : a case of study. In « *Urban Runoff Pollution* », edited by Torno H.C., Marsalek J. and Desbordes, M. Nato ASI Series, vol. 10, 1986, Springer Verlag, pp. 39-57.
- [21] MARSALEK J. — PAH transport by urban runoff from and industrial city. *Proceedings of the 5th International Conference on Urban Storm Drainage*, Osaka, 1990, pp. 481-486.
- [22] MARSALEK J. 1991 — Pollutant loads in urban stormwater : review of methods for planning levels estimates. *Water Res. Bull.*, vol. 25, 1991 — n° 2, pp. 283-291.
- [23] MONTIEL 1989 — Etude bibliographique sur les triazines dans les eaux : origine, dosage et moyen de traitement. Document de l'Office International de l'Eau, Limoges, 1989, 273 pages.
- [24] PHILIPPE J.P., RANCHET J. — Pollution des eaux de ruissellement pluvial en zone urbaine : synthèse des mesures des dix bassins versants en région parisienne. Rapport de Recherche du Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées, 1987, n° 142, 76 pages.
- [25] PULLEGGI G. — Etude des micropolluants organiques dans les eaux de ruissellement en zone urbaine à Gradignan. Rapport interne Lyonnaise des Eaux — Dumez, Bordeaux, septembre 1992.
- [26] SOCLO H., 1986 — Etude de la distribution des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les sédiments récents : identification des sources. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux I, 1986, n° 50, 80 pages.

ANNEXE 1

Concentration moyennes en métaux lourds (ppb) des eaux de ruissellement, en France (après acidification et filtration).

| Référence (date) | Nom du Bassin | Pb | Zn | Cd | Cu | Ni | Cr | Hg |
|------------------|---------------|------|------|----|-----|----|-----|----|
| S.T.U., 1985 | Maurepas | 436 | 959 | 50 | 75 | 65 | 21 | 22 |
| | Les Ulis | 731 | 1920 | 18 | 61 | 47 | 106 | 17 |
| | Aix Zup | 835 | 908 | 5 | | 68 | 31 | 11 |
| DDE-93, 1984 | Aix Nord | 1125 | 1312 | 7 | | 59 | 86 | 14 |
| | Centre | 400 | 562 | 7 | | | | |
| | Malnoue | 206 | 599 | 6 | | | | |
| | Ullis-sud | 1400 | | 16 | | | | |
| | Vélizy-ouest | 1400 | | | | | | |
| | Orly | 40 | | | | | | |
| | Vélizy-Centre | 220 | | 3 | | | | |
| Astruc, 1979 | St-Quentin | 140 | | | | | | |
| | Combles | 1200 | | 30 | | | | |
| | Pau (1) | 160 | 340 | | 140 | | | |
| | Pau (2) | 380 | 2000 | | 140 | | | |

(1) zone résidentielle - (2) Centre ville.

Concentrations moyennes en RFA, d'après Xanthopoulos et Hahn (1992) [13] :

| | Pb | Cd | Zn | Cu | Ni |
|----------------------------------|---------|---------|---------|--------|----|
| Réseaux Séparatifs (μ gr/l) | 163-304 | 2,8-6,1 | 320-440 | 58-136 | 35 |
| Réseaux Unitaires (μ gr/l) | 1000 | - | 2500 | | |

Concentrations en métaux lourds (ppb) des eaux de ruissellement, à l'étranger.

| Référence (date) | Pays | Bassin | Pb | Zn | Cd | Cu | Ni | Cr | Nature de la zone | |
|------------------|-------|-------------------|------|------|----|-----|----|--------------|-------------------|-------------------|
| Ribsein, 1978 | RFA | Munich | 110 | 80 | 1 | 12 | | 4 | résidentielle | |
| Kretzshaer, 1987 | RFA | Kiel | 36 | | 5 | 42 | | | périphérique | |
| | | | 10 | | 3 | 17 | | centre ville | | |
| Klei, 1982 | RFA | Stugart | 202 | 360 | 6 | 97 | | 10 | autoroute | |
| | | | 245 | 620 | 6 | 117 | | 20 | | |
| | | | 163 | 320 | 3 | 58 | | 5 | | |
| Fletcher, 1981 | GB | Clifton Grove | 58 | 650 | 58 | 12 | 70 | 50 | résidentielle | |
| Ng, 1987 | Can. | Burlington | 95 | 140 | 10 | 29 | 26 | 13 | industrielle | |
| Marsalek, 1984 | Can. | Burlington | 98 | 127 | | 22 | | | commerciale | |
| Samar, 1976 | Iran | Theran | 1840 | 1630 | | 720 | | 220 | | canal ouvert (1) |
| | | | 1310 | 2550 | | 320 | | 490 | | |
| | | | 1680 | 2280 | | 750 | | 210 | | |
| Bennett, 1981 | USA | Boulder, Col. | 980 | | | | | | résidentielle | |
| Matraw, 1977 | USA | broward Count.Fla | 950 | | | | | | | résidentielle (2) |
| | | | 424 | 184 | 3 | 20 | | 10 | | résidentielle (3) |
| Malaquist, 1978 | Suède | Göteborg | 250 | 360 | | 50 | | | | résidentielle (4) |
| | | | 2610 | 1030 | | 390 | | | | résidentielle (5) |
| | | | 40 | 50 | | 10 | | | | résidentielle (6) |
| | | | 730 | 330 | | 70 | | | | résidentielle (7) |
| | | | 410 | 525 | | 125 | | | | résidentielle (8) |

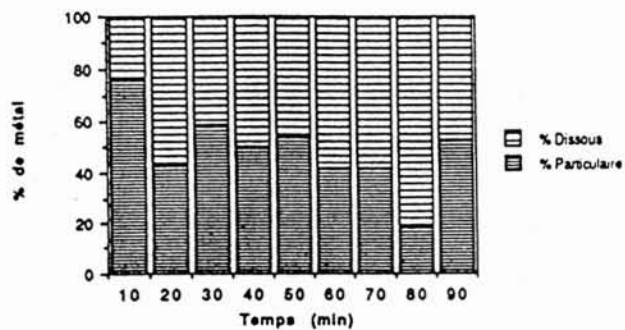
- (1) détermination effectuées sur trois sites
- (2) mesures réalisées sur échantillons de fonte de neige
- (3) valeurs maximales de six mesures
- (4) détermination effectuée sur neige urbaine, à la surface de gazon et avec une densité de population de 250 personnes/ha
- (5) même zone que (4) mais avec des échantillons pris dans la rue avec un trafic de 7400 véh/jour
- (6) détermination effectuée sur neige urbaine, à la surface de gazon et avec une densité de population de 115 personnes/ha
- (7) même zone que (6) mais avec des échantillons pris dans la rue avec un trafic de 3600 véh/jour
- (8) mesure réalisée sur la neige fondue.

ANNEXE 2

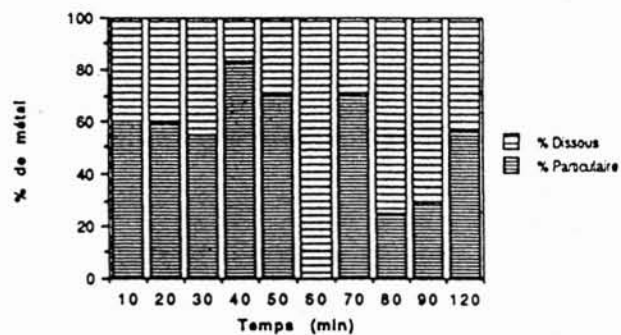
LE CADMIUM

Répartition entre la phase particulaire et la phase dissoute

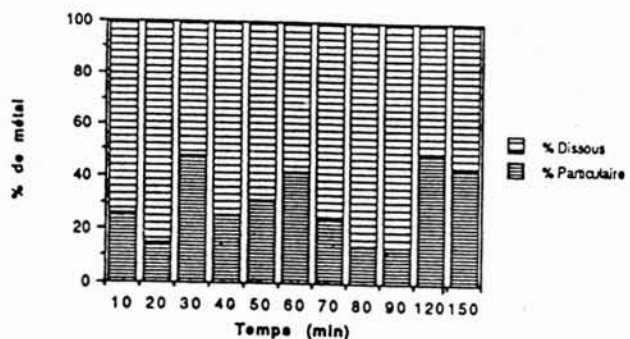
Pluie n° 1 (23.03.91)



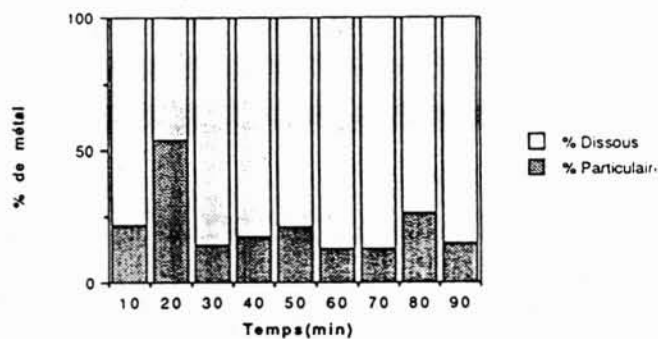
Pluie n° 2 (24.03.91)



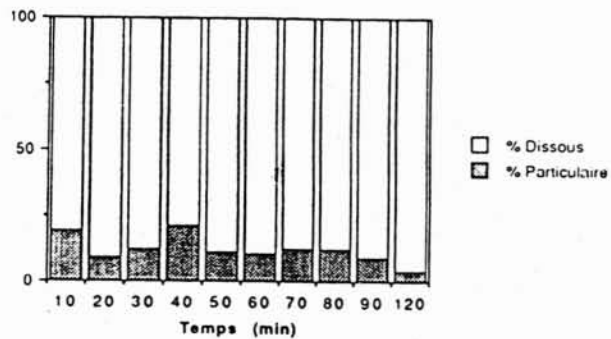
Pluie n° 3 (20.06.91)



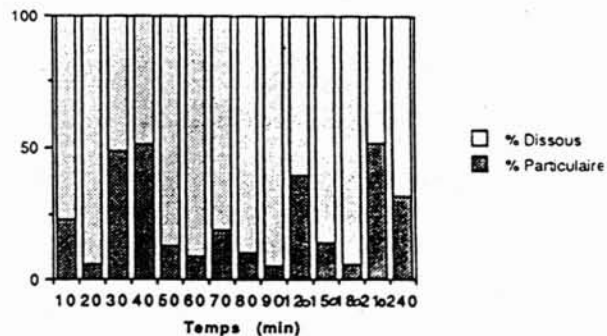
Pluie n° 4 (30.03.92)



Pluie n° 5 (08.04.92)



Pluie n° 6 (15.04.92)

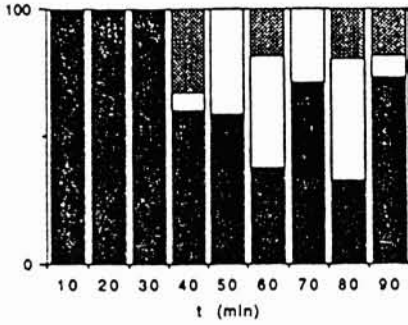


ANNEXE 3

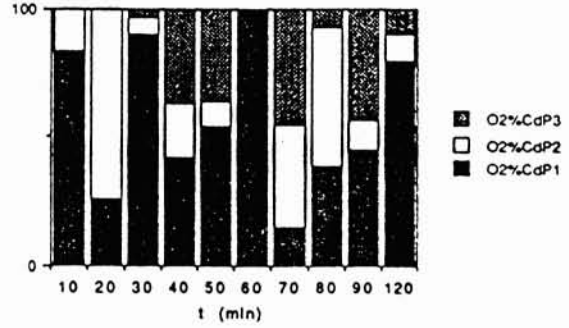
SPECIATION DU CADMIUM DANS LA PHASE PARTICULAIRE

P1 : fraction échangeable potentiellement très toxique
 P2 : fraction intermédiaire
 P3 : Fraction Stable

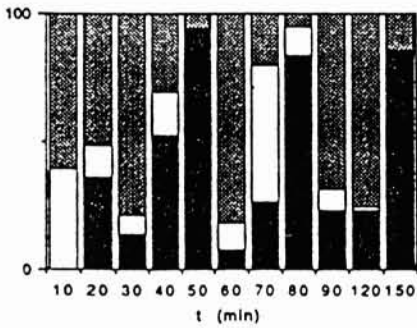
Pluie n° 1 (23.03.91)



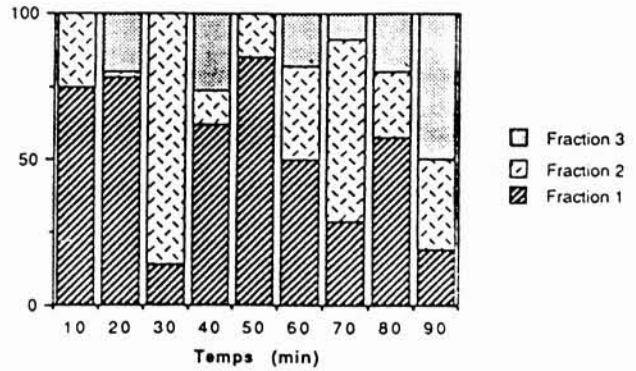
Pluie n° 2 (24.03.91)



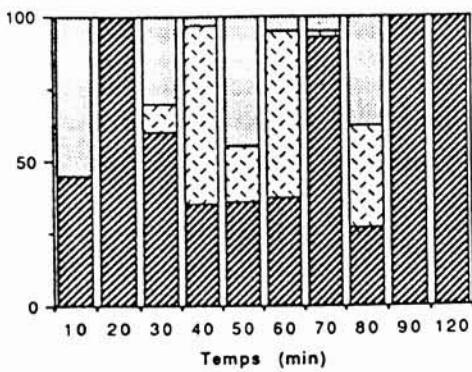
Pluie n° 3 (20.06.91)



Pluie n° 4 (30.03.92)



Pluie n° 5 (08.04.92)



Pluie n° 6 (15.04.92)

