

# Mobilisation de polluants lors de la mise en dépôt de sédiments fluviaux contaminés.

Sonia CARPENTIER, Sandrine JUMEAU, Régis MOILLERON et Daniel R. THEVENOT (Cereve, Université Paris XII-Val de Marne, Créteil)

Dans les rivières soumises à la pollution urbaine comme la Seine et l'Oise, les polluants sont présents de façon majoritaire dans les sédiments (Petersen *et al.*, 1996). Les opérations de dragage de ces rivières sont cruciales pour l'entretien des chenaux de navigation, la prévention des crues, ainsi que lors de certains travaux d'aménagement. Parfois, dans le cas de sédiments très contaminés, le dragage est utilisé pour minimiser les effets que pourraient avoir ces sédiments sur leur environnement (Fioole *et al.*, 1998). Les sédiments une fois dragués peuvent être pris en charge de 4 façons différentes (Palermo, 1998) :

- stockés sur place (près du site de dragage),
- traités sur place,
- transportés puis stockés,
- transportés puis traités.

L'épandage fait partie des solutions envisageables pour gérer ces matériaux. Mais très souvent, les matériaux de dragage ne possèdent pas les caractéristiques requises pour l'épandage (Chui et Tay, 1997). Ces sédiments de rivière sont parfois déposés dans des ports (Hauge *et al.*, 1998). Les sédiments issus des campagnes annuelles de dragage de la Seine et de l'Oise en aval des zones les plus industrialisées sont mis en dépôt dans d'anciennes gravières généralement remplies d'eau. Ces sédiments sont contaminés en matière organique et en micropolluants métalliques (valeurs médianes de 22 mg/kg.ms de Cr, 152 mg/kg.ms de Pb, 246 mg/kg.ms de Zn, 1,2 mg/kg.ms de Cd, 4 mg/kg.ms de Ni, 2,78 mg/kg.ms de Hg, 80 mg/kg.ms de Cu pour la Seine aval d'après Jumeau (1999<sup>1</sup>) et organiques comme les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques (118 mg/kg.ms d'hydrocarbures totaux pour la Seine aval<sup>1</sup>).

Lors de leur dragage, transport, et refoulement sur ces sites, mais aussi lors de leur stockage, ces matériaux de dragage contaminés sont donc susceptibles de relarguer des micropolluants dans la colonne d'eau, dans la rivière ou dans la nappe phréatique. Afin d'étudier l'impact des matériaux de dragage mis en dépôt sur l'environnement et plus précisément la mobilisation et le relargage des polluants, nous avons étudié ces sites de dépôt. Nous nous sommes, dans un premier temps, intéressé au site de Triel sur Seine (78), un ancien site de dépôt partiellement comblé par des matériaux de dragage de 1992 à 1998. Il s'agit donc ici d'une étude *a posteriori* du site de dépôt. Les résultats de ce travail se sont révélés difficilement exploitables compte tenu des différents apports parasites non contrôlables qui alimentent ce site (drains des champs d'épandage de la ville de Paris et autres effluents industriels alentours). Nous avons donc opté pour l'étude d'un nouveau site de dépôt. Le site du Rouillard, situé dans la base de loisirs de Verneuil sur Seine (78) a accueilli les premiers matériaux de dragage fin juin 1999. Une description de ce site ainsi que des résultats partiels concernant les eaux superficielles du lac seront présentés dans une seconde partie.

## Collaborations

Au cours de l'année 1999, cette action a été réalisée avec différents partenaires du Piren Seine, à savoir 'Voies Navigables de France' (VNF), le Service de Navigation de la Seine (SNS). L'entreprise EMCC (Entreprise Morillon Corvol Courbot) qui gère les dragages sur le bassin de la Seine a également été étroitement associée à cette action.

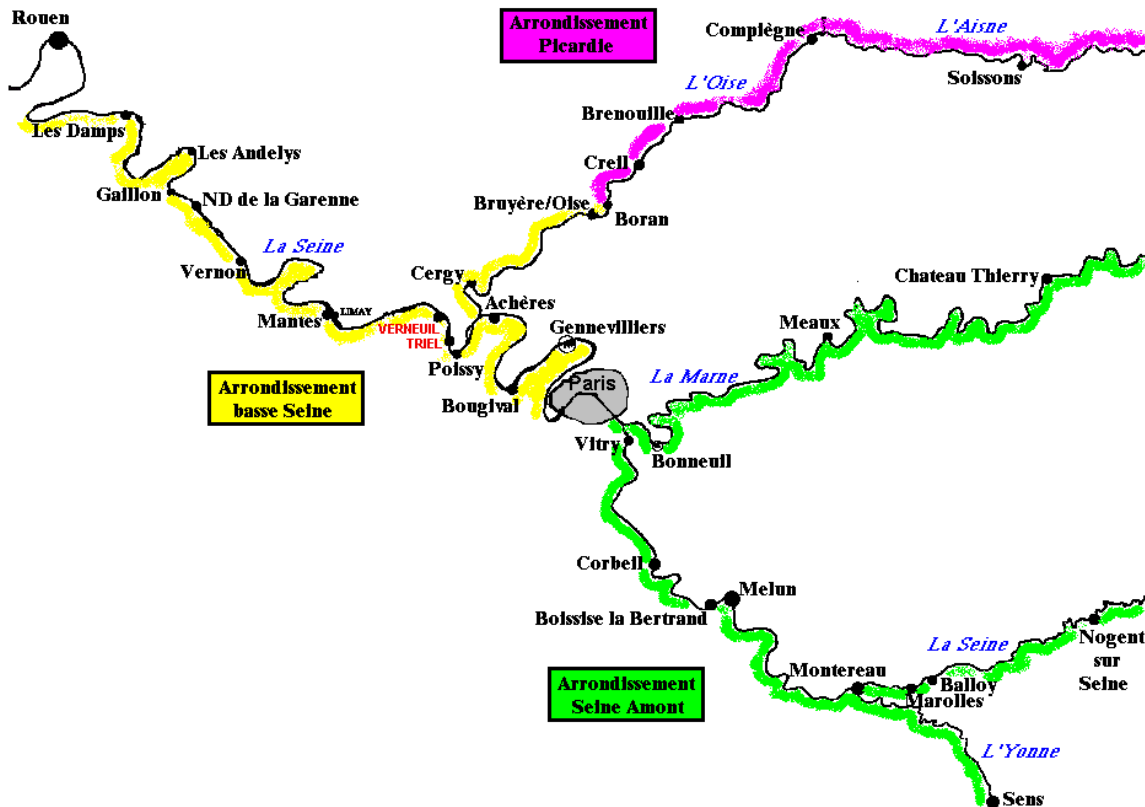
---

<sup>1</sup> Jumeau S. (1999) 'Devenir de la contamination en hydrocarbures lors de la mise en dépôt de produits de dragage', DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, Université ParisXII-Val de Marne, 49 p + annexes.

# 1. Le dragage dans le bassin de la Seine

## 1.1. Présentation du dragage

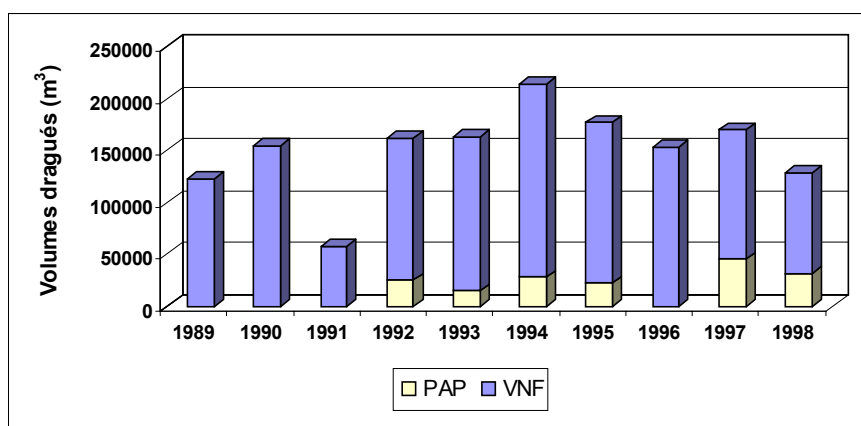
Les Voies Navigables de France sont responsables des activités de dragage des voies d'eau domaniales. Pour le bassin de la Seine (figure 1), il délègue les travaux de dragage au Service de Navigation de la Seine qui lui-même les délègue à l'Entreprise Morillon Corvol Courbot. Le marché du dragage fait l'objet d'un appel d'offre.



**Figure 1.** Le bassin de la Seine et les différents arrondissements du SNS.

L'accès des ports par le chenal et la configuration de certaines zones portuaires propices au dépôt de sédiments expliquent la contribution du Port Autonome de Paris (PAP) au dragage. Celle-ci est relativement peu importante par rapport à celle de VNF dans le bassin de la Seine (figure 2).

La moyenne des volumes dragués (PAP + VNF) sur les dix dernières années est de 150.500 m<sup>3</sup>/an. Le total étant de 1 505 000 m<sup>3</sup>. La plus forte année de dragage est 1994 (214 316 m<sup>3</sup>), tandis que la plus faible est 1991 (57993 m<sup>3</sup>). 1997 est l'année la plus importante de la contribution du PAP au dragage avec 45421 m<sup>3</sup>, soit 36.5% du volume total dragué pour cette année alors que généralement, le PAP représente 11% du volume dragué.



**Figure 2.** Volumes dragués par le PAP et VNF en Seine (aval et amont), Yonne, Marne, Oise\*

\*Remarque : Pour 1989, 1990, 1991 et 1996, nous ne possédons pas les valeurs des volumes dragués par le PAP. Nous ne savons pas exactement si l'absence de chiffre est liée à celle de dragage par le PAP à ces dates ou non.

La plus grande partie des volumes dragués par VNF en Picardie, Basse Seine et Seine Amont, provient de la Seine (78%), puis de l'Oise (16%), et enfin de la Marne et de l'Yonne (5 et 1% respectivement).

### 1.2. Flux en métaux et hydrocarbures générés par le dragage.

A l'aide de résultats d'analyses effectuées sur les sites de dragage lors de la campagne de 1997, nous avons ramené les volumes dragués en flux d'hydrocarbures et de métaux (Cr, Pb, Zn, Cd, Ni, Hg et Cu). Ces flux ont été calculés en multipliant les médianes des concentrations en micro-polluants, des volumes dragués, de la densité et de la siccité. L'ensemble des résultats de ces calculs est regroupé dans le tableau 1.

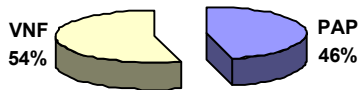
$$F = [P] \times V \times \rho \times S \times 10^{-6}$$

- Avec :
- Le flux (**F**) est exprimé en tonnes
  - La concentration en micro-polluants (**[P]**) est exprimée en mg/kg.ms
  - Les volumes dragués (**V**) sont exprimés en m<sup>3</sup>
  - La densité des sédiments (**ρ**) est exprimée en kg/L
  - La siccité (**S**) est exprimée en %

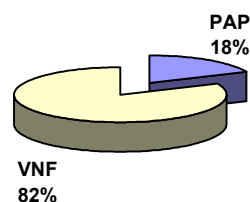
Tableau 1 : Bilan des flux en hydrocarbures et en métaux sur le bassin de la Seine (en tonnes)

	PAP			VNF			Total	Total
	Seine aval	Seine amont	Yonne	Marne	Oise			
<b>HC</b>	15,5	11,7	1,5	1,8	0,6	2,9	18,4	33,9
<b>TOTAUX</b>								
<b>Cr</b>	0,85	2,17	0,06	0,02	0,10	-	2,35	3,20
<b>Pb</b>	2,09	15,01	0,64	0,56	0,21	-	16,42	18,51
<b>Zn</b>	7,10	24,30	0,85	0,71	0,52	-	26,37	33,46
<b>Cd</b>	0,06	0,12	0,02	0,005	0,01	-	0,15	0,21
<b>Ni</b>	0,37	0,40	0,06	0,02	0,02	-	0,50	0,87
<b>Hg</b>	0,02	0,27	160.10 <sup>-6</sup>	42.10 <sup>-6</sup>	50.10 <sup>-6</sup>	-	0,27	0,29
<b>Cu</b>	1,73	7,90	0,30	0,06	0,17	-	8,43	10,16

Une étude pilote, entreprise sur le site de Poses (en aval de Paris) durant 28 mois (1990-1992), a permis de préciser les niveaux de concentration, de connaître la partition entre les phases dissoute et particulaire et de calculer des flux en métaux (Cd, Cu, Hg, Pb et Zn) (Cossa D. *et al.*, 1994). Une comparaison entre ces valeurs de flux et celles que nous avons estimées montre que les flux métalliques des produits de dragage représentent de 3 à 10% de ceux de Poses suivant le métal considéré (Pb, 10% ; Zn, 5.5% ; Cd, 4.9% ; Hg, 3.2% et Cu, 6%).



**Figure 3.** Flux totaux en hydrocarbures



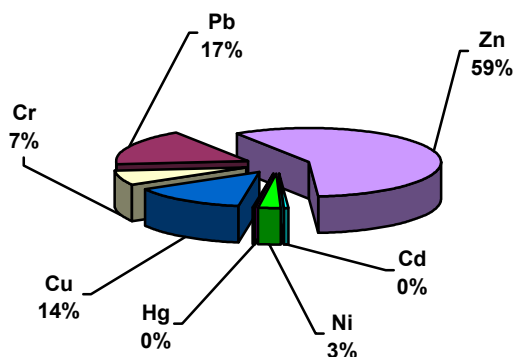
**Figure 4.** Flux totaux en métaux

Bien que les volumes dragués par le PAP et VNF (respectivement 166900 et 1388200 m<sup>3</sup>) soient très différents, nous constatons que les flux en hydrocarbures (figure 3) sont du même ordre de grandeur (respectivement 15.5 et 18.4 tonnes). Cette contamination importante en hydrocarbures du PAP peut être reliée à son activité portuaire. Pour les métaux (figure 4), nous observons une tendance différente, avec un flux beaucoup plus important pour VNF, 54.5 tonnes contre 12.2 pour le PAP, proportionnel aux volumes dragués. Ce résultat est logique si l'on se réfère aux concentrations en métaux dans les sédiments dragués pour le PAP et VNF (Tableau 2).

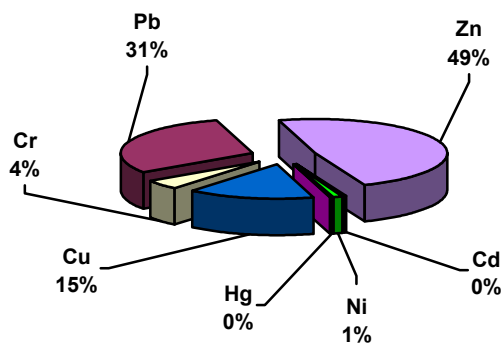
**Tableau 2.** Concentrations en hydrocarbures et en métaux sur le bassin de la Seine (valeurs médianes en mg/kg.ms)

	PAP			VNF		
		Seine aval	Seine amont	Yonne	Marne	Oise
HC totaux	913	118	91	431	121.5	225
Cr	50	22	4	4	20	-
Pb	123	152	40	135	42	-
Zn	418.5	246	53	170	104	-
Cd	3.6	1.2	1.2	1.2	1.2	-
Ni	22	4	4	4	4	-
Hg	1.4	2.78	0.01	0.01	0.01	-
Cu	102	80	19	14	34	-

Outre les flux, la répartition des métaux entre VNF (figure 6) et PAP (figure 5) a été étudiée. Elle est identique pour le Zn, Pb, Cu, Cr et Ni. Par contre, pour les métaux à plus forte toxicité (Hg et Cd), des comportements différents sont remarqués entre VNF et PAP. En effet, la proportion de Cd est plus importante que celle de Hg pour le PAP, et inversement pour VNF.



**Figure 5.** Flux en métaux (PAP)



**Figure 6.** Flux en métaux (VNF)

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Préparation du matériel de terrain

Tout le matériel utilisé lors des prélèvements a subi un lavage rigoureux pour minimiser toute contamination. Nous utilisons des flacons en verre teinté pour les échantillons destinés aux analyses d'hydrocarbures (les hydrocarbures sont sensibles aux rayonnements UV) ainsi que pour toutes les analyses physico-chimiques. Des flacons de PVC sont utilisés pour les échantillons destinés aux analyses de métaux lourds. Le lavage est effectué comme suit :

- les flacons en verre sont laissés dans un bain de détergent (Decon, 5%) pendant 24 h, puis rincés à l'eau osmosée (milli-Ro), et enfin calcinés à 450°C pendant 2 h. Chaque flacon est ensuite refermé avec un bouchon que l'on aura isolé du flacon par du papier aluminium préalablement nettoyé à l'aide d'un tissu imbibé d'acétone,
- les flacons en PVC sont laissés en salle blanche dans un bain de détergent (Extran, 2%) pendant 24 h puis rincés à l'eau MilliQ. Ils sont ensuite trempés dans un bain d'acide nitrique (10%) pendant 48 h, puis rincés à l'eau MilliQ. Ils sont enfin conservés dans des sacs plastiques scellés à chaud jusqu'à leur utilisation sur le terrain.

### 2.2. Les prélèvements.

#### *Les échantillons de sédiment et matériaux de dragage*

Ils sont prélevés à l'aide de pelles à sédiment ou de carottiers lorsque la consistance du matériau le permet. Pour chaque point, 2 à 3 kg de matériau sont prélevés afin d'obtenir un minimum de 500 ml d'eau interstitielle nécessaire aux diverses analyses.

#### *Les échantillons d'eau superficielle*

Ils sont prélevés à l'aide d'un préleveur conçu par le SNS (figure 7) à 1 m de profondeur afin d'éviter les biais entraînés par la nature de l'eau de surface. Pour chaque point, 2 litres d'eau sont prélevés.

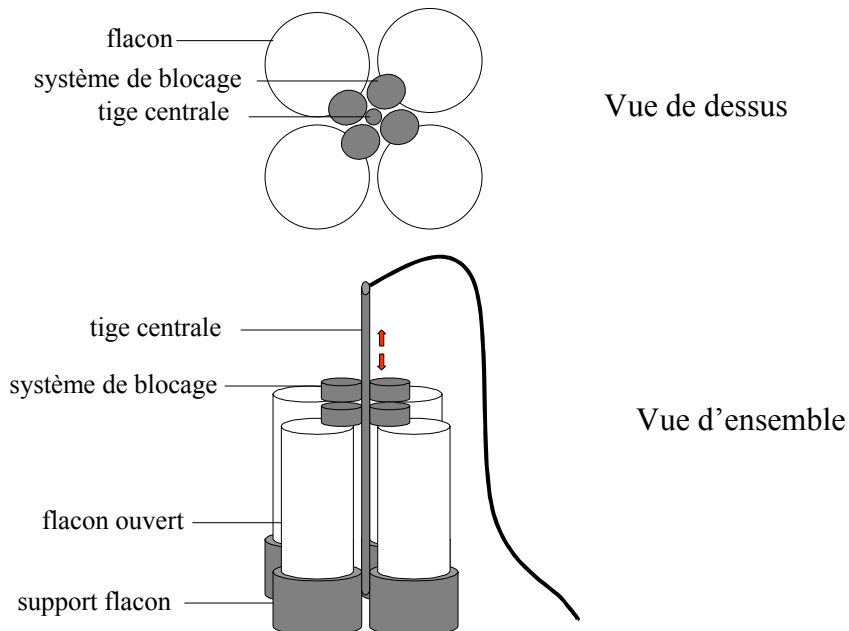


Figure 7. Schéma du préleveur d'échantillons d'eau superficielle

#### *Les échantillons de piézomètres*

Ils sont prélevés au moyen d'un échantillonneur (Roucaire ISCO modèle 2700, débit de pompage = 3 l/min) qui évite tout contact échantillon-pompe. L'extrémité du tuyau de cet échantillonneur est munie d'une crépine.

### 2.3. Les protocoles expérimentaux

Sur les différents échantillons prélevés lors des campagnes d'échantillonnage, nous effectuons à la fois des mesures *in situ*, des mesures physico-chimiques et des mesures de micropolluants inorganiques (métaux) et organiques (hydrocarbures aliphatiques et aromatiques).

#### *Paramètres mesurés in situ*

Sur le terrain, les paramètres pH, conductivité, potentiel redox, oxygène dissous et température sont mesurés au moyen de sondes.

#### *Physico-chimie*

Les analyses physicochimiques réalisées sur les échantillons d'eau et/ou de sédiment sont présentées dans le tableau 3.

**Tableau 3.** Paramètres physicochimiques mesurés et normes correspondantes.

Analyse	ABREV.	Norme AFNOR	Remarques
Humidité	-	NF ISO 11465 X 31-102	Séchage de 10 g, 105°C
Perte au feu	-	-	Calcination de 5 g, 550°C
Matières en suspension	MES	NF EN 872	Filtres GF/F pré-calcinés
Matières volatiles en suspension	MVS	-	Calcination des MES à 550°C
Granulométrie grossière	-	NF X 31-107	2000, 200, 50 et 20 µm
Carbone organique dissous	COD	NF EN 1484	Analyseur 1010 OI-Analytical
Ammonium	NH <sub>4</sub>	NF EN ISO 11732	
Azote total Kjeldhal	NTK	NF EN 25 663	
Nitrites	NO <sub>2</sub>	NF EN 26777	
Nitrates	NO <sub>3</sub>	NF EN ISO 10304-1	
Demande chimique en oxygène	DCO	NF T 90 101	
Demande biochimique en oxygène	DBO	NF EN 1899-1	
Hydrocarbures totaux		XP T 90-114	
Phosphore	P	NF EN ISO 11885	
Organo halogénés adsorbables	AOX	NF EN 1484	

#### *Analyses d'hydrocarbures*

Les échantillons sont conservés 4°C. Les matières plastiques et les graisses de rodage étant susceptibles de masquer les composés recherchés, nous n'utilisons que du verre et/ou du téflon. Les échantillons seront analysés selon le protocole établi lors de recherches menées précédemment (Carpentier, 1998<sup>2</sup>).

Les hydrocarbures analysés sont les suivants :

- Hydrocarbures Aliphatiques linéaires : C10 à C40 ainsi que pristane et phytane
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) : naphthalène, acenaphthylène, acenaphthène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, dibenzo[ah]anthracène, benzo[ghi]perylène, indéno[123-cd]pyrène.

Préparation des échantillons : Séparation de la fraction dissoute de la fraction particulaire.

Les échantillons de **sédiment** sont centrifugés à 4000 tr/mn pendant 15 minutes à 4°C (Carey *et al.*, 1990). L'eau interstitielle récupérée (surnageant) est ensuite filtrée sur des filtres pré-calcinés de porosité 0.7µm. La fraction solide de l'échantillon correspond à 3g de sédiment brut séchés à 40°C jusqu'à poids constant.

<sup>2</sup> Carpentier S. (1998) 'Validation d'une méthode d'analyse d'hydrocarbures d'origines urbaines (BVUE du Marais, Paris)', DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, Université ParisXII-Val de Marne, 44 p + annexes.

Chaque échantillon d'**eau brute** (volume d'environ 1L) est filtré sur une série de filtres pré-traités jusqu'à une porosité de 0.45µm (Barrick, 1982; Gonzalez, 1996<sup>3</sup>). La fraction dissoute obtenue est alors conservée à 4°C, la fraction particulaire récupérée sur les filtres est séchée à l'étuve à 40°C puis conservée à 4°C.

#### Extraction des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques.

Des étalons internes deutériés (dodecane D26, tetracosane D50, triacontane D62, naphtalène D8, phénantrène D10, pyrène D10 et benzo(a)pyrène D12) sont additionnés aux phases dissoute et particulaire afin de quantifier les hydrocarbures aliphatiques et/ou aromatiques. Ils permettent aussi de s'affranchir des pertes occasionnées lors de la préparation des échantillons (Barrick, 1982).

L'extraction des hydrocarbures présents dans les **matrices solides** et la **fraction particulaire** est réalisée par extraction assistée par micro-ondes sur un appareil Soxwave 3.6 Prolabo (Letellier *et al.*, 1996/7 ; Jumeau, 1999<sup>1</sup>) avec un mélange de dichlorométhane et de méthanol.

Les hydrocarbures présents dans la **fraction dissoute** sont extraits classiquement par le procédé d'extraction liquide-liquide.

Les extraits organiques obtenus sont concentrés à l'aide d'un évaporateur rotatif (Büchi) sous vide jusqu'à un volume de 5mL environ puis sous flux d'azote.

#### Séparation des hydrocarbures aliphatiques des hydrocarbures aromatiques.

Les extraits obtenus sont passés sur colonne de chromatographie d'adsorption sur silice afin de séparer les composés aliphatiques des aromatiques. Si l'extrait doit être désulfuré (cas des sédiments), environ 2cm de cuivre activé sont introduits avant la silice (Baumard et Budzinski, 1997; Letellier M., 1996/7; Wise *et al.* 1995). Les deux fractions obtenues (fraction aliphatique et fraction aromatique) sont alors concentrées sous flux d'azote.

#### Analyse en CG-SM.

Les hydrocarbures aliphatiques et les hydrocarbures aromatiques sont injectés (1µL) dans un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse : CG-SM (Hewlett Packard, HP G1800A). Les paramètres adoptés pour l'analyse des HC sont les suivants :

- Température de l'injecteur : 250°C
- Température du détecteur : 280°C
- Température initiale du four : 70°C
- Température finale du four : 300°C
- Rampe de température : 5°C/mn
- Gaz vecteur : hydrogène qualité 5.6 (Linde gaz)
- Débit constant : 1mL/mn

La durée totale d'une analyse est de 70 minutes en mode SCAN.

#### Quantification

Les hydrocarbures sont quantifiés grâce aux étalons internes deutériés selon l'équation :

$$C_X = C_D \times \frac{A_X}{A_D}$$

Avec :  $A_X$  : aire du pic du composé X

$A_D$  : aire du pic de l'étalon interne

$C_X$  : concentration du composé X

$C_D$  : concentration de l'étalon interne

et  $C_D$  : concentration du D26 pour les hydrocarbures de C12 à C20

$C_D$  : concentration du D50 pour les hydrocarbures C21 à C29

---

<sup>3</sup> Gonzalez A. (1996) 'Distribution des hydrocarbures dissous et particuliers en Bassin Versant Urbain Expérimental', DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, Université ParisXII-Val de Marne, 46 p + annexes

$C_D$  : concentration du D62 pour les hydrocarbures C30 à C34

En effet, chaque composé deutérié est représentatif de la partie du chromatogramme dont il est issu prenant en compte ainsi la diminution de sensibilité des composés en fonction de l'augmentation de la chaîne carbonée.

### Récapitulatif

Les différentes étapes du traitement d'un échantillon sont résumées dans la figure 8.

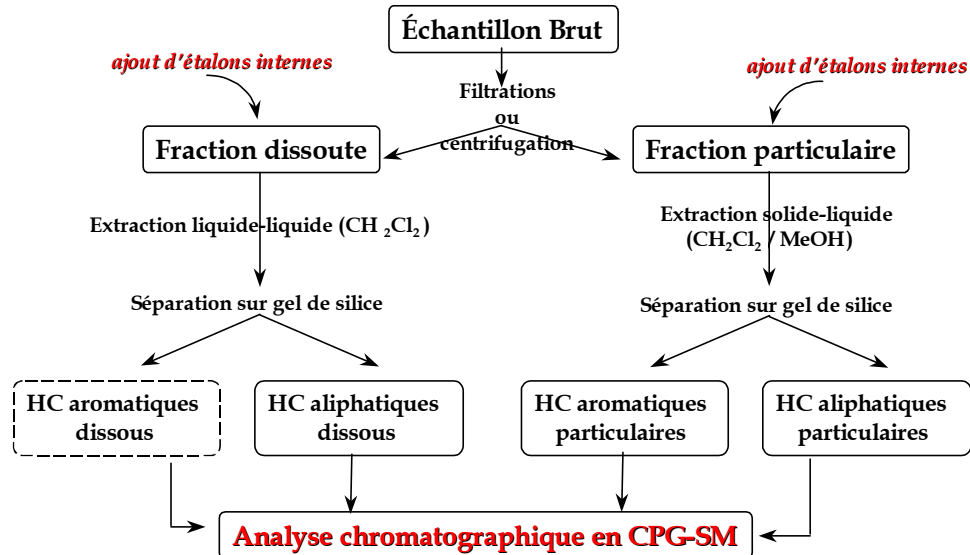


Figure 8. Synopsis de l'extraction des hydrocarbures pour un échantillon liquide.

### Analyses de métaux

Les Métaux analysés sont les suivants : Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Al, Hg, As. Pour l'analyse des **métaux dissous**, l'échantillon (50 mL) est filtré à 0,45  $\mu\text{m}$  de porosité sur filtre pré-traité. Puis, il est acidifié à pH 1 (0,5 ml d'acide nitrique concentré 65%). Il est ensuite conservé jusqu'à l'analyse des métaux dissous par spectrophotométrie d'absorption atomique en mode four (SAAF).

Pour l'analyse des **métaux totaux dans les fractions dissoutes**, l'échantillon brut (50 mL) est acidifié avec 1 ml d'acide nitrique concentré 65%. Il est ensuite conservé jusqu'à l'analyse des métaux dissous par spectrophotométrie d'absorption atomique en mode four (SAAF).

Pour l'analyse des **métaux (As, Cd, Cu, Pb, Zn, Fe, Ni, Mn, Al) dans les sédiments secs**, les sédiments sont minéralisés par voie micro-ondes en bombes fermées. Pour un échantillon de 500 mg : 6 mL de  $\text{HNO}_3$  (65 %) + 6 mL HF (40 %) avec le programme de chauffage 6 minutes à 250 W, 6 minutes à 400W, 6 minutes à 650 W et 6 minutes à 250 W. Puis reprise dans 50 mL d'eau purifiée (18,2 M $\Omega$ ). L'échantillon est ensuite analysé en ICP-AES.

Pour l'analyse du mercure (**Hg dans les sédiments secs**), les sédiments sont minéralisés par voie micro-ondes pour le dosage du mercure. Pour un échantillon de 500 mg : 1 mL de  $\text{HNO}_3$  (65 %) + 3 mL HCl (37 %) avec le programme de chauffage 2 minutes à 290 W, 2 minutes à 0 W, 5 minutes à 290 W, 6 minutes à 570 W et 6 minutes à 690 W. Puis reprise dans 50 mL d'eau purifiée (18,2 M $\Omega$ ). L'échantillon est ensuite analysé en fluorescence atomique -vapeur froide (réduction du mercure sous forme  $\text{Hg}^0$  par  $\text{SnCl}_2$  5 %).

## 3. Le site de Triel sur Seine

### 3.1. Présentation du site

Il s'agit d'une carrière qui fut exploitée de 1968 à 1990 par les sablières. Elle se situe sur la rive droite de la Seine, en aval de Paris, dans la boucle de Poissy (figure 1). Elle a été comblée partiellement avec des sédiments dragués dans la Seine, l'Oise et les ports situés le long de ces rivières



de 1992 à 1998. Les matériaux de dragage mis en dépôt restent recouverts d'une lame d'eau de 1 à 2 mètres. Ce site entouré de digues a une superficie d'une trentaine d'hectares.

### 3.2. Situation réglementaire du site

Le remblaiement de carrières est une filière qui se heurte actuellement à des contraintes réglementaires de plus en plus lourdes. C'est une opération soumise à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la Loi sur l'eau n° 92-3 du 3 janvier 1992. D'ores et déjà, l'utilisation d'une sablière ou d'une ancienne carrière inondée pour servir d'exutoire aux sédiments et autres déchets est prise en compte dans les textes réglementaires au moins en ce qui concerne la mise en œuvre des moyens de surveillance de la nappe et des rejets dans les eaux de surface.

Le site de Triel sur Seine en tant que carrière est soumis au régime d'autorisation des installations classées. Par conséquent, selon l'arrêté du 22 septembre 1994, le remblayage ne doit pas nuire à la qualité et au bon écoulement des eaux. Lorsqu'il est réalisé avec apport de matériaux extérieurs, ceux-ci doivent être préalablement triés de manière à garantir l'utilisation des seuls matériaux inertes. Nous n'avons pas plus d'informations concernant ce site. De plus, cette réglementation est difficile à mettre en place du fait de l'absence de critères de détermination du caractère « inerte » des matériaux. Le remblaiement d'anciennes carrières par les produits de dragage s'avère donc de plus en plus difficile et il est fort probable que les remblaiements avec ce type de matériaux se trouvent prochainement dans une impasse juridique.

Le prélèvement d'eau en Seine pour dilution des sédiments est soumis aux rubriques 2.1.0 et 2.1.1 de la nomenclature de la Loi sur l'eau n° 92-3 du 3 janvier 1992.

Le débit de rejet en Seine est lui aussi soumis à la nomenclature de la Loi sur l'eau n° 92-3 du 3 janvier 1992 rubrique 2.2.0.

### 3.3. Procédure de mise en dépôt

Les sédiments dragués sont transportés par barge jusqu'aux abords du dépôt. Ils sont alors dilués avec de l'eau de Seine et entraînés dans le dépôt via une conduite, par un refouleur posté sur la Seine, à une distance de 83 m du plan d'eau. La conduite enterrée dans la berge se prolonge dans le bassin par une canalisation maintenue par des flotteurs. Celle-ci est flexible, ce qui permet de la déplacer, et de remblayer le bassin de façon à ce que le matériau soit réparti uniformément. Ainsi, au cours de la campagne de dragage, elle est déplacée régulièrement. Les eaux de décantation sont rejetées dans la Seine via un déversoir. Un débitmètre a été installé au niveau de ce rejet (figure 9).

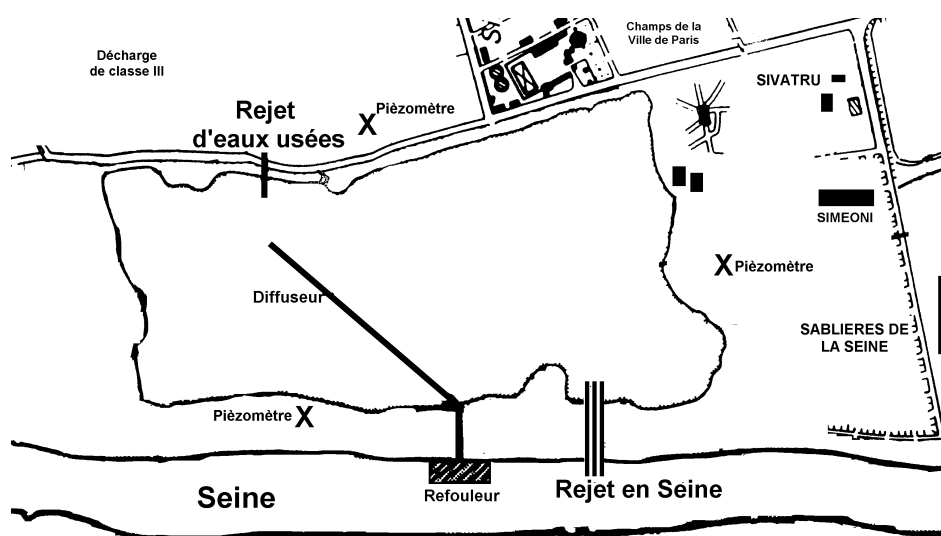


Figure 9. Représentation schématique du site de Triel sur Seine

### **3.4. Caractérisation initiale du site**

#### *Son environnement*

Il nous est apparu important et intéressant de caractériser l'environnement du site de Triel. En effet, nous avons pu mettre en évidence l'apport d'eaux extérieures rejetées directement dans le bassin. Il s'agit des eaux de drainage des champs d'épandage des eaux usées de la ville de Paris situés à proximité. Par ailleurs, la présence d'un centre de tri et de recyclage (Sivatru), à proximité du site de dépôt, peut laisser présager des infiltrations. Il existe également une sablière sur les rives du lac de Triel (figure 9). De plus, il est raisonnable de soupçonner la possibilité de remblais 'sauvages' dans sur ce site relativement isolé et situé en zone industrielle.

#### *Sa géologie*

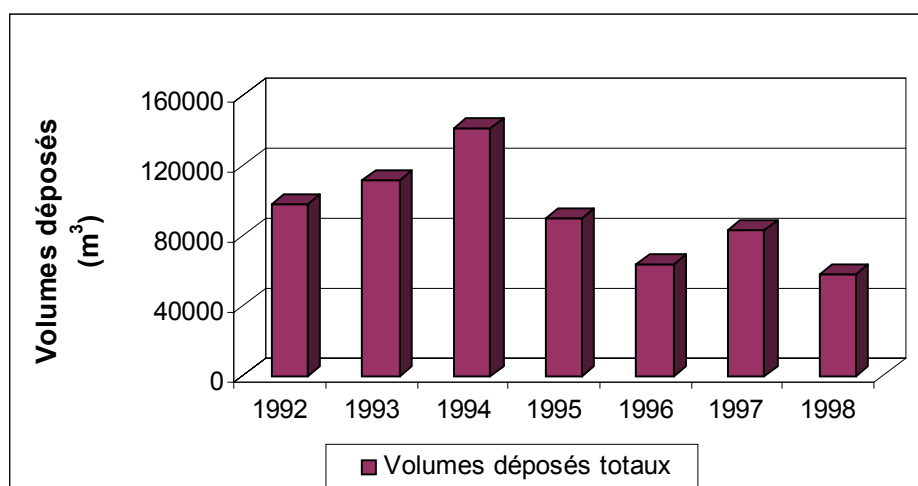
L'étude de l'impact environnemental du remblaiement de la carrière passe par une détermination de son impact sur les eaux souterraines. Une implantation de piézomètres autour du site permet d'avoir une meilleure connaissance hydrogéologique du milieu (profondeur et sens d'écoulement des nappes sous le dépôt). Les piézomètres sont implantés jusque dans la nappe alluviale.

La carrière de Triel sur Seine a été creusée dans les alluvions de la Seine. Notamment, la partie du bassin située en zone inondable a été creusée dans les alluvions modernes constituées d'argiles fines ou sableuses. L'épaisseur de celles-ci est d'environ 10 m dans la vallée de la Seine, mais la carrière a été exploitée plus profondément, probablement jusqu'à la base des anciennes alluvions. Elles forment la basse terrasse de la Seine dans la boucle de Carrières-sous-Poissy et sont constituées de sables et de graviers.

La nappe alluviale passerait légèrement en dessous du dépôt. Les interactions de la nappe avec le site semblent incertaines du fait du probable colmatage du fond du plan d'eau par les sédiments. En revanche, elle est peut-être en relation avec d'autres nappes. En effet, la nappe de la craie (Sénonien : craie blanche à silex) est présente en profondeur. Mais, il reste à savoir si une autre formation s'intercale entre la nappe alluviale et la nappe de la craie, et le rôle qu'elle joue.

### **3.5. Les volumes déposés**

Les sédiments issus des ports situés sur la Seine et l'Oise ont tous pour destination Triel. Sur les sept années d'exploitation, Triel a reçu 643844m<sup>3</sup> de produits de dragage. L'année du dépôt le plus important est 1994 (figure 10). Nous constatons également qu'en fin d'exploitation les volumes déposés à Triel sont relativement faibles. Durant cette période d'exploitation, Triel (dépôt en eau) a reçu en moyenne 55% du volume total dragué. En parallèle, les 45% restants ont été déposés sur cinq sites géographiquement éloignés les uns des autres : 17% à Notre Dame de la Garenne (dépôt à sec), 10% à Les Damps (dépôt à sec), 9% à Brenouille (dépôt à sec), 6% à Sandrancourt (dépôt à sec) et 3% en Seine Amont (figure 10). Ces chiffres soulignent l'importance du dépôt en eau sur le bassin de la Seine.



**Figure 10.** *Volumes de matériaux de dragage déposés à Triel sur Seine.*

### 3.6. Les points de prélèvement et échantillons

La pré-campagne réalisée les 10 et 11 décembre 1998 a permis de mettre en place celle du 11 mars 1999. Lors de la pré-campagne d'échantillonnage, nous avons prélevé :

- 1 échantillon d'eau de Seine (BSED),
- 1 échantillon d'eau de rejet en Seine (TER),
- 1 échantillon d'eau superficielle prélevé au milieu du lac (TEL),
- 1 échantillon de sédiment du lac au niveau du diffuseur (TS1),
- 1 échantillon de sédiment au milieu du lac (TS2),
- 1 échantillon de sédiment du lac au niveau du rejet en Seine (TS3),
- 1 échantillon de sédiment prélevé dans la barge (BSST).

Lors de la seconde campagne d'échantillonnage (11/03/99), ont été prélevé :

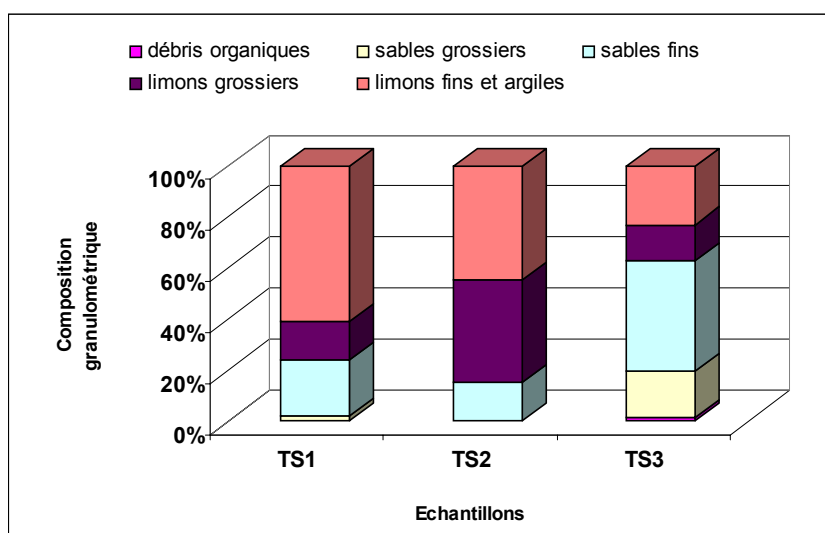
- 1 échantillon d'eau de Seine (ESTr2),
- 1 échantillon d'eau de rejet en Seine (ESTr1),
- 1 échantillon d'eau superficielle du lac prélevé au niveau du diffuseur (Etr1)
- 1 échantillon d'eau superficielle prélevé au milieu du lac (Etr2),
- 1 échantillon d'eau superficielle du lac prélevé près de la Sivatru (Etr3),
- 1 échantillon d'eau issu du rejet d'eaux usées (REUTr),
- 1 échantillon de sédiment prélevé au niveau du diffuseur (STr1),
- 1 échantillon de sédiment au milieu du lac (STr2),
- 1 échantillon de sédiment du lac prélevé près de la Sivatru (STr3).

### 3.7. Résultats concernant le site de Triel.

#### *Caractérisation des échantillons*

#### La pré-campagne de décembre 98

A partir de l'étude granulométrique (figure 11), nous observons que les deux sédiments TS1 et TS2 ont une composition granulométrique assez proche. Ils sont constitués en partie de limons et d'argiles : environ 76% pour TS1 et 85% pour TS2, avec une plus forte proportion de limons fins et d'argiles pour TS1. Ils sont également composés d'une proportion non négligeable de sables fins (respectivement 22 et 15%). De ce fait, ces deux sédiments ont une consistance "vaseuse". Le sédiment TS3, hétérogène, est composé en partie de sables, environ 62%, et d'une plus faible quantité de limons et d'argiles (37%).



**Figure 11.** Granulométrie des sédiments de la pré-campagne de décembre.

Les sédiments TS1 et 2 ont un taux d'humidité identique de  $\approx 70\%$ , différent de celui de TS3. Ceci s'explique par la plus forte proportion de sables dans cette dernière zone. De même, nous observons une perte au feu plus faible pour le sédiment TS3 par rapport à TS1 et 2. Ceci s'explique par la nature granulométrique du sédiment au niveau du rejet (matrice sablonneuse au pouvoir de rétention plus faible).

Concernant le pH, il n'y a pas de variation significative d'un échantillon à l'autre pour les sédiments et les eaux. De même, les teneurs en oxygène dissous ( $O_2$ ) soulignent une bonne oxygénation du milieu quel que soit le lieu de prélèvement.

Les mesures du potentiel redox (tableau 4) ne mettent pas en évidence un caractère d'oxydoréduction marqué pour TEL, TER et BSED.

Une analyse des différents échantillons d'eau met en évidence des teneurs en MES très variables. Les MES de l'échantillon d'eau de rejet (TER) n'ont pas été mesurées. Généralement, le taux de MES des eaux de Triel est compris entre 3 et 7 mg/L (valeurs fournies par EMCC), valeur que nous retrouvons pour l'échantillon TEL. La mesure des MVS de TER souligne la nature minérale de ses MES comparativement aux échantillons BSED et TEL, aux MES plus organiques.

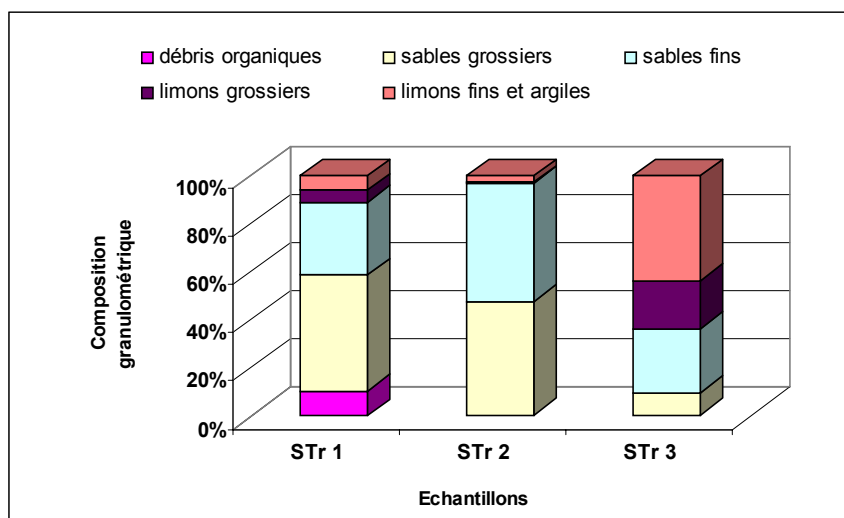
**Tableau 4.** Résultats des mesures des différents paramètres physico-chimiques de décembre 98.

Echantillons	Paramètres							
	PH	$O_2$ (mg/L $O_2$ )	Eh* (mV/ENH)	Temp. (°C)	Humidité (%)	Perte au feu (%)	MES (mg/l)	MVS (% pds sec)
BSED	7,54	13,1	320	5,8			17,2	73,7
TEL	7,74	9,1	140	4,4			4,6	94,0
TER	7,76	10,2	113	4,3			/	42,0
TS1	7,07		2	4,8	68	9,9		
TS2	7,06		30	4,9	69	9,5		
TS3	7,4		65	4,4	51	7,3		

\* Eh=Emesuré+Eref avec Eref=+155mV/ENH

#### La campagne de mars 99

Lors de cette campagne effectuée le 11 mars 1999, la Seine était en crue.



**Figure 12.** *Granulométrie des sédiments de la campagne de mars 99.*

A partir de l'étude granulométrique (figure 12), nous observons que les deux sédiments STr1 et STr2 ont une composition granulométrique assez proche. Ils sont constitués essentiellement de sables : environ 79% pour STr1 et 96% pour STr2. Le sédiment STr3 est plutôt composé de limons et d'argiles (64%) et d'une plus faible quantité de sables (36%). Le sédiment STr3 a une consistance plutôt "vaseuse". Cette composition granulométrique de chaque sédiment pourrait laisser entrevoir des résultats différents lors de la mesure des micro-polluants organiques. En effet, un sédiment argilo-limoneux a un pouvoir de rétention plus important qu'un sédiment sablonneux.

A l'aide des mesures effectuées sur les sédiments, nous pouvons mettre en évidence la différence du taux d'humidité entre STr1 et 2 et le sédiment STr3. De même, nous observons une perte au feu nulle pour les sédiments des zones 1 et 2, alors qu'elle est importante d'environ 15% pour STr3, dénotant une nature organique de ce sédiment. Par ailleurs, STr3 a un potentiel réducteur marqué (-101 mV/ENH) par rapport à STr1 et STr2.

Pour les eaux de surface (ETr1 à 3), il n'y a pas de différence significative entre les trois échantillons tant au niveau du pH, de l'oxygène dissous, du potentiel redox que des MES. Nous remarquons que les MES du rejet d'eaux usées (REUTr) sont de nature minérale. Nous avons mesuré la DCO, qui est de 30mg/L de O<sub>2</sub>, ce qui est caractéristique d'un échantillon faiblement riche en matières organiques.

**Tableau 5. Résultats des mesures des différents paramètres physico-chimiques de mars 1999.**

Echantillons	Paramètres							
	PH	O <sub>2</sub> (mg /L O <sub>2</sub> )	Eh * (mV/ENH )	Temp. (°C)	Humidité (%)	Perte au feu (%)	MES (mg/L)	MVS (%)
S <sub>Tr</sub> 1	7,6		47	8,1	30,9	0,3		
S <sub>Tr</sub> 2	7,7		312	8,3	30,1	0		
S <sub>Tr</sub> 3	7,2		-101	7,5	68,1	15,2		
E <sub>Tr</sub> 1	8,2	11,1	296	7,6			6,3	87,3
E <sub>Tr</sub> 2	8,2	11,5	346	8			7,7	84,4
E <sub>Tr</sub> 3	8,2	10,8	407	7,8			7,5	92
REU <sub>Tr</sub> **	7,2	9,9	213	11,6			7	94,3
ES <sub>Tr</sub> 1	7,7	11,3	472	6,6			48,7	26,8
ES <sub>Tr</sub> 2	7,9	10,5	447	6,3			55,9	25,6

\* : Eh=Emesuré+Eref avec Eref=+222mV/ENH

\*\* : DCO=30 mg O<sub>2</sub>/L

#### Comparaison des deux campagnes

Si l'on cherche à établir une comparaison entre les différents échantillons prélevés lors de ces campagnes, il ressort que :

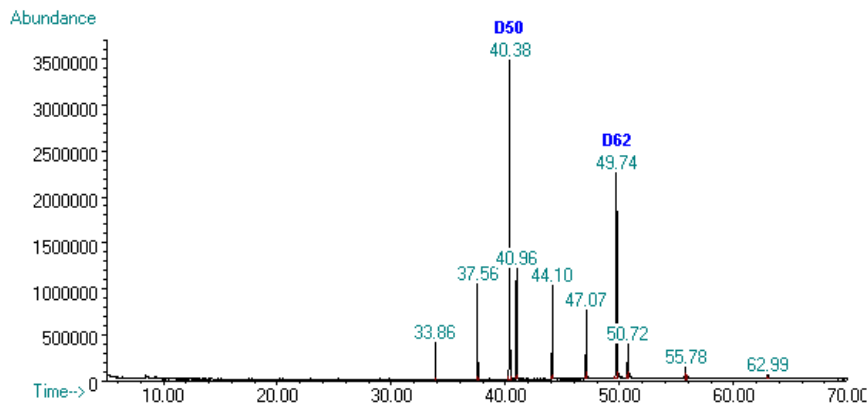
- La nature granulométrique des sédiments a évolué : en décembre, ils étaient essentiellement argilo-limoneux et en mars, sablonneux. Ce fait est d'autant plus surprenant qu'aucun dépôt (à notre connaissance) n'a eu lieu entre ces deux dates. Se pourrait-il que les particules fines aient été remises en suspension et/ou entraînées lors du rejet en Seine ?
- Globalement, la nature des eaux libres (TEL en décembre et E<sub>Tr</sub>2 en mars) n'a pas varié significativement. Cependant, la teneur en MES est plus grande en mars qu'en décembre (respectivement 7.7 et 4.6 mg/L). Les MVS demeurent élevées (respectivement 84 et 94%).

#### *Détermination des teneurs en hydrocarbures sur le site de Triel*

L'ensemble des résultats sur Triel se trouve en annexe 1. Les extractions des hydrocarbures de la fraction particulaire de la pré-campagne de décembre 98 ont été réalisées au Soxhlet (Carpentier, 1998<sup>2</sup>). Pour les échantillons de mars 99, les extractions ont été effectuées au Soxwave (Jumeau, 1999<sup>1</sup>) selon le protocole décrit précédemment. Pour les fractions dissoutes, tous les échantillons ont été subi une extraction liquide-liquide classique. Lors de la deuxième campagne, des prélèvements de carottes ont été envisagés dans le but de mettre en évidence l'évolution spatiale et temporelle des hydrocarbures. Cependant, la nature des sédiments (sablonneux) ne nous a pas permis de réaliser ces carottes.

#### Concentrations en hydrocarbures dissous

Nous constatons que pour les eaux de surface ainsi que les eaux interstitielles, les concentrations en hydrocarbures aromatiques sont inférieures aux limites de détection (0.05µg/L pour un composé). Seule l'eau interstitielle de TS1 (décembre 98) a une teneur de 23.2 µg/L due essentiellement à de l'anthracène (82%). Une tendance similaire est observée pour les hydrocarbures aliphatiques dissous en Seine aussi bien en décembre qu'en mars.

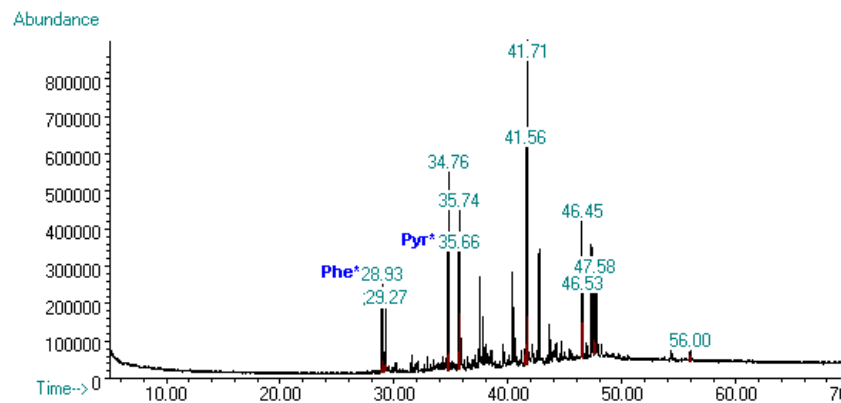


**Figure 13.** Echantillon d'eau (ETr3), hydrocarbures aliphatiques fraction dissoute.

Les **eaux de surface de Triel** (exemple d'un chromatogramme figure 13) ont des teneurs en hydrocarbures aliphatiques dissous variant de 3.7  $\mu\text{g/L}$  (ETr1, mars) à 18.3  $\mu\text{g/L}$  (ETr2, mars). Excepté ce dernier échantillon, les eaux de surface contiennent entre 3 et 5  $\mu\text{g/L}$  d'hydrocarbures aliphatiques dissous. Ces données pourraient laisser penser à un échange entre les produits de dragage déposés et les eaux de contact. Cependant, les hydrocarbures pourraient également provenir des eaux usées de la ville de Paris dont la concentration avoisine les 5  $\mu\text{g/L}$ . Il nous est difficile de privilégier l'une ou l'autre des hypothèses car plusieurs paramètres restent inconnus : débit des eaux usées, évolution temporelle de leur teneur en hydrocarbures... Pour les **eaux interstitielles**, les concentrations en hydrocarbures aliphatiques dissous fluctuent d'un échantillon à l'autre et d'une campagne à l'autre : en décembre, de 7 à 10.8  $\mu\text{g/L}$  ; en mars, de 4.5 à 34  $\mu\text{g/L}$ .

#### Concentrations en hydrocarbures particulières

#### Sédiments



**Figure 14.** Echantillon de sédiment (STR1), hydrocarbures aromatiques fraction particulaire

Au niveau du milieu du lac, échantillonné lors des deux campagnes, nous remarquons que les concentrations particulières pour les sédiments sont plus importantes en décembre qu'en mars, d'un facteur 32 pour les hydrocarbures aliphatiques (36.5  $\mu\text{g/g.ms}$  contre 1.1  $\mu\text{g/g.ms}$ ) et d'un facteur 15 pour les hydrocarbures aromatiques (13.2  $\mu\text{g/g.ms}$  contre 0.9  $\mu\text{g/g.ms}$ ). Ces écarts sont à relier à la nature des sédiments : argilo-limoneux en décembre et sablonneux en mars.

Pour la zone du diffuseur (figure 14), une tendance identique se dégage : pour les hydrocarbures aromatiques (facteur de 2.2) ainsi que pour les hydrocarbures aliphatiques (facteur de 31). Dans ces quatre échantillons, phénanthrène, anthracène, fluoranthène et pyrène sont les HAP présents systématiquement. Dans l'ouvrage "la Seine en son bassin" (Meybeck *et al.*, 1998), la plupart de ces composés (phénanthrène, fluoranthène et pyrène) apparaissaient également comme étant les principaux HAP dans les sédiments de Seine. De même, ils ont été retrouvés majoritairement dans des sédiments dragués américains (Besser *et al.*, 1996).

En décembre, le sédiment prélevé au niveau du rejet en Seine présente des teneurs en hydrocarbures aliphatiques de 14,5 µg/g.ms alors qu'il est exempt de composés aromatiques. L'échantillon de mars prélevé à proximité de la Sivatru n'a pu être exploité pleinement suite à des difficultés analytiques. Ainsi, seuls les hydrocarbures aromatiques ont été mesurés (14,5 µg/g.ms) parmi ceux-ci l'on retrouve les quatre HAP déjà cités. L'analyse chromatographique de cet échantillon a mis en évidence un UCM (unresolved complex mixture) dans la fraction aromatique, conduisant à un rapport UCM / R égal à 31, qui souligne une origine anthropique.

### MES

Les analyses ont été réalisées sur des quantités de matières faibles (de l'ordre de 10 mg), ce qui engendre des incertitudes plus importantes que sur des échantillons de sédiment (extraction sur 1 à 1,5 g de matériau).

Pour les eaux libres du lac, quelle que soit la période de prélèvement, les teneurs en hydrocarbures aromatiques sont toujours inférieures à la limite de détection (0.01µg/g pour un composé). Pour le point de prélèvement commun aux deux campagnes, au milieu du lac, décembre est moins chargé en hydrocarbures aliphatiques que mars (126 contre 395 µg/g.ms). Au niveau du diffuseur et de la Sivatru, les concentrations en hydrocarbures aliphatiques sont de 433.4 et 138.5 µg/g.ms en mars. Les MES des eaux usées de la ville de Paris contiennent quant à elles 394.8 µg/g.ms d'hydrocarbures aliphatiques.

Sur les échantillons prélevés au niveau du rejet en Seine, des différences significatives existent entre les deux campagnes. En effet, décembre est plus chargé en hydrocarbures aliphatiques que mars : 204.4 contre 69.2 µg/g.ms. Cependant, ces deux échantillons ne sont absolument pas représentatifs de ce point. En décembre, le sédiment avait été prélevé dans des conditions peu représentatives, en mars, la Seine étant en crue, l'eau de Seine s'introduisait alors dans le lac de Triel. Ainsi, dans les deux cas, l'origine des particules analysées reste incertaine. Toutefois, en mars, la concentration en hydrocarbures aromatiques est de 4.0 µg/g.ms. De même, les échantillons d'eau de Seine tant en décembre qu'en mars, possédaient des teneurs en hydrocarbures aromatiques particulières décelables : 82.4 et 1.9 µg/g.ms respectivement. Pour les aliphatiques, décembre est 15 fois plus concentré que mars (1218 µg/g.ms contre 80.4).

### Rapport UCM/R

L'UCM (unresolved complex mixture) est un renflement que l'on observe parfois sur le chromatogramme. Il correspond aux composés que l'appareil de mesure n'a pu séparer. Nous pouvons, de la même manière que pour les hydrocarbures résolus, quantifier cet UCM. R correspond à la somme des hydrocarbures aliphatiques résolus par l'appareil de mesure. L'étude du rapport UCM / R (tableau 6) met en évidence l'origine anthropique des hydrocarbures aliphatiques.

**Tableau 6.** *Rapports UCM / R, hydrocarbures aliphatiques particulières.*

	Décembre						Mars				
Echantillons	TS1	TS2	TS3	STr1	STr2	ETr1	ETr2	ETr3	ESTr1	ESTr2	
UCM/R	7	72	23	18	43	12	13	15	7	8	

### Répartition des hydrocarbures particuliers et dissous





Figure 15. Répartition dissous / particulaire au milieu du lac.

Pour les eaux libres au milieu du lac (figure 15), les hydrocarbures aliphatiques se trouvent pour 90% sous forme dissoute tant en décembre qu'en mars. Ce résultat indiquerait une affinité plus grande des hydrocarbures aliphatiques pour la phase dissoute que particulaire. Les mesures effectuées sur l'eau de Seine (figure 17), elles, montrent que 100% des hydrocarbures aliphatiques sont présents sous forme particulaire.

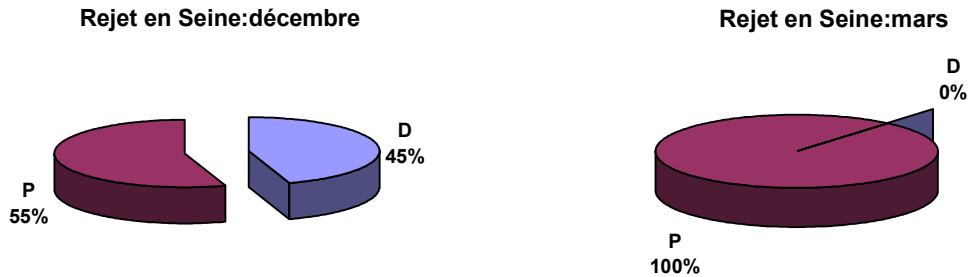


Figure 16. Répartition dissous / particulaire au niveau du rejet en Seine.

Pour les échantillons au niveau du rejet en Seine (figure 16), en décembre, si l'on fait abstraction des conditions de prélèvement, la forme particulaire est très légèrement supérieure à la forme dissoute. Ce résultat tendrait à confirmer la tendance constatée sur les eaux libres dans le lac de Triel (dissous > particulaire). En mars, on retrouve une répartition dissous / particulaire identique à celle de l'eau de Seine. Ce résultat est attendu, la Seine étant en crue au moment du prélèvement.



Figure 17. Répartition dissous / particulaire en Seine.

En mars, à proximité de la Sivatru et au niveau du diffuseur, les hydrocarbures aliphatiques se retrouvent sous forme dissoute majoritairement. Le résultat de ETr3 (Sivatru) confirme le constat précédemment établi (79% de dissous contre 21% de particulaire). Au niveau du diffuseur, cette tendance est moins marquée (57% de dissous contre 43% de particulaire).



Figure 18. Répartition dissous / particulaire à proximité de la Sivatru et au niveau du diffuseur.

A partir de ces constatations, on peut s'interroger sur l'origine des hydrocarbures dans les eaux du lac. En effet, l'eau de Seine, utilisée lors de la dilution des sédiments dragués pour faciliter leur transfert de la barge vers le site de dépôt, contient des hydrocarbures aliphatiques sous forme majoritairement particulaire. De même, les eaux usées de la ville de Paris possèdent une répartition du même type (81% particulaire, le reste dissous). Il semblerait que les hydrocarbures aliphatiques dissous présents dans le lac proviennent d'un relargage des produits de dragage entreposés. Cependant, le contexte du site de Triel (proximité d'activités industrielles diverses et rejet d'eaux usées des champs d'épandage de la ville de Paris) ne nous permet pas d'être affirmatif. Nous ne possédons aucune information sur l'état initial du site avant tout dépôt.

Nous constatons que toutes les concentrations en hydrocarbures des échantillons prélevés à Triel sont inférieures au seuil 1 préconisé par VNF qui est de 100 µg/g.ms.

### **3.8. Conclusions concernant le site de Triel sur Seine**

L'étude du site de dépôt de Triel sur Seine a permis de mesurer les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques particuliers et dissous) sur des échantillons de nature différente : sédiments, eaux interstitielles, eaux libres, MES... A partir de ces résultats, nous avons mis en évidence une prédominance des hydrocarbures aliphatiques sous forme dissoute dans les eaux libres du site. A l'inverse, des mesures réalisées sur l'eau de Seine montrent que ces hydrocarbures sont présents majoritairement sous forme particulaire.

Cependant, ces concentrations en hydrocarbures aliphatiques dissous, non négligeables, ne peuvent directement être attribuées à un relargage des produits de dragage déposés. En effet, elles peuvent également provenir des eaux usées de la ville de Paris ou d'une infiltration de la Sivatru. C'est pourquoi il convient d'être prudent quant aux interprétations de ces résultats étant donné le manque d'informations sur le site de dépôt et son fonctionnement, ainsi que sur les différentes activités entourant le site.

## **4. Le site du Rouillard**

Le site du Rouillard a été choisi pour recueillir les matériaux dragués de la Seine et de l'Oise lors des campagnes de dragages qui débuteront en 1999. Ce site nous permet d'une part d'effectuer un suivi des polluants présents dans les sédiments dragués jusqu'à leur mise en dépôt puis lors de leur stockage dans le dépôt, et d'autre part, il présente l'avantage de n'avoir jamais reçu de matériaux de dragages. De plus, les matériaux déposés dans le site sont sous le contrôle exclusif d'EMCC, et de ce fait, les dépôts 'sauvages' seront évités. Ainsi différents bilans, tant hydrique que massique (micropolluants, azote, phosphore, matières organiques, etc.) pourront être effectués durant l'exploitation de ce site.

### **4.1. Présentation du site**

Le site du Rouillard se situe sur la rive gauche de la Seine à 5 km en aval du site de Triel sur une ancienne gravière. Cet étang n'avait reçu aucun matériaux de remblaiement avant les premiers dépôts de matériaux de dragage effectués fin juin 1999. Il est destiné à accueillir 80000 à 110000 m<sup>3</sup> de sédiment dilué par an.

L'étang est situé au sein de la base de loisirs de Verneuil sur Seine (figure 1). Il a une superficie de 90000 m<sup>2</sup>. Les matériaux de dragage mis en dépôt restent recouverts d'une lame d'eau de 1 à 2 m. Ce site est équipé de trois piézomètres répartis autour de l'étang. Il sera très prochainement équipé de deux piézomètres au cœur du dépôt destinés à échantillonner les eaux interstitielles des matériaux déposés.

### **4.2. Situation réglementaire du site**

Le site du Rouillard étant une ancienne gravière, il est donc soumis, au même titre que le site de Triel, à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi sur l'eau 92-3 du 3 janvier

1992, de même qu'il est soumis au régime d'autorisation des installations classées. La totalité des obligations réglementaires citées dans le cadre du site de Triel est valable pour le site du Rouillard.

### 4.3. Procédure de mise en dépôt

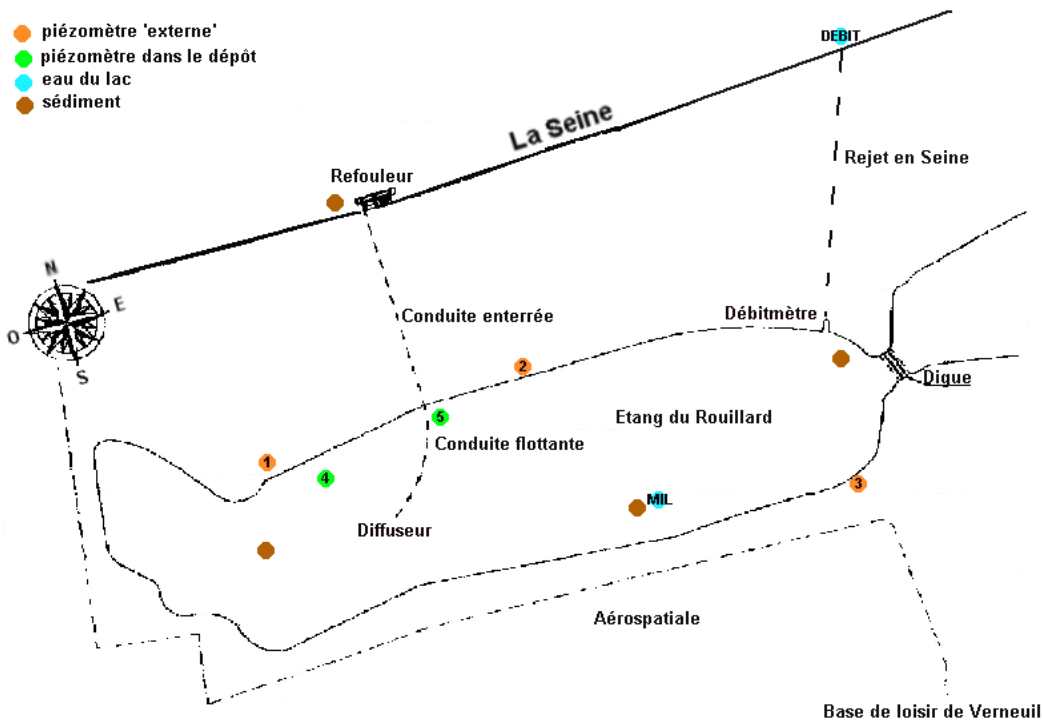


Figure 19. Représentation schématique du site du Rouillard.

Cette procédure est identique à celle utilisée sur le site de Triel. La conduite de rejet en seine est ici enterrée pour des raisons esthétiques, le site appartenant à une base de loisirs. L'étang du Rouillard est représenté figure 19.

### 4.4. Caractérisation initiale du site

#### *Etat initial du site.*

L'état initial du site correspond à la qualité de l'eau et des sédiments de l'étang avant les premiers dépôts de matériaux de dragage. Cet état est nécessaire au suivi du site. En effet, il constitue une référence à laquelle les mesures de suivi seront ensuite comparées. Le 18 mars 1999, des prélèvements d'eau et de sédiments de l'étang ont été effectués. Sur les échantillons du 18 mars, nous avons mesuré les paramètres dont les protocoles sont décrits dans la partie « matériels et méthodes » de ce rapport. Les résultats de cette campagne sont donnés en annexe 2.

Nous constatons que les résultats 'eau brute', dans la majorité des cas, se situent en dessous des limites de détection des appareils de mesure, et que toutes les valeurs sont inférieures aux limites imposées par le décret n°91.257 dans la catégorie A1, qui représente la qualité d'une eau douce superficielle utilisée pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. C'est la catégorie la plus exigeante pour les paramètres concernant les substances indésirables (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, hydrocarbures, Fe, Mn, Cu, Zn, P, F, B, Ba) et les substances toxiques (métaux lourds, HAP) (cf. annexe 3).

Les résultats 'sédiment' ont été comparés aux limites décrites en annexe 4. Nous constatons que ces valeurs correspondent à la catégorie 1 'VNF' et donc aux valeurs imposées pour un sol destiné à recueillir des boues d'épandage. C'est à dire que ces sédiments ne sont pas considérés comme contaminés.

## *Sa géologie*

Nous ne possédons à ce jour que peu d'information concernant la géologie du site. Nous avons à disposition la composition grossière des différentes couches géologiques grâce aux travaux de forage des 3 piézomètres situés autour de l'étang :

- de 0 à environ -1 m = remblai,
- de -1 m à environ -1.5 m = limon brun foncé,
- de -1,5 à environ -5 m = sable argileux gris,
- de -5 m à environ -10 m = sable et graviers,
- de -10 m à environ -12 m = craie.

Il est toutefois prévu, dans le courant de l'année 2000, d'effectuer un sondage géologique sur le site qui permettra de déterminer les perméabilités des différentes couches du sol environnant l'étang.

### **4.5. Les points de prélèvement et fréquences d'échantillonnage**

L'emplacement des différents points de prélèvement est représenté figure 19. Il s'agit d'échantillons d'eau de l'étang (au milieu du lac et au niveau du rejet en Seine), d'eau de piézomètres 'externes' en trois points autour du lac, d'eau de piézomètres 'dans le dépôt' en deux points du lac et d'échantillons de matériaux de dragage prélevés dans les barges ou dans l'étang. Nous prélevons également chaque mois un échantillon d'eau de Seine, eau qui dilue à 90 % les matériaux mis en dépôt. Les fréquences d'échantillonnage sont les suivantes :

- Les eaux superficielles du lac et l'eau de Seine sont échantillonnées 1 fois par mois,
- Les eaux de piézomètre sont échantillonnées une fois par trimestre,
- Les matériaux de dragage sont échantillonnés une fois par trimestre.

Ces fréquences d'échantillonnage sont appliquées depuis la première campagne d'échantillonnage qui a eu lieu en juillet 1999 et le resteront jusqu'à la dernière campagne qui aura lieu en décembre 2000.

### **4.6. Premiers résultats sur les eaux superficielles**

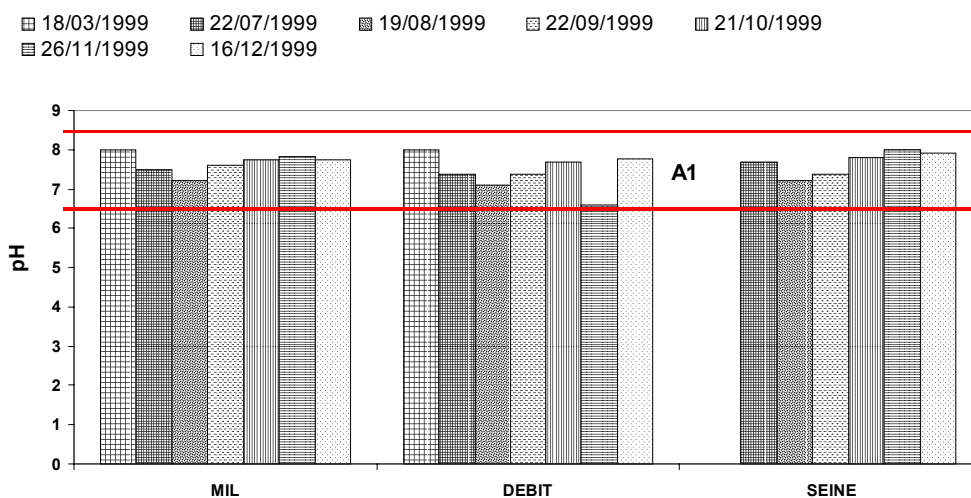
Nous ne présenterons ici qu'une partie des résultats obtenus lors des premières campagnes d'échantillonnage. Il s'agit de quelques paramètres mesurés sur les eaux superficielles de l'étang. En effet, les autres types d'échantillon (piézomètre et matériaux de dragage) n'étant prélevés qu'une fois par trimestre, nous n'avons pas rassemblé suffisamment de données pour pouvoir exploiter ces résultats.

#### *Résultats de pH pour les échantillons d'eau superficielle de l'étang.*

Le pH des eaux naturelles varie habituellement entre 7,2 et 7,6 (Rodier *et al.*, 1996). Les exigences concernant la qualité des eaux douces superficielles destinées à être utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (décret n°91-257) sont d'un pH oscillant de 6,5 à 8,5 pour une eau de qualité A1 (seul un traitement physique simple et une désinfection sont nécessaires pour transformer cette eau en eau alimentaire) – annexe 3.

Les résultats obtenus lors des mesures in situ effectuées sur le site du Rouillard correspondent à cette catégorie A1 (figure 20). Sur ce paramètre, la mise en dépôt de matériaux de dragage n'a jusqu'à aujourd'hui aucune influence.

### pH des eaux de l'étang et de la Seine

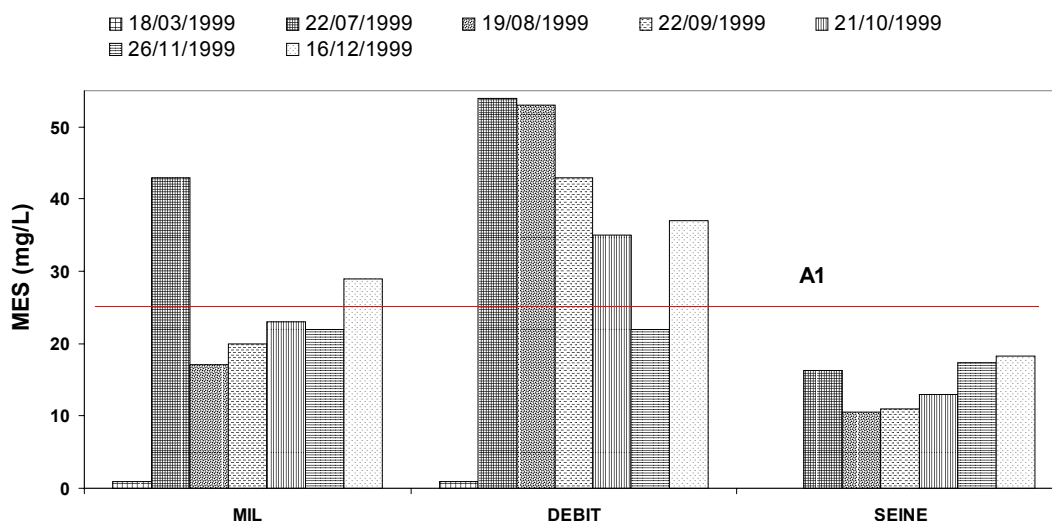


**Figure 20.** pH des eaux du milieu de l'étang du Rouillard (MIL), au niveau du rejet en Seine équipé d'un débitmètre (DEBIT), et de l'eau de Seine (SEINE).

### Résultats de MES pour les échantillons d'eau superficielle de l'étang.

Les teneurs en matières en suspension dans l'eau sont très variables selon les cours d'eau. Elles sont fonction de la nature du terrain traversé, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets etc... (Rodier *et al.* 1996). Le cas qui nous préoccupe ici rassemble la totalité de ces paramètres qui font que les teneurs en MES fluctuent. En effet, depuis le mois de juillet 1999, l'étang du Rouillard n'a cessé d'être remblayé jour après jour par des matériaux de dragage. Ce type de travaux qui utilise des pompes puissantes génère des remous conséquents dans l'étang et agit ainsi sur les teneurs en MES. De plus, l'effet de ces travaux sur les teneurs en MES dépend beaucoup de la nature des matériaux mis en dépôt. (figure 21). La mise en dépôt a donc entraîné une augmentation de la teneur en MES comme le laissait présager le mode de remblaiement.

### MES des eaux de l'étang et de la Seine



**Figure 21.** MES des eaux superficielles au milieu du lac (MIL), au niveau du rejet en Seine équipé d'un débitmètre (DEBIT) et MES de l'eau de Seine.

### Résultats de COD pour les échantillons d'eau superficielle de l'étang.

Les composés organiques trouvés dans les eaux superficielles proviennent des activités humaines industrielles et agricoles ainsi qu'aux activités naturelles (substances humiques). Dans les eaux superficielles, la teneur en carbone organique varie de 0,5 à 2 mg/L.

Les directives européennes relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine ne font pas état d'un niveau guide ou d'une concentration maximale admissible pour le carbone organique. Elles précisent cependant que les causes d'augmentation doivent être recherchées. La réglementation française prévoit des contrôles complémentaires dans le cas où la teneur augmente par rapport à la concentration habituelle. La valeur de 4 mg/L ne devrait pas être dépassée (Rodier *et al.* 1996). Or, d'après les résultats rassemblés figure 22, les concentrations varient de 4,6 à 8 mg/L dans les eaux du lac après les premiers remblais. La concentration en COD dans les eaux du lac avant les dépôts était de 3,8 mg/L. Ces fortes valeurs observées après les premiers remblais pourraient s'expliquer par les valeurs très élevées trouvées dans les eaux interstitielles de sédiments de la Seine et de l'Oise dont les concentrations sont de l'ordre de 40 à 390 mg/L (résultats obtenus lors de la campagne 'avant dragage' effectué du 07/04/99 au 16/04/99 par le SNS). Les matériaux de dragage étant brassés lors de la mise en dépôt, le COD contenu dans les eaux interstitielles serait alors libéré et dilué dans les eaux superficielles. De plus, la variabilité des résultats observée d'un mois à l'autre pourrait s'expliquer par la nature des matériaux de remblai.

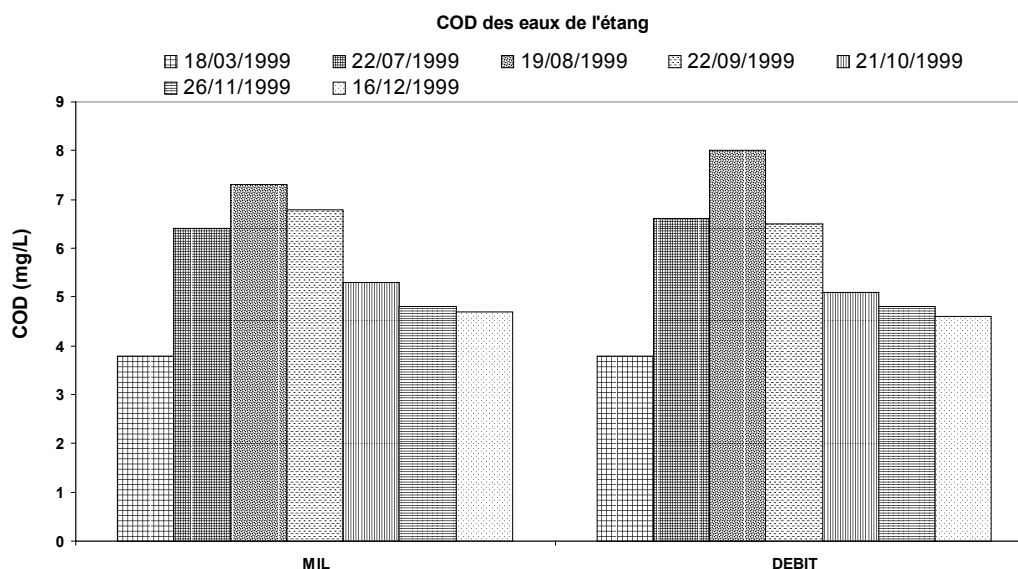


Figure 22. COD des eaux superficielles au milieu du lac (MIL), au niveau du rejet en Seine équipé d'un débitmètre (DEBIT)

## 5. Conclusions et perspectives

Ces résultats nous poussent à penser que la poursuite de ces travaux pourrait confirmer la tendance observée qui est celle d'une éventuelle dégradation de la qualité de l'eau du site. Cependant, les mesures effectuées jusqu'à ce jour ne reflètent qu'une facette de la mise en dépôt : la phase de remplissage. En effet, le remplissage n'est pas continu sur une année et pendant six mois, le dépôt n'est pas comblé. Nous allons donc observer cette phase de repos dans les prochains mois. De plus, les résultats présentés ici ne sont que partiels et il est par conséquent raisonnable de penser que seuls les résultats finaux rendront compte de la situation dans le dépôt.

La mise en place d'un site pilote expérimental fait partie des projets associés à cette action. Ce site de taille réduite possèdera une géomembrane qui nous permettra de collecter les eaux interstitielles d'un matériau de dragage de qualité connue. En outre, afin de compléter ces données *in situ*, nous envisageons de simuler les mécanismes de relargage en réacteurs de laboratoire.

## Références

Barrick, R. C. (1982), "Flux of aliphatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons to Central Puget Sound from Seattle (Westpoint) Primary Sewage Effluent", *Environmental Science and Technology*, **16**, 10, pp.682-692.

Baumard, P. et Budzinski, H. (1997), "Internal standard qualification method and gas chromatograph-mass spectrometer (GC-MS) : a reliable tool for polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) quantification in natural matrices", *Analisis*, **25**, 246-252.

Besser, J.M., Geisy, J.P., Kubitz, J.A., Verbrugge, D.A., Coon, T.G. et Emmett Braselton, W. (1996), "Assessment of sediment quality in dredged and undredged areas of the Trenton Channel of the Detroit River, Michigan USA, using the sediment quality triad", *Journal Great Lakes Research*, **22**, 3, 683-696.

Carey, J. H., Ongley, E.D. et Nagy, E. (1990), "Hydrocarbons transport in the Mackenzie River, Canada.", *The Science of Total Environment*, **97/98**, 69-88.

Chui, P. C. et Tay, J. H. (1997), "Non-conventional construction materials from dredging spoils", *Environmental Monitoring and Assessment*, **44**, 285-294.

Cossa D., Meybeck M., Idlafkih Z. et Bombled B. (1994) "Etude pilote des apports en contaminants par la Seine", Rapport d'étude IFREMER, AESN et Ministère de l'Environnement, Nantes, 89 p + annexes

Fioole, A., Houwing, E-J. et van der Heijdt, L. M. (1998), "Surfis : a tool for designing and optimizing dredging schemes", *Water Science Technology*, **37**, 6-7, 103-107.

Hauge, A., Konieczny, R. M., Halvorsen, P. O. et Heikum, A. (1998), "Remediation of contaminated sediments in Oslo harbour, Norway.", *Water Science Technology*, **37**, 6-7, 299-305.

Letellier, M., Budzinski, H., Garrigues, P. et Wise, S. (1996/1997), "Focused microwave-assisted extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in open cell from reference materials (sediment, soil, air particulates)", *Spectroscopy*, **13**, 71-80.

Meybeck, M., De Marsily, G. et Fustec, E. (1998), "La Seine en son bassin. Fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé.", *Editions Elsevier*, 748 p.

Palermo, M. R. (1998), "Design considerations for in-situ capping of contaminated sediments", *Water Science Technology*, **37**, 6-7, 315-321.

Petersen, W. , Wallmann, K., Li, P. , Schroedrer, F. et Knauth, H. D. (1996), "The influence of diagenetic processes on the exchange of trace contaminants at the sediment-water interface", éditions, Calmano/Förstner (Hrsg), Springer, collection **37-50** p.

Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.-P., Chambon, P., Champsaur, H. et Rodi, L. (1996), "L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer", *Dunod éditions*, Paris, 8<sup>o</sup> édition 1383 p.

Wise, S. A., Schantz, M. M., Jr., Benner B. A., J., Hays M. et Schiller, S. B. (1995), "Certification of polycyclic aromatic hydrocarbons in a marine sediment standard reference material", *Analytical Chemistry*, **67**, 7, 1171-1178.

## Annexes

### Annexe 1 : Résultats de la pré-campagne de décembre

#### *Nomenclature concernant l'analyse des hydrocarbures*

<b>Paramètres</b>	<b>Abréviations</b>
Hydrocarbures Aliphatiques	Ali
Hydrocarbures Aromatiques	Aro
Hydrocarbures Aliphatiques plus Aromatiques	HC
Hydrocarbures Dissous	D
Hydrocarbures Particulaires	P
Hydrocarbures Dissous plus Particulaires	D+P
Hydrocarbures Résolus	R
Hydrocarbures Non Résolus	UCM
Hydrocarbures Résolus plus Non Résolus	R+UCM



*Echantillon TSI : échantillon de sédiment prélevé en zone 1*

<b>Concentrations en Ali R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>Nb. C</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Octane	C8	-	-
Nonane	C9	-	-
Decane	C10	-	-
Undecane	C11	-	-
Dodecane	C12	0,74	1,06
Tridecane	C13	0,64	1,13
Tetradecane	C14	1,37	1,88
Pentadecane	C15	0,92	2,33
Hexadecane	C16	0,46	3,38
Heptadecane	C17	-	5,51
Pristane	Prist	0,82	-
Octadecane	C18	0,88	5,49
Phytane	Phyt	1,17	4,08
Nonadecane	C19	-	3,31
Eicosane	C20	-	3,61
Heneicosane	C21	-	1,04
Docosane	C22	-	1,05
Tricosane	C23	1,71	1,61
Tetracosane	C24	-	1,18
Pentacosane	C25	-	4,07
Hexacosane	C26	-	1,69
Heptacosane	C27	-	10,84
Octacosane	C28	-	2,27
Nonacosane	C29	-	16,30
triacontane	C30	-	3,07
Untriacontane	C31	-	12,03
Dotriacontane	C32	-	-
Tritriacontane	C33	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>7,00</b>	<b>86,94</b>

<b>Concentrations en Aro R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>PM</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Naphtalène	128	-	-
Acénaphtylène	152	1,02	-
Acénaphtène	154	2,86	-
Fluorène	165	-	-
Phénanthrène	178	-	10,09
Anthracène	178	19,34	24,10
Fluoranthène	202	-	2,08
Pyrène	202	-	1,22
Benzo(a)anthracène	228	-	-
Chrysène	228	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>23,21</b>	<b>37,50</b>

*Echantillon TS2 : échantillon de sédiment prélevé en zone 2*

<b>Concentrations en Ali R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>Nb. C</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Octane	C8	-	-
Nonane	C9	-	-
Decane	C10	-	-
Undecane	C11	-	-
Dodecane	C12	-	1,14
Tridecane	C13	-	1,12
Tetradecane	C14	3,34	1,41
Pentadecane	C15	2,50	1,87
Hexadecane	C16	2,63	-
Heptadecane	C17	-	3,78
Pristane	Prist	-	-
Octadecane	C18	-	4,02
Phytane	Phyt	-	9,88
Nonadecane	C19	-	-
Eicosane	C20	-	-
Heneicosane	C21	-	1,22
Docosane	C22	-	-
Tricosane	C23	0,90	-
Tetracosane	C24	-	-
Pentacosane	C25	0,25	2,52
Hexacosane	C26	-	-
Heptacosane	C27	-	4,38
Octacosane	C28	1,00	-
Nonacosane	C29	-	5,21
Triacotane	C30	-	-
Untriacontane	C31	-	-
Dotriacontane	C32	-	-
Tritriacontane	C33	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>10,61</b>	<b>36,55</b>

<b>Concentrations en Aro R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>PM</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Naphtalène	128	-	-
Acénaphtylène	152	-	-
Acénaphtène	154	-	0,30
Fluorène	165	-	0,30
Phénanthrène	178	-	1,61
Anthracène	178	-	1,49
Fluoranthène	202	-	2,42
Pyrène	202	-	2,16
Benzo(a)anthracène	228	-	1,16
Chrysène	228	-	1,72
Benzo(b)fluoranthène	252	-	1,51
Benzo(k)fluoranthène	252	-	0,59
Benzo(a)pyrène	252	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>13,26</b>

*Echantillon TS3 : échantillon de sédiment prélevé en zone 3*

<b>Concentrations en Ali R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>Nb. C</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Octane	C8	-	-
Nonane	C9	-	-
Decane	C10	-	-
Undecane	C11	-	-
Dodecane	C12	-	-
Tridecane	C13	-	-
Tetradecane	C14	10,82	-
Pentadecane	C15	-	-
Hexadecane	C16	-	1,62
Heptadecane	C17	-	-
Pristane	Prist	-	-
Octadecane	C18	-	3,58
Phytane	Phyt	-	-
Nonadecane	C19	-	1,94
Eicosane	C20	-	2,35
Heneicosane	C21	-	-
Docosane	C22	-	0,65
Tricosane	C23	-	0,52
Tetracosane	C24	-	-
Pentacosane	C25	-	0,92
Hexacosane	C26	-	-
Heptacosane	C27	-	1,56
Octacosane	C28	-	-
Nonacosane	C29	-	1,37
Triacotane	C30	-	-
Untriacontane	C31	-	-
Dotriacontane	C32	-	-
Tritriacontane	C33	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>10,82</b>	<b>14,51</b>

<b>Concentrations en Aro R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>PM</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Naphtalène	128	-	-
Acénaphtylène	152	-	-
Acénaphtène	154	-	-
Fluorène	165	-	-
Phénanthrène	178	-	-
Anthracène	178	-	-
Fluoranthène	202	-	-
Pyrène	202	-	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-
Chrysène	228	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>0</b>

*Echantillon BSED : échantillon d'eau de Seine (de dilution)*

Concentrations en Ali R						
Nom HC	Nb. C	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Octane	C8	-	-	-	-	-
Nonane	C9	-	-	-	-	-
Decane	C10	-	-	-	-	-
Undecane	C11	-	-	-	-	-
Dodecane	C12	-	-	-	-	-
Tridecane	C13	-	73,83	1,27	1,27	-
Tetradecane	C14	-	190,88	3,28	3,28	-
Pentadecane	C15	-	123,01	2,12	2,12	-
Hexadecane	C16	-	100,93	1,74	1,74	0,43
Heptadecane	C17	-	95,18	1,64	1,64	-
Pristane	Prist	-	53,12	0,91	0,91	-
Octadecane	C18	-	130,85	2,25	2,25	0,50
Phytane	Phyt	-	138,44	2,38	2,38	1,07
Nonadecane	C19	-	83,59	1,44	1,44	-
Eicosane	C20	-	66,895	1,15	1,15	0,55
Heneicosane	C21	-	50,22	0,86	0,86	-
Docosane	C22	-	39,58	0,68	0,68	0,54
Tricosane	C23	-	43,21	0,74	0,74	0,63
Tetracosane	C24	-	28,52	0,49	0,49	1,00
Pentacosane	C25	-	-	-	-	1,00
Hexacosane	C26	-	-	-	-	1,19
Heptacosane	C27	-	-	-	-	1,03
Octacosane	C28	-	-	-	-	0,96
Nonacosane	C29	-	-	-	-	0,78
Triacotane	C30	-	-	-	-	0,95
Untriacontane	C31	-	-	-	-	-
Dotriacontane	C32	-	-	-	-	-
Tritriacontane	C33	-	-	-	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>1218.3</b>	<b>20.95</b>	<b>20.95</b>	<b>10,61</b>

Concentrations en Aro R						
Nom HC	PM	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Naphtalène	128	-	-	-	-	-
Acénaphthylène	152	-	-	-	-	-
Acénaphthène	154	-	-	-	-	-
Fluorène	165	-	-	-	-	-
Phénanthrène	178	-	82.44	1.42	1.42	-
Anthracène	178	-	-	-	-	-
Fluoranthène	202	-	-	-	-	-
Pyrène	202	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-	-	-	-
Chrysène	228	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-	-	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>82.44</b>	<b>1.42</b>	<b>1.42</b>	<b>0</b>

*Echantillon TEL : échantillon d'eau libre dans Triel zone 2*

Concentrations en Ali R						
Nom HC	Nb. C	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Octane	C8	-	-	-	-	-
Nonane	C9	-	-	-	-	-
Decane	C10	-	-	-	-	-
Undecane	C11	-	-	-	-	-
Dodecane	C12	0,74	-	-	0,74	-
Tridecane	C13	0,59	-	-	0,59	-
Tetradecane	C14	1,23	0,85	0	1,23	0,95
Pentadecane	C15	0,50	1,24	0,01	0,51	-
Hexadecane	C16	0,35	2,47	0,01	0,36	-
Heptadecane	C17	0,35	5,14	0,02	0,37	-
Pristane	Prist	-	-	-	-	-
Octadecane	C18	0,34	9,62	0,04	0,38	-
Phytane	Phyt	-	-	-	-	-
Nonadecane	C19	0,28	10,74	0,05	0,33	-
Eicosane	C20	0,19	11,25	0,05	0,24	-
Heneicosane	C21	-	12,93	0,06	0,06	-
Docosane	C22	0,13	16,87	0,08	0,20	-
Tricosane	C23	0,11	9,85	0,05	0,16	2,34
Tetracosane	C24	-	10,22	0,05	0,05	-
Pentacosane	C25	0,13	8,00	0,04	0,18	-
Hexacosane	C26	0,12	6,75	0,03	0,15	-
Heptacosane	C27	0,09	8,40	0,04	0,13	-
Octacosane	C28	-	5,10	0,02	0,02	-
Nonacosane	C29	-	6,24	0,03	0,03	-
Triacotane	C30	-	-	-	-	-
Untriacontane	C31	-	-	-	-	-
Dotriacontane	C32	-	-	-	-	-
Tritriacontane	C33	-	-	-	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>5,15</b>	<b>125,65</b>	<b>0,58</b>	<b>5,73</b>	<b>3,29</b>

Concentrations en Aro R						
Nom HC	PM	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Naphtalène	128	-	-	-	-	-
Acénaphtyène	152	-	-	-	-	-
Acénaphène	154	-	-	-	-	-
Fluorène	165	-	-	-	-	-
Phénanthrène	178	-	-	-	-	-
Anthracène	178	-	-	-	-	-
Fluoranthène	202	-	-	-	-	-
Pyrène	202	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-	-	-	-
Chrysène	228	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-	-	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Echantillon TER : échantillon d'eau de rejet en Seine*

Concentrations en Ali R						
Nom HC	Nb. C	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Octane	C8	-	-	-	-	-
Nonane	C9	-	-	-	-	-
Decane	C10	-	-	-	-	-
Undecane	C11	-	-	-	-	-
Dodecane	C12	1,10	1,61	0,04	1,13	-
Tridecane	C13	0,63	3,92	0,09	0,72	-
Tetradecane	C14	1,86	9,79	0,23	2,09	-
Pentadecane	C15	-	5,13	0,12	0,12	-
Hexadecane	C16	-	7,21	0,18	0,17	-
Heptadecane	C17	-	10,31	0,24	0,24	-
Pristane	Prist	-	5,60	0,13	0,13	-
Octadecane	C18	0,26	18,12	0,42	0,68	-
Phytane	Phyt	-	14,75	0,34	0,34	-
Nonadecane	C19	-	17,94	0,41	0,41	-
Eicosane	C20	-	16,57	0,38	0,38	-
Heneicosane	C21	-	11,82	0,27	0,27	-
Docosane	C22	-	11,08	0,26	0,26	-
Tricosane	C23	-	10,32	0,24	0,24	-
Tetracosane	C24	-	8,89	0,21	0,21	-
Pentacosane	C25	-	6,36	0,15	0,15	-
Hexacosane	C26	-	5,68	0,13	0,13	-
Heptacosane	C27	-	8,25	0,19	0,19	-
Octacosane	C28	-	4,80	0,11	0,11	-
Nonacosane	C29	-	8,24	0,19	0,19	-
Triacotane	C30	-	7,69	0,18	0,18	-
Untriacontane	C31	-	10,38	0,24	0,24	-
Dotriacontane	C32	-	-	-	-	-
Tritriacontane	C33	-	-	-	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>3,85</b>	<b>204.42</b>	<b>4,72</b>	<b>8,57</b>	<b>0</b>

Concentrations en Aro R						
Nom HC	PM	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Naphtalène	128	-	-	-	-	-
Acénaphthylène	152	-	-	-	-	-
Acénaphène	154	-	-	-	-	-
Fluorène	165	-	-	-	-	14,88
Phénanthrène	178	-	-	-	-	-
Anthracène	178	-	-	-	-	-
Fluoranthène	202	-	-	-	-	-
Pyrène	202	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-	-	-	-
Chrysène	228	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-	-	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14.88</b>

## Résultats de la campagne de mars 1999

*Echantillon STr 1 : échantillon de sédiment prélevé dans la zone 1 (au niveau du refouleur)*

Concentrations en Ali R			
Nom HC	Nb. C	I (µg/L)	P (µg/g.ms)
Octane	C8	-	-
Nonane	C9	-	-
Decane	C10	-	-
Undecane	C11	-	-
Dodecane	C12	1,31	0,01
Tridecane	C13	1,18	0,04
Tetradecane	C14	2,13	0,14
Pentadecane	C15	1,11	0,10
Hexadecane	C16	0,69	0,14
Heptadecane	C17	-	0,15
Pristane	Prist	0,81	0,10
Octadecane	C18	0,77	0,12
Phytane	Phyt	-	0,15
Nonadecane	C19	-	0,07
Eicosane	C20	-	0,06
Heneicosane	C21	-	0,06
Docosane	C22	-	0,08
Tricosane	C23	-	0,10
Tetracosane	C24	-	0,10
Pentacosane	C25	-	0,17
Hexacosane	C26	-	0,09
Heptacosane	C27	-	0,33
Octacosane	C28	-	0,07
Nonacosane	C29	-	0,34
Triacotane	C30	-	0,05
Untriacontane	C31	-	0,22
Dotriacontane	C32	-	-
Tritriacontane	C33	-	0,08
Tetratriacontane	C34	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>8,00</b>	<b>2,77</b>

Concentrations en Aro R			
Nom HC	PM	I (µg/L)	P (µg/g.ms)
Naphtalène	128	-	-
Acénaphthylène	152	-	-
Acénaphène	154	-	-
Fluorène	165	-	-
Phénanthrène	178	-	1,35
Anthracène	178	-	1,18
Fluoranthène	202	-	2,08
Pyrène	202	-	1,46
Benzo(a)anthracène	228	-	2,63
Chrysène	228	-	4,19
Benzo(b)fluoranthène	252	-	2,00
Benzo(k)fluoranthène	252	-	0,97
Benzo(a)pyrène	252	-	0,72
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	0,21
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>16,8</b>

*Echantillon STr 2 : échantillon de sédiment prélevé dans la zone 2 (au milieu du lac)*

<b>Concentrations en Ali R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>Nb. C</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Octane	C8	-	-
Nonane	C9	-	-
Decane	C10	-	-
Undecane	C11	-	-
Dodecane	C12	5,32	-
Tridecane	C13	7,02	-
Tetradecane	C14	16,79	0,05
Pentadecane	C15	4,90	0,04
Hexadecane	C16	-	0,05
Heptadecane	C17	-	0,07
Pristane	Prist	-	0,04
Octadecane	C18	-	0,08
Phytane	Phyt	-	0,13
Nonadecane	C19	-	0,05
Eicosane	C20	-	0,04
Heneicosane	C21	-	0,04
Docosane	C22	-	0,04
Tricosane	C23	-	0,06
Tetracosane	C24	-	0,04
Pentacosane	C25	-	0,08
Hexacosane	C26	-	0,04
Heptacosane	C27	-	0,12
Octacosane	C28	-	-
Nonacosane	C29	-	0,09
triacontane	C30	-	-
Untriacontane	C31	-	0,07
Dotriacontane	C32	-	-
Tritriacontane	C33	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>34.03</b>	<b>1,14</b>

<b>Concentrations en Aro R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>PM</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Naphtalène	128	-	-
Acénaphtylène	152	-	-
Acénaphtène	154	-	-
Fluorène	165	-	-
Phénanthrène	178	-	0,28
Anthracène	178	-	0,13
Fluoranthène	202	-	0,18
Pyrène	202	-	0,19
Benzo(a)anthracène	228	-	0,05
Chrysène	228	-	0,07
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>0,89</b>



*Echantillon STr 3 : échantillon de sédiment prélevé dans la zone 3 (à proximité de la Sivatru)*

<b>Concentrations en Ali R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>Nb. C</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Octane	C8	-	
Nonane	C9	-	
Decane	C10	-	
Undecane	C11	-	
Dodecane	C12	0,65	
Tridecane	C13	-	
Tetradecane	C14	1,71	
Pentadecane	C15	-	
Hexadecane	C16	-	
Heptadecane	C17	-	
Pristane	Prist	-	
Octadecane	C18	-	
Phytane	Phyt	-	
Nonadecane	C19	-	
Eicosane	C20	-	
Heneicosane	C21	-	
Docosane	C22	-	
Tricosane	C23	-	
Tetracosane	C24	-	
Pentacosane	C25	-	
Hexacosane	C26	-	
Heptacosane	C27	-	
Octacosane	C28	-	
Nonacosane	C29	-	
Triacotane	C30	-	
Untriacontane	C31	-	
Dotriacontane	C32	-	
Tritriacontane	C33	-	
Tetratriacontane	C34	-	
<b>Concentration totale</b>		<b>2.36</b>	

<b>Concentrations en Aro R</b>			
<b>Nom HC</b>	<b>PM</b>	<b>I (µg/L)</b>	<b>P (µg/g.ms)</b>
Naphtalène	128	-	-
Acénaphthylène	152	-	-
Acénaphène	154	-	-
Fluorène	165	-	-
Phénanthrène	178	-	1,77
Anthracène	178	-	1,06
Fluoranthène	202	-	2,54
Pyrène	202	-	2,27
Benzo(a)anthracène	228	-	0,97
Chrysène	228	-	1,45
Benzo(b)fluoranthène	252	-	1,64
Benzo(k)fluoranthène	252	-	0,87
Benzo(a)pyrène	252	-	0,55
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	0,68
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	0,71
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>14,52</b>

*Echantillon ETr 1 : échantillon d'eau prélevé dans la zone 1 (au niveau du diffuseur)*

Concentrations en Ali R						
Nom HC	Nb. C	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Octane	C8	-	-	-	-	-
Nonane	C9	-	-	-	-	-
Decane	C10	-	-	-	-	-
Undecane	C11	-	-	-	-	-
Dodecane	C12	1,00	3,51	0,02	1,02	0,49
Tridecane	C13	0,79	7,30	0,05	0,84	0,33
Tetradecane	C14	1,88	7,19	0,05	1,93	0,76
Pentadecane	C15	-	5,90	0,04	0,04	0,23
Hexadecane	C16	-	5,01	0,03	0,03	0,19
Heptadecane	C17	-	6,10	0,04	0,04	-
Pristane	Prist	-	3,78	0,02	0,02	-
Octadecane	C18	-	13,83	0,09	0,09	-
Phytane	Phyt	-	6,56	0,04	0,04	-
Nonadecane	C19	-	10,5	0,07	0,07	-
Eicosane	C20	-	14,76	0,09	0,09	-
Heneicosane	C21	-	10,92	0,07	0,07	-
Docosane	C22	-	12,72	0,08	0,08	-
Tricosane	C23	-	19,15	0,12	0,12	-
Tetracosane	C24	-	25,17	0,16	0,16	-
Pentacosane	C25	-	29,71	0,19	0,19	-
Hexacosane	C26	-	31,66	0,20	0,20	-
Heptacosane	C27	-	39,45	0,25	0,25	-
Octacosane	C28	-	29,20	0,18	0,18	-
Nonacosane	C29	-	31,59	0,20	0,20	-
Triacontane	C30	-	49,90	0,31	0,31	-
Untriacontane	C31	-	43,01	0,27	0,27	-
Dotriacontane	C32	-	26,49	0,17	0,17	-
Tritriacontane	C33	-	-	-	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>3,67</b>	<b>433,39</b>	<b>2,73</b>	<b>6,4</b>	<b>2,00</b>

Concentrations en Aro R						
Nom HC	PM	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Naphtalène	128	-	-	-	-	-
Acénaphthylène	152	-	-	-	-	-
Acénaphène	154	-	-	-	-	-
Fluorène	165	-	-	-	-	-
Phénanthrène	178	-	-	-	-	-
Anthracène	178	-	-	-	-	-
Fluoranthène	202	-	-	-	-	-
Pyrène	202	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-	-	-	-
Chrysène	228	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-	-	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Echantillon ETr 2 : échantillon d'eau prélevé dans la zone 2 (au milieu du lac)*

Concentrations en Ali R						
Nom HC	Nb. C	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Octane	C8	-	-	-	-	-
Nonane	C9	-	-	-	-	-
Decane	C10	-	-	-	-	-
Undecane	C11	-	-	-	-	-
Dodecane	C12	1,54	8,13	0,06	1,60	-
Tridecane	C13	2,83	9,19	0,07	2,90	-
Tetradecane	C14	5,33	18,06	0,14	5,47	2,49
Pentadecane	C15	1,67	7,87	0,06	1,73	1,52
Hexadecane	C16	1,26	19,38	0,15	1,41	-
Heptadecane	C17	0,91	22,89	0,18	1,09	-
Pristane	Prist	1,00	11,04	0,09	1,09	-
Octadecane	C18	-	46,33	0,36	0,36	-
Phytane	Phyt	-	23,62	0,18	0,18	-
Nonadecane	C19	-	40,06	0,31	0,31	-
Eicosane	C20	-	38,93	0,30	0,30	-
Heneicosane	C21	-	6,84	0,05	0,05	-
Docosane	C22	-	8,50	0,07	0,07	-
Tricosane	C23	-	10,77	0,08	0,08	-
Tetracosane	C24	-	15,31	0,12	0,12	-
Pentacosane	C25	-	16,62	0,13	0,13	-
Hexacosane	C26	-	17,23	0,13	0,13	-
Heptacosane	C27	-	16,9	0,13	0,13	-
Octacosane	C28	3,73	12,08	0,09	3,82	-
Nonacosane	C29	-	13,10	0,10	0,10	-
Triacotane	C30	-	17,99	0,14	0,14	-
Untriacontane	C31	-	14,19	0,11	0,11	-
Dotriacontane	C32	-	26,49	-	-	-
Tritriacontane	C33	-	-	-	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>18,27</b>	<b>395,01</b>	<b>3,04</b>	<b>21,31</b>	<b>4,01</b>

Concentrations en Aro R						
Nom HC	PM	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Naphtalène	128	-	-	-	-	-
Acénaphthylène	152	-	-	-	-	-
Acénaphène	154	-	-	-	-	-
Fluorène	165	-	-	-	-	-
Phénanthrène	178	-	-	-	-	-
Anthracène	178	-	-	-	-	-
Fluoranthène	202	-	-	-	-	-
Pyrène	202	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-	-	-	-
Chrysène	228	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-	-	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Echantillon ETr 3 : échantillon d'eau prélevé dans la zone 3 (à proximité de la Sivatru)*

Concentrations en Ali R						
Nom HC	Nb. C	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Octane	C8	-	-	-	-	-
Nonane	C9	-	-	-	-	-
Decane	C10	-	-	-	-	-
Undecane	C11	-	-	-	-	-
Dodecane	C12	-	-	-	-	0,57
Tridecane	C13	-	-	-	-	0,53
Tetradecane	C14	-	2,29	0,02	0,02	1,31
Pentadecane	C15	-	-	-	-	0,44
Hexadecane	C16	-	2,83	0,02	0,02	0,30
Heptadecane	C17	-	3,50	0,03	0,03	-
Pristane	Prist	-	2,28	0,02	0,02	-
Octadecane	C18	-	6,99	0,05	0,05	-
Phytane	Phyt	-	1,75	0,01	0,01	-
Nonadecane	C19	-	5,87	0,04	0,04	-
Eicosane	C20	0,23	7,03	0,05	0,28	-
Heneicosane	C21	-	5,78	0,04	0,04	-
Docosane	C22	0,62	8,36	0,06	0,68	-
Tricosane	C23	-	8,02	0,06	0,06	-
Tetracosane	C24	0,74	13,40	0,10	0,84	-
Pentacosane	C25	-	13,01	0,10	0,10	-
Hexacosane	C26	0,69	11,68	0,09	0,78	-
Heptacosane	C27	-	12,14	0,09	0,09	-
Octacosane	C28	0,58	8,18	0,06	0,64	-
Nonacosane	C29	-	6,42	0,05	0,05	-
Triacotane	C30	0,62	9,45	0,07	0,69	-
Untriacontane	C31	-	9,53	0,07	0,07	-
Dotriacontane	C32	0,26	-	-	0,26	-
Tritriacontane	C33	-	-	-	-	-
Tetratriacontane	C34	0,10	-	-	0,10	-
<b>Concentration totale</b>		<b>3,84</b>	<b>138,5</b>	<b>1,04</b>	<b>4,88</b>	<b>3,15</b>

Concentrations en Aro R						
Nom HC	PM	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Naphtalène	128	-	-	-	-	-
Acénaphthylène	152	-	-	-	-	-
Acénaphène	154	-	-	-	-	-
Fluorène	165	-	-	-	-	-
Phénanthrène	178	-	-	-	-	-
Anthracène	178	-	-	-	-	-
Fluoranthène	202	-	-	-	-	-
Pyrène	202	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-	-	-	-
Chrysène	228	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-	-	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Echantillon REUTr : échantillon du rejet des eaux usées*

Concentrations en Ali R						
Nom HC	Nb. C	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Octane	C8	-	-	-	-	-
Nonane	C9	-	-	-	-	-
Decane	C10	-	-	-	-	-
Undecane	C11	-	-	-	-	-
Dodecane	C12	0,88	24,06	1,17	2,05	-
Tridecane	C13	0,74	-	-	0,74	-
Tetradecane	C14	1,29	32,55	1,59	2,88	0,30
Pentadecane	C15	0,73	19,66	0,96	1,69	0,15
Hexadecane	C16	0,36	39,86	1,94	2,30	0,11
Heptadecane	C17	-	8,77	0,43	0,43	0,13
Pristane	Prist	0,46	7,90	0,38	0,84	-
Octadecane	C18	-	14,14	0,69	0,69	-
Phytane	Phyt	-	14,84	0,72	0,72	-
Nonadecane	C19	-	9,82	0,48	0,48	-
Eicosane	C20	-	9,61	0,47	0,47	-
Heneicosane	C21	-	8,23	0,40	0,40	-
Docosane	C22	-	7,74	0,38	0,38	-
Tricosane	C23	-	11,07	0,54	0,54	-
Tetracosane	C24	-	14,79	0,72	0,72	-
Pentacosane	C25	-	16,94	0,83	0,83	-
Hexacosane	C26	-	22,78	1,11	1,11	-
Heptacosane	C27	-	24,56	1,20	1,20	-
Octacosane	C28	-	21,06	1,03	1,03	-
Nonacosane	C29	-	20,85	1,02	1,02	-
Triacontane	C30	-	33,33	1,62	1,62	-
Untriacontane	C31	-	32,27	1,57	1,57	-
Dotriacontane	C32	-	-	-	-	-
Tritriacontane	C33	-	-	-	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>4,46</b>	<b>394,82</b>	<b>19,23</b>	<b>23,71</b>	<b>0,69</b>

Concentrations en Aro R						
Nom HC	PM	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Naphtalène	128	-	-	-	-	-
Acénaphtylène	152	-	-	-	-	-
Acénaphène	154	-	-	-	-	-
Fluorène	165	-	-	-	-	-
Phénanthrène	178	-	-	-	-	-
Anthracène	178	-	-	-	-	-
Fluoranthène	202	-	-	-	-	-
Pyrène	202	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-	-	-	-
Chrysène	228	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-	-	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Echantillon ESTr 1 : échantillon d'eau (au niveau du rejet du site de dépôt)*

Concentrations en Ali R						
Nom HC	Nb. C	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Octane	C8	-	-	-	-	-
Nonane	C9	-	-	-	-	-
Decane	C10	-	-	-	-	-
Undecane	C11	-	-	-	-	-
Dodecane	C12	-	-	-	-	-
Tridecane	C13	-	-	-	-	-
Tetradecane	C14	-	0,81	0,05	0,05	-
Pentadecane	C15	-	1,74	0,10	0,10	-
Hexadecane	C16	-	4,64	0,26	0,26	-
Heptadecane	C17	-	6,54	0,37	0,37	-
Pristane	Prist	-	2,78	0,16	0,16	-
Octadecane	C18	-	6,78	0,38	0,38	-
Phytane	Phyt	-	3,33	0,19	0,19	-
Nonadecane	C19	-	5,00	0,28	0,28	-
Eicosane	C20	-	4,57	0,26	0,26	-
Heneicosane	C21	-	3,00	0,17	0,17	-
Docosane	C22	-	3,22	0,18	0,18	-
Tricosane	C23	-	3,03	0,17	0,17	-
Tetracosane	C24	-	3,24	0,18	0,18	-
Pentacosane	C25	-	3,76	0,21	0,21	-
Hexacosane	C26	-	2,68	0,15	0,15	-
Heptacosane	C27	-	3,83	0,21	0,21	-
Octacosane	C28	-	1,28	0,07	0,07	-
Nonacosane	C29	-	3,16	0,18	0,18	-
Triacontane	C30	-	2,19	0,12	0,12	-
Untriacontane	C31	-	3,68	0,21	0,21	-
Dotriacontane	C32	-	-	-	-	-
Tritriacontane	C33	-	-	-	-	-
Tetratriacontane	C34	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>69,23</b>	<b>3,87</b>	<b>3,87</b>	<b>0</b>

Concentrations en Aro R						
Nom HC	PM	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Naphtalène	128	-	-	-	-	-
Acénaphthylène	152	-	-	-	-	-
Acénaphène	154	-	-	-	-	-
Fluorène	165	-	-	-	-	-
Phénanthrène	178	-	1,66	0,09	0,09	-
Anthracène	178	-	-	-	-	-
Fluoranthène	202	-	0,81	0,05	0,05	-
Pyrène	202	-	1,94	-	-	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-	0,11	0,11	-
Chrysène	228	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-	-	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>4,41</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0</b>

*Echantillon ESTr 2 : échantillon d'eau de Seine (au niveau de la barge)*

Concentrations en Ali R						
Nom HC	Nb. C	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Octane	C8	-	-	-	-	-
Nonane	C9	-	-	-	-	-
Decane	C10	-	-	-	-	-
Undecane	C11	-	-	-	-	-
Dodecane	C12	-	6,19	0,04	0,04	-
Tridecane	C13	-	0,50	0	0	-
Tetradecane	C14	-	1,61	0,01	0,01	-
Pentadecane	C15	-	2,97	0,02	0,02	-
Hexadecane	C16	-	6,40	0,04	0,04	-
Heptadecane	C17	-	7,60	0,05	0,05	-
Pristane	Prist	-	3,20	0,02	0,02	-
Octadecane	C18	-	7,64	0,05	0,05	-
Phytane	Phyt	-	3,55	0,02	0,02	-
Nonadecane	C19	-	4,15	0,03	0,03	-
Eicosane	C20	-	4,02	0,03	0,03	-
Heneicosane	C21	-	2,91	0,02	0,02	-
Docosane	C22	-	2,81	0,02	0,02	-
Tricosane	C23	-	3,06	0,02	0,02	-
Tetracosane	C24	-	2,78	0,02	0,02	-
Pentacosane	C25	-	3,27	0,02	0,02	-
Hexacosane	C26	-	2,40	0,02	0,02	-
Heptacosane	C27	-	4,33	0,03	0,03	-
Octacosane	C28	-	1,55	0,01	0,01	-
Nonacosane	C29	-	3,46	0,02	0,02	-
Triacontane	C30	-	2,30	0,02	0,02	-
Untriacontane	C31	-	3,69	0,03	0,03	-
Dotriacontane	C32	-	-	-	-	-
Tritriacontane	C33	-	-	-	-	-
Tetracontane	C34	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>80,39</b>	<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0</b>

Concentrations en Aro R						
Nom HC	PM	D (µg/L)	P		D+P (µg/L)	T (µg/L)
			(µg/g)	(µg/L)		
Naphtalène	128	-	-	-	-	-
Acénaphthylène	152	-	-	-	-	-
Acénaphène	154	-	-	-	-	-
Fluorène	165	-	-	-	-	-
Phénanthrène	178	-	-	-	-	-
Anthracène	178	-	-	-	-	-
Fluoranthène	202	-	-	-	-	-
Pyrène	202	-	1,89	0,01	0,01	-
Benzo(a)anthracène	228	-	-	-	-	-
Chrysène	228	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthène	252	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	252	-	-	-	-	-
Dibenzo(ah)anthracène	278	-	-	-	-	-
Benzo(ghi)pérylène	278	-	-	-	-	-
Indeno(123-cd)pyrène	276	-	-	-	-	-
<b>Concentration totale</b>		<b>0</b>	<b>1,89</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0</b>

**Annexe 2 : Résultats des analyses effectuées sur les différents types d'échantillons prélevés dans l'étang du Rouillard le 18 mars 1999**

<b>Analyse</b>	<b>Eau brute</b>	<b>Sédiment</b>	<b>Eau interstitielle</b>
MES (mg/l)	<1		
Humidité (%)		60	
<b>Matières volatiles</b>			
Perte au feu (%)		5	
Granulométrie grossière		Maj. sableux	
pH	8	7,02	
Température (°C)	9.1	9.2	
O <sub>2</sub> (mg/l)	9,8		
<b>Potentiel redox</b>	370	-4	
NH <sub>4</sub> mg/l	0.04		2.37
<b>NTK mgN/l</b>	<0.5		2.4
NO <sub>2</sub> mgNO <sub>2</sub> /l	<0.02		<0.02
NO <sub>3</sub> mg NO <sub>3</sub> /l	<1.0		
Cd	<2 µg/l	<0.8 mg/kg	<2 µg/l
Zn	<0.01 mg/l	48 mg/kg	0.04 mg/l
Cr	<10 µg/l	15 mg/kg	<10 µg/l
Ni	<10 µg/l	8 mg/kg	<10 µg/l
Pb	<10 µg/l	10 mg/kg	<10 µg/l
Cu	<10 µg/l	7 mg/kg	<10 µg/l
As	<5 µg/l	<5 mg/kg	6.9 µg/l
Hg	<0.5 µg/l	0.06 mg/kg	<0.5 µg/l
Fe		4800 mg/kg	
Mn		9 mg/kg	
Al		3000 mg/kg	
Hydrocarbures IR µg/l	<10		<10
HAP: Fluoranthène	<0.05 µg/l	<0.1 µg/g	<0.05 µg/l
HAP: Benzo [B] Fluoranthène	<0.01 µg/l	0.04 µg/g	<0.01 µg/l
HAP: Benzo [K] Fluoranthène	<0.01 µg/l	0.01 µg/g	<0.01 µg/l
HAP: Benzo [A] Pyrène	<0.01 µg/l	0.02 µg/g	<0.01 µg/l
HAP: Benzo [GHI] Pérylène	<0.05 µg/l	<0.05 µg/g	<0.05 µg/l
HAP: Indeno [1,2,3-CD] Pyrène	<0.03 µg/l	<0.05 µg/g	<0.08 µg/l
HAP (total 6) µg/l	<0.16 µg/l	<0.27 mg/kg	<0.21 µg/l
HC Aliphatiques (mg/kg)		<38	
COD mgC/l	3.8		6.5
COP (g/kg)		13.5	
DBO5 mgO <sub>2</sub> /l	<3		<3
DCO mgO <sub>2</sub> /l	26		54
P Total mgP/l	<0.1		0.7
AOX (µgCl/l)			36



**Annexe 3 :Exigences de qualité des eaux douces superficielles destinées à être utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (décret n°91-257), extrait.**

G : valeur guide. I : valeur limite impérative

Analyses	A1		A2		A3	
	G	I	G	I	G	I
MES (mg/l)	25	-	-	-	-	-
Matières volatiles	-	-	-	-	-	-
pH	6,5-8,5		5,5-9		5,5-9	
Température (°C)	22	25	22	25	22	25
O <sub>2</sub> (mg/l)	-	-	-	-	-	-
<b>Potentiel redox</b>	-	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> (mg/l NH <sub>4</sub> )	0,05	-	1	1,5	2	4
<b>NTK (mg/l N)</b>	1	-	2	-	3	-
NO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
NO <sub>3</sub> (mg/l NO <sub>3</sub> )	25	50	-	50	-	50
Cd (µg/l Cd)	1	5	1	5	1	5
Zn (mg/l Zn)	0,5	3	1	5	1	5
Cr (µg/l Cr)	-	50	-	50	-	50
Ni	-	-	-	-	-	-
Pb (µg/l Pb)	-	50	-	50	-	50
Cu (mg/l Cu)	0,02	0,05	0,05	-	1	-
<b>As (µg/l As)</b>	10	50	-	50	50	100
Hg (µg/l Hg)	0,5	1	0,5	1	0,5	1
Hydrocarbures IR (mg/l)	-	0,05	-	0,2	0,5	1
HAP (total 6) (µg/l)	-	0,2	-	0,2	-	1
HC Aliphatiques	-	-	-	-	-	-
COD	-	-	-	-	-	-
COP	-	-	-	-	-	-
DBO5 (mg/l O <sub>2</sub> )	<3	-	<5	-	<7	-
DCO (mg/l O <sub>2</sub> )	-	-	-	-	30	-
P Total (mg/l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,4	-	0,7	-	0,7	-
AOX	-	-	-	-	-	-

**Catégories définies par le décret européen n°91-257 du 7 mars 1991.**

Définition des procédés de traitements types permettant la transformation des eaux superficielles des catégories A1, A2, A3 en eau alimentaire.

*Catégorie A1* : traitement physique simple et désinfection (ex : filtration rapide et désinfection).

*Catégorie A2* : traitement normal physique, chimique et désinfection (ex : préchloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, désinfection).

*Catégorie A3* : traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection (ex : chloration au *break point*, coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage – carbone actif -, désinfection –ozone, chloration finale-).

**Annexe 4 : Différentes limites déterminant la qualité des matériaux de dragage ou sédiments.**

	CATEGORIE 1*	CATEGORIE 2*	CATEGORIE 3*	'Limites boues'
<b>As</b>	<20	20<x<45	>45	
<b>Cd</b>	<2	2<x<6,4	>6,4	<20**
<b>Cr</b>	<150	150<x<250	>250	<1000
<b>Cu</b>	<100	100<x<300	>300	<1000
<b>Hg</b>	<1	1<x<3	>3	<10
<b>Ni</b>	<50	50<x<150	>150	<200
<b>Pb</b>	<100	100<x<367,5	>367,5	<800
<b>Zn</b>	<300	300<x<500	>500	<3000
<b>Hydrocarbures</b>	<100	100<x<2500	>2500	Fluoranthène : <5 Benzo(b)fluo : <2,5 Benzo(a)pyr : <2

\*en mg/kg pour les métaux lourds et en mg/kg pour les hydrocarbures

\*\* 15 mg/kg MS à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2001 et 10 mg/kg MS à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2004

Les catégories 1, 2 et 3 correspondent aux catégories déterminées par Voies Navigables de France (VNF) dans l'ouvrage 'Guide d'intervention pour la pratique des dragages', 1998, N. Briche *et al.*

La catégorie 1 'VNF' correspond aux valeurs imposées par l'arrêté du 8 janvier 1998 en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 pour les sols destinés à accueillir les boues d'épandage.

La catégorie 'limites boues' correspond aux limites imposées par l'arrêté du 8 janvier 1998 en application du décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997 pour les boues destinées à l'épandage agricole.

