

Description de quelques paramètres explicatifs des variations des teneurs en éléments traces dans les sédiments de crue de la Seine

Michel MEYBECK (UMR Sisyphe 7619, Université P. et M. Curie, Paris)

Arthur HOROWITZ (U.S. Geological Survey Atlanta, USA)

Cécile GROSBOIS (UMR Sisyphe 7619, Université P. et M. Curie, Paris)

1. Introduction

Depuis 1994, l'échantillonnage des laisses de crue a fait l'objet d'un suivi spatio-temporel important (plus de 130 échantillons sur 40 stations pendant 6 ans). L'étude de la géochimie de ces échantillons a permis de commencer une cartographie de la contamination en éléments traces et particulièrement pour les affluents d'ordre 4 à 8, d'évaluer l'évolution temporelle de celles-ci de 1994 à nos jours et d'établir un indicateur de contamination métallique (MPI), utile sur le cours principal mais aussi sur les affluents.

Aujourd'hui, il reste à identifier les sources potentielles de contamination qu'elles soient d'origine domestique, agricole et/ou industrielle. Nous proposons de décrire les paramètres comme le MPI, la densité de population et le regroupement des échantillons par caractéristiques lithologiques et anthropiques similaires pour expliquer les variations observées dans les teneurs en éléments traces, carbone organique et phosphore dans les sédiments de crue de la Seine. Cela nous permettra de définir la géochimie des apports anthropiques à chaque station pour chaque échantillon. De plus, de nouvelles stations en milieu rural ont été prélevées et analysées pour essayer de caractériser la géochimie d'apports uniquement urbains.

2. Prélèvements et analyses

2.1. Localisation des nouveaux prélèvements

Les nouvelles stations d'analyse sont localisées sur la figure 1. La Guéville, a été prélevée à Gazeran, et se trouve au sud-ouest de Paris, à environ 10 km en aval de Rambouillet. La Guesle à Poigny a été prélevée dans la forêt de Rambouillet en milieu rural. La Juigne à Saint Vrain se situe 50 km au sud de Paris et a été échantillonnée juste avant sa confluence avec l'Essonne. L'Essonne, a été échantillonnée au Saussay, juste avant sa confluence avec la Juigne. Le bassin versant de l'École est situé au sud sud-est de Paris et la station de prélèvement se situe à Saint Sauveur, 50 km environ à l'amont de sa confluence avec la Seine. Enfin, la Bièvre, dont le bassin versant est situé très près de l'agglomération parisienne, a été prélevée en amont à Buc après une succession d'étangs et plus en aval, à Amblainvilliers, quelques kilomètres avant son passage en sous-sol. Enfin, un échantillon des effluents bruts entrant à la station Seine Aval a été récolté par les ingénieurs du SIAAP en juillet 2000 et correspond à un prélèvement moyen réalisé à partir d'échantillons prélevés quotidiennement sur une semaine en juillet 2000.

Tous les échantillons de laisses de crue réalisés au cours de ces différentes années ont été prélevés suivant le même protocole d'échantillonnage.

Tableau 1. Échantillons prélevés et/ou analysés au cours de l'année 2000 (NA = prélevé mais non analysé ; * = prélèvement manuel de sédiments fins, les autres étant des laisses de crue).

| Nom de l'échantillon | Rivière / Fleuve | Station | Date de prélèvement |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|
| LCM 20* | Essonne | Le Saussay | 20/4/97 |
| LCM 21* | Juigne | Saint Vrain | 20/4/97 |
| LCM 22* | Ecole | Saint Sauveur | 7/7/97 |
| LCM 31* | Bièvre | Amblainvilliers | 10/1/98 |
| LCM 44* | Guéville | Gazeran | 22/3/98 |
| LCM 45* | Guesle | Poigny | 22/3/98 |
| LCM 62* | Bièvre | Buc | 3/4/98 |
| LCM 101 | Seine | Corbeil | 4/5/98 |
| LCM 102 | Grand Morin | Couilly | 4/5/98 |
| LCM 106 | Aisne | Compiègne | 11/5/98 |
| LCM 107 | Oise | Conflans | 11/5/98 |
| LCM 152 | Seine | Pont de l'Alma | 6/1/00 |
| LCM 153 | Seine | Ivry | 7/1/00 |
| LCM 154 (NA) | Seine | Ivry | 7/1/00 |
| LCM 155 | Yonne | Montereau | 8/1/00 |
| LCM 156 (NA) | Yonne | Montereau | 8/1/00 |
| LCM 157 | Seine | Montereau | 8/1/00 |
| LCM 159 | Loing | Moret | 8/1/00 |
| LCM 160 | Seine | Corbeil | 8/1/00 |
| LCM 161 | Orges | Savigny | 8/1/00 |
| LCM 162 | Yerres | Villeneuve | 8/1/00 |
| LCM 163 (NA) | Marne | Maison Alfort | 8/1/00 |
| LCM 164 | Seine | Mantes | 9/1/00 |
| LCM 165 | Seine | Conflans | 9/1/00 |
| LCM 167 (NA) | Seine | Poses | 12/1/00 |
| LCM 168 | Eure | Léry | 12/1/00 |
| LCM 170 | Seine | Andrézy | 12/1/00 |
| LCM 171 | Seine | Denouval | 12/1/00 |
| LCM 172 | Seine | Denouval | 12/1/00 |
| LCM 175 | Marne | Maison Alfort | 20/1/00 |
| LCM 176 | Seine | Ivry | 20/1/00 |
| LCM 177 | Seine | Puteaux | 30/1/00 |
| LCM 178 | Seine | Puteaux | 30/1/00 |
| LCM 179 | Seine | Chaillot | 30/1/00 |
| LCM 181 | Seine Aval | Station d'épuration | du 27/7/00 au 8/1/00 |

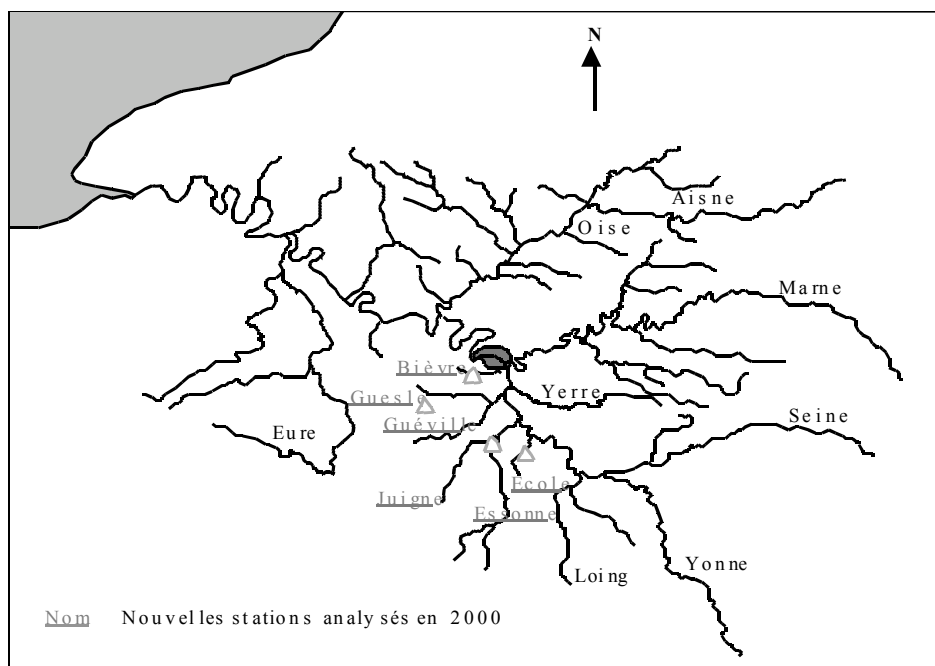


Figure 1. Situation géographique des nouvelles stations.

2.2. Analyses

Les nouveaux échantillons 2000 ainsi que les échantillons prélevés en 1997 et 1998 ont été analysés au laboratoire de l'US Geological Survey d'Atlanta. Le protocole d'analyse est basé sur une minéralisation complète des sédiments. Les résultats d'analyse ont été contrôlés avec des sédiments étalons nationaux et internationaux de la même façon que pour les échantillons des années précédentes (voir rapport PIREN Seine 1999).

3. Géochimie des prélèvements 2000

3.1. Les nouvelles stations

3.1.1. La Guéville à Gazeran et la Guesle à Poigny

L'échantillon à Gazeran (LCM 44) est 3 fois plus riche en phosphore particulaire que l'échantillon de Poigny (LCM 45), alors que, au contraire, Poigny est très organique (COP = 5,6 % contre 2,8 % à Gazeran). Quant aux éléments traces métalliques, les deux échantillons sont 2 à 3 fois plus concentrés en Cu, Pb, Zn et Cd que le bruit de fond général du bassin de la Seine, défini dans le rapport PIREN Seine 1999 (Meybeck *et al*, 1999). Enfin, Poigny est beaucoup plus concentré en As que Gazeran alors que la situation est inverse pour les teneurs en Hg.

Ces deux échantillons LCM 44 et LCM 45 ont été prélevés en milieu forestier rural. Toutefois, la densité de population à Poigny (10 hab/km² au maximum) est beaucoup plus faible, que celle de Gazeran (465 hab/km²) puisque l'échantillon a été prélevé en aval de la ville de Rambouillet (environ 30 000 habitants). Les différences (P, Hg...) entre ces deux échantillons peuvent donc vraisemblablement être attribuées en partie aux apports domestiques. Les fortes valeurs de LCM 45 en COP sont sans doute liées à un biais d'échantillonnage (présence de débris végétaux) ce qui peut aussi expliquer des teneurs plus élevées en certains métaux et arsenic.

3.1.2. La Bièvre à Buc et à Amblainvilliers

Ces deux nouvelles stations sur la Bièvre (échantillons LCM 31 et LCM 62) représentent respectivement le bassin amont (76 kms² drainés) et le bassin aval (126 kms² drainés). Paradoxalement, l'échantillon LCM 31, sur la station de Buc en amont, est plus concentré en tous les éléments traces analysés avec des teneurs en carbone organique et en phosphore 4 fois plus élevées que pour l'échantillon LCM 62 situé en aval. Ceci pourrait être dû à une pollution domestique ou à une pollution industrielle spécifique et ponctuelle en tête de bassin due à la présence de la ville nouvelle de Trappes.

3.1.3. L'Essonne, la Juigne et l'École

Les stations de l'Essonne et de la Juigne, (échantillons LCM 20 et LCM 21) drainent des terrains carbonatés (2,4 et 3,3% de carbone inorganique particulaire, ce qui correspond respectivement à 20 et 28% de carbonates) alors que l'École (échantillon LCM 22) draine plutôt des terrains silicatés (seulement 0,2% de carbone inorganique particulaire PIC). La Juigne a des teneurs en métaux et en phosphore plus élevées que l'Essonne alors qu'elles drainent les mêmes unités lithologiques. Quant à l'École, ses teneurs sont intermédiaires entre l'Essonne et la Juigne.

3.2. Le suivi de la crue 2000

Une des approches originales suivies dans le cadre du PIREN Seine depuis 1997 a été d'utiliser les laisses de crue pour cartographier les contaminations métalliques dans le bassin de la Seine et de pouvoir suivre leur évolution temporelle.

Le profil de la crue 2000 entre Montereau et Poses s'inscrit dans le suivi de cette problématique spatio-temporelle et permet d'observer la cohérence des résultats avec ceux des années précédentes. Les teneurs en Zn, Pb, Cd, Hg, Cu et P sont les plus élevées par rapport au bruit de fond naturel. Elles augmentent depuis l'amont vers l'aval de Paris (Figure 2) puis à partir de Denouval, les teneurs sont plus faibles. La confluence avec l'Oise ainsi que la station de Seine aval qui se trouve en rive gauche à la hauteur de Denouval peuvent expliquer cette augmentation des teneurs. Quant aux affluents, l'Orge et l'Yerres sont bien plus concentrés en Zn, Pb, Cd, Cu et P que la Seine à l'amont de Corbeil ou à Ivry. De plus, l'Yerres, lors de la crue 2000, présente des teneurs en Hg 5 fois plus concentrées que les autres stations et le phosphore a triplé au cours de l'année 2000 par rapport aux années précédentes.

Comme pour les années précédentes, l'Eure est 2 à 4 fois plus contaminée en Pb, Cd et Sb que l'ensemble des stations. Il faut noter que pour ces éléments, l'Eure est comparable aux effluents bruts de la station Seine Aval. Ces 3 stations (Orges, Yerres et Eure) sont fortement contaminées. Cependant, une décroissance des teneurs en métaux sur l'Orge a été observée entre 1996 à 1999 (Meybeck *et al*, 1999). La crue de janvier 2000 ne confirme pas tout à fait cette décroissance puisque, pour Cu, Pb, Zn et Hg, les teneurs de 2000 sont similaires à 1999 et que pour Cd et As, les teneurs sont légèrement supérieures. Pour l'Yerres et l'Eure, les variations d'une année à une autre sont plus importantes et la crue de 2000 ne permet pas de voir une tendance générale.

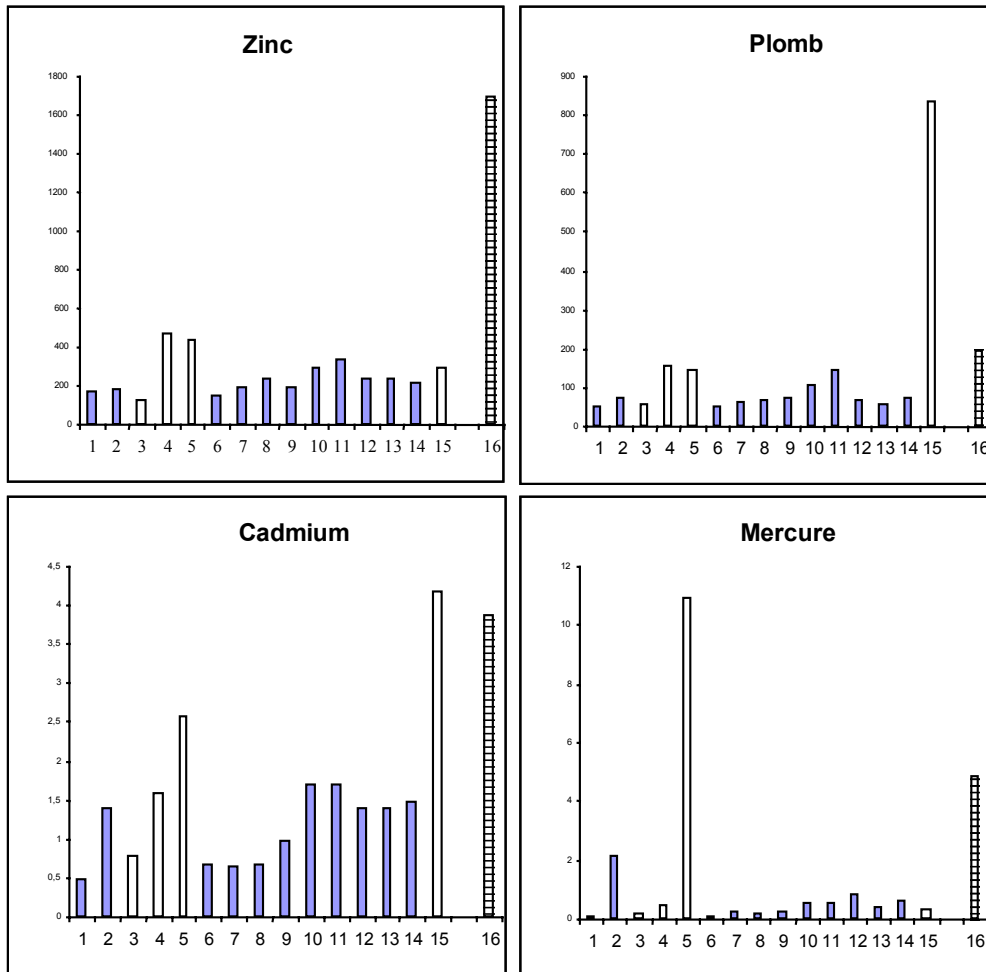
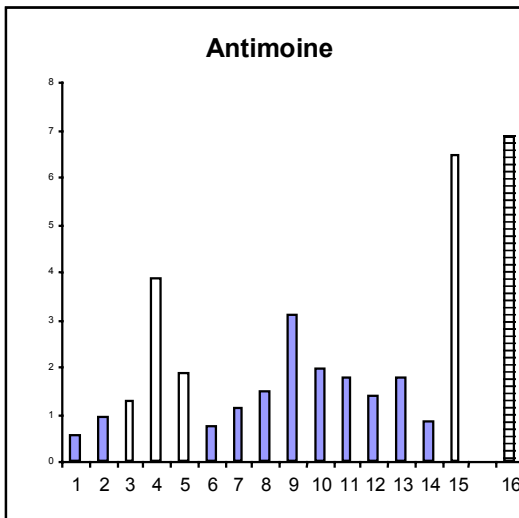
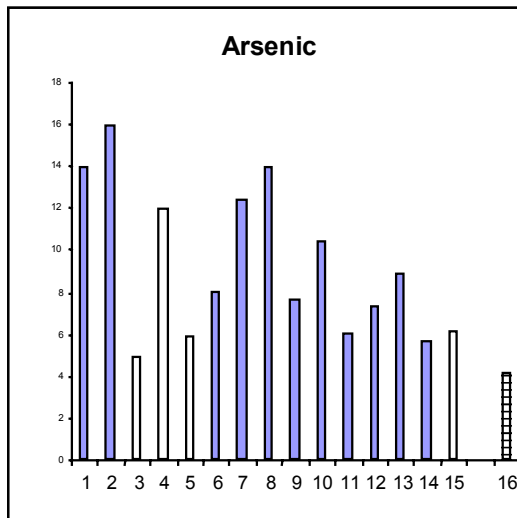
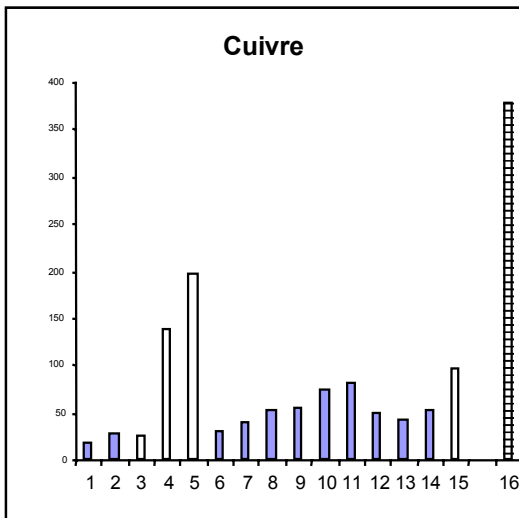
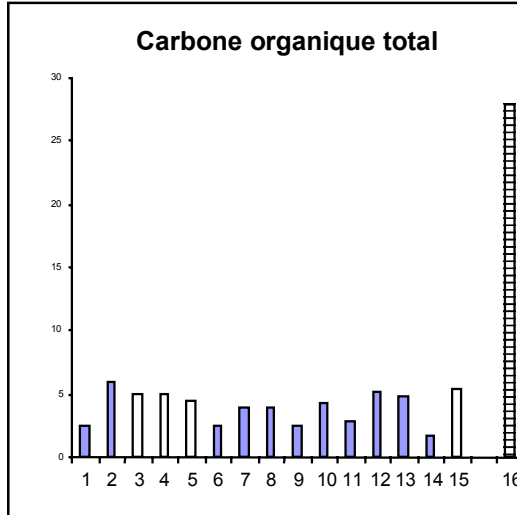
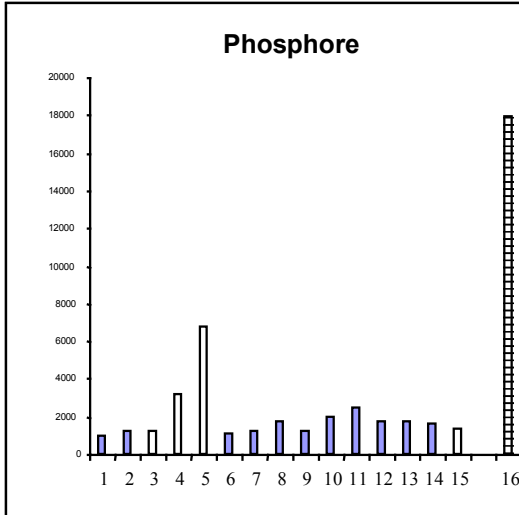


Figure 2. Évolution spatio-temporelle des teneurs dans les laisses de crue pendant la crue 2000. (1 = Yonne à Montereau, 2 = Seine à Montereau, 3 = Loing, 4 = Orge, 5 = Yerres, 6 = Seine à Corbeil, 7 et 8 = Seine à Ivry, 9 = Seine à Paris, 10 = Seine à Conflans, 11 = Seine à Andrésy, 12 et 13 = Seine à Denouval, 14 = Seine à Mantes, 15 = Eure, 16 = Station Seine Aval ; les concentrations sont en ppm à part le carbone organique total en %)



4. Quelques paramètres explicatifs des variations spatiales des teneurs en éléments traces

4.1. L'indicateur de pollution métallique (MPI)

4.1.1. Le calcul du MPI : mise à jour

Le calcul de l'indicateur de pollution métallique a été présenté dans le rapport PIREN Seine 1998 (Meybeck *et al*, 1998). Il est basé sur la somme des différences en Cd, Cu, Hg, Pb et Zn entre les teneurs mesurées dans un échantillon et les teneurs théoriques que l'échantillon aurait dans le même contexte géochimique du bassin amont, mais en l'absence de toute contamination. Enfin, cette différence entre les teneurs mesurées et théoriques naturelles pour le mercure a été, dans cette somme, divisée par 8 pour tenir compte de sa plus forte contamination relative.

Ce calcul a été révisé pour deux raisons :

- les teneurs en phosphore particulaire théorique dans la matière organique et dans le quartz ont été révisées à la hausse par rapport au rapport PIREN Seine 1998 (respectivement, 8000 au lieu de 1800 ppm et 300 au lieu de 100 ppm) à la vue des teneurs dans des échantillons très organiques et sableux,
- dans le précédent calcul du MPI, des valeurs négatives pouvaient être prises en compte si les teneurs théoriques calculées étaient plus fortes que celles qui étaient mesurées dans un échantillon. Celles-ci contribuaient à diminuer alors la valeur du MPI ; dans cette mise à jour, nous proposons que ces valeurs négatives soient systématiquement ramenées à zéro, considérant alors les valeurs mesurées comme étant naturelles.

Les nouvelles valeurs du MPI, présentées dans le tableau A.1 de l'annexe 5.1, ne diffèrent pas plus de 25 % des calculs de 1998.

4.1.2. Le MPI et les teneurs en métaux

Observer les relations des éléments traces en fonction du MPI nous permet d'établir 4 comportements géochimiques :

- ◆ Les variations des teneurs en Co, V, As, Li, Al et Ti ne sont pas corrélées à celles du MPI (Figure 4). Ces éléments n'ont donc pas, ou peu, une origine urbaine.
- ◆ Les teneurs en Zn, Ag, Cu, Hg, COP et P en fonction du MPI sont comprises entre les teneurs du bruit de fond géochimique (BGR) et celles de la station Seine Aval (Achères) (Figure 5). Ces éléments peuvent être expliqués principalement par des apports urbains.
- ◆ Les éléments comme Pb, Cr, Cd, Ni, Ba et Sb ont des teneurs en excès par rapport à la régression linéaire entre les échantillons du bruit de fond géochimique (BGR) et la station Seine Aval (Achères) (Figure 6a). Ces excès restent à être expliqués par des apports supplémentaires.
- ◆ Enfin, l'Eure (EUR) a un comportement tout à fait à part dans les relations entre métaux et le MPI. La pente entre les teneurs en éléments traces, à part Sb, Cd et Pb, et le MPI est plus faible que pour les autres groupes. On peut penser que des activités industrielles spécifiques sur l'Eure rejettent de fortes teneurs en Sb, Cd et Pb, ce qui donnerait un fort MPI sur ce bassin (Figure 6b).

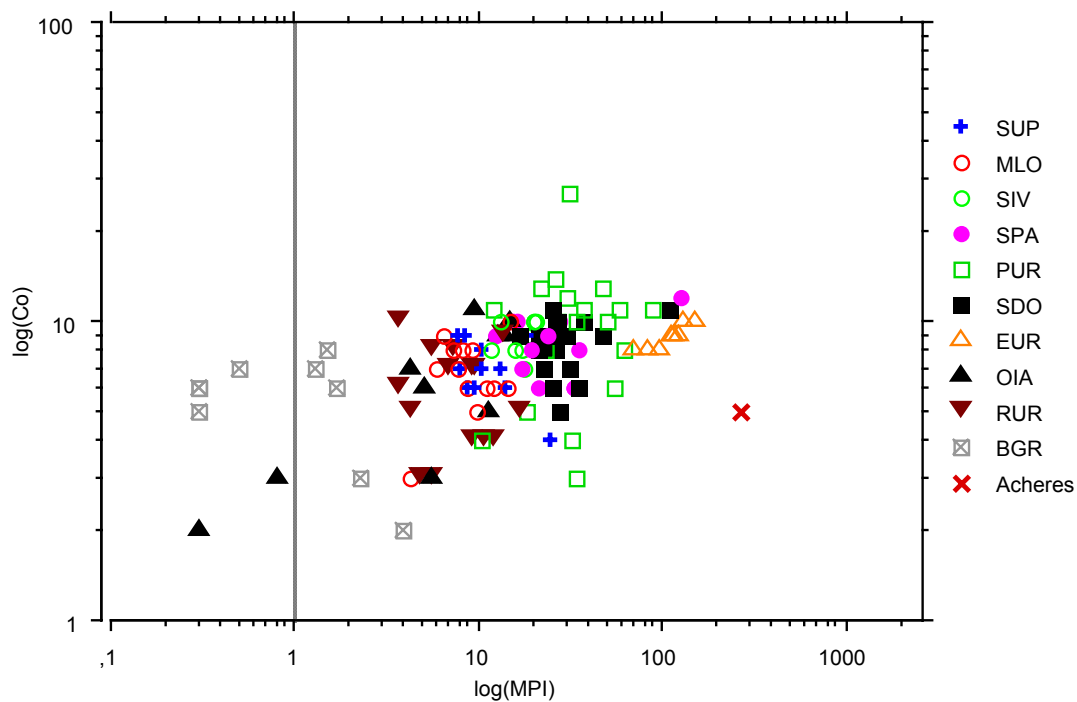


Figure 4. Relation entre les teneurs en Co et les valeurs de l'indicateur de pollution métallique (MPI) ; voir tableau 2 pour l'identification des groupes de stations.

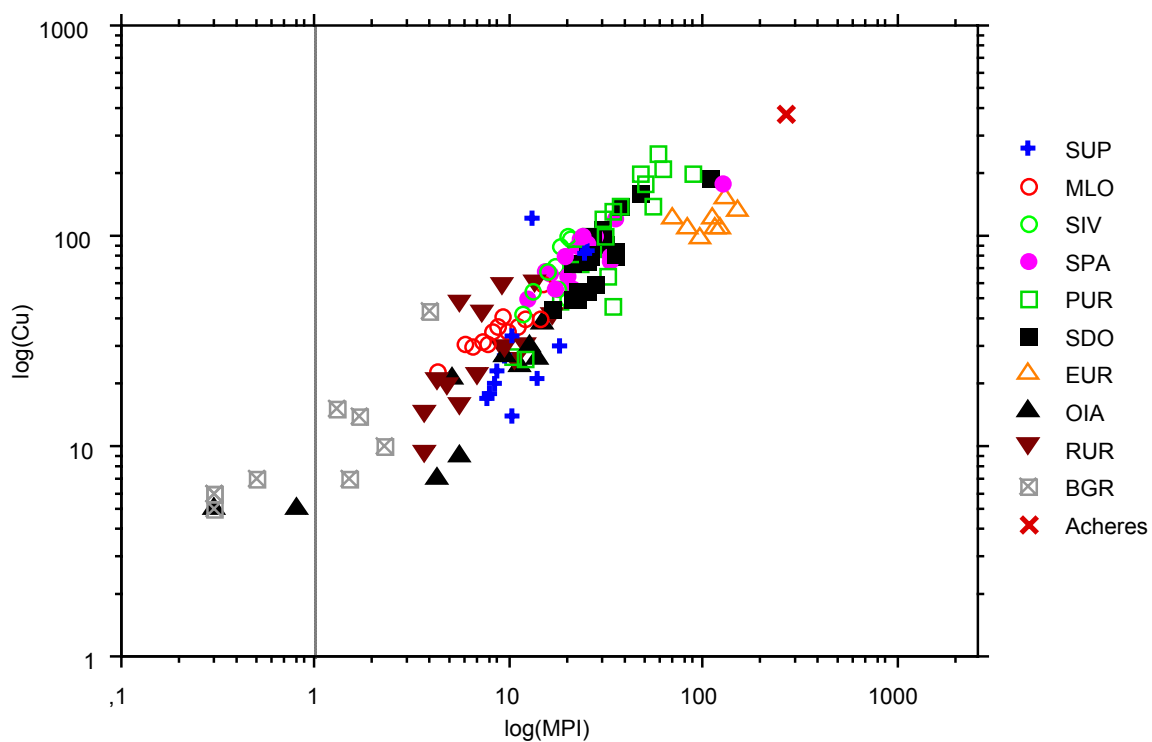


Figure 5. Relation entre les teneurs en Cu et les valeurs de l'indicateur de pollution métallique (MPI) ; voir tableau 2 pour l'identification des groupes de stations.

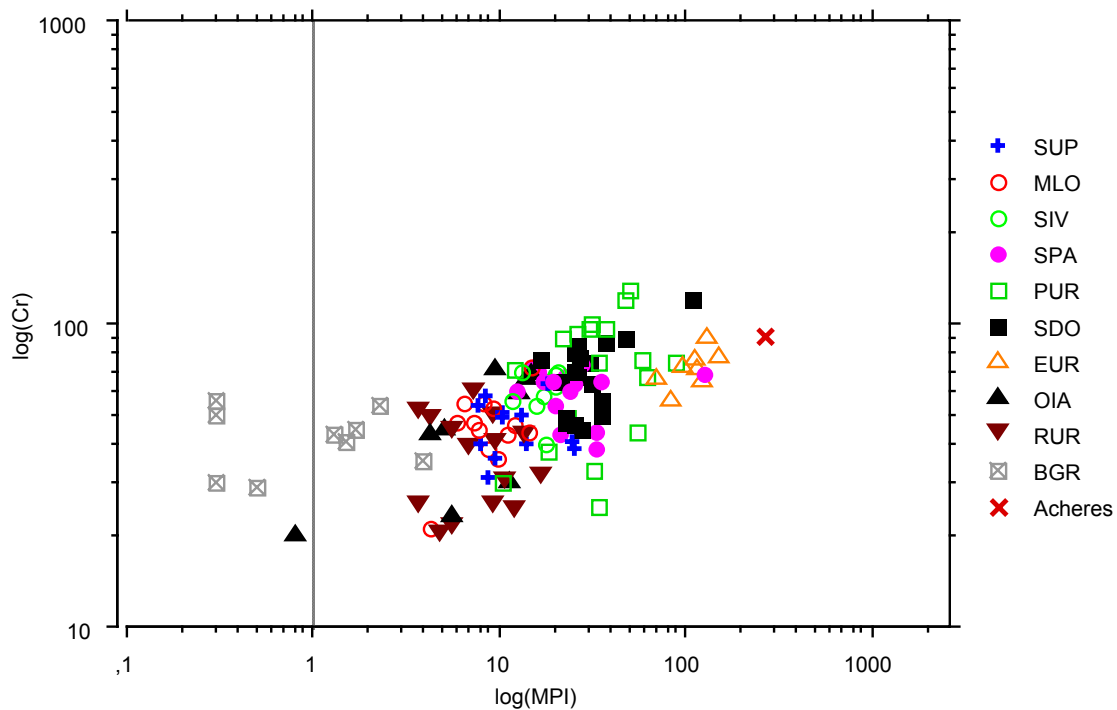


Figure 6a. Relation entre les teneurs en Cr et les valeurs de l'indicateur de pollution métallique (MPI) ; voir tableau 2 pour l'identification des groupes de stations.

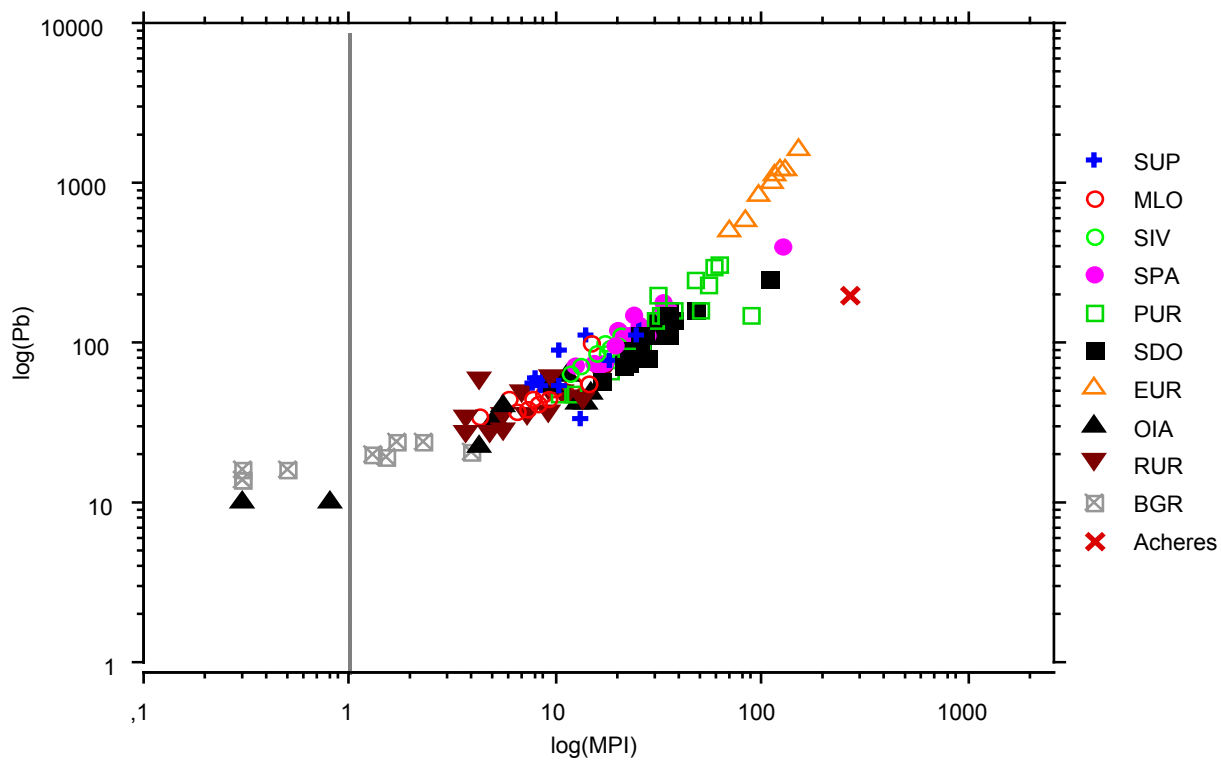


Figure 6b. Relation entre les teneurs en Pb et les valeurs de l'indicateur de pollution métallique (MPI) ; voir tableau 2 pour l'identification des groupes de stations.

4.2. La densité de population

4.2.1. La densité de population aux stations étudiées

La densité de population sur les stations du bassin de la Seine a été déterminée avec l'application SIG-BD Sènèque du Piren Seine (D. Brunstein), en utilisant les données INSEE du recensement 1999 sur l'ensemble des stations sauf à Poses (la base n'étant pas terminée pour la Seine aval, la densité de cette station est celle du comité de bassin, 1996) et sur la Guesle à Poigny (la base n'ayant pas ce segment enregistré, la densité de cette station a été estimée en accord avec les segments voisins, de densité comprise entre 5 et 15 hab/km²).

La densité de population qui est traitée par la station d'épuration de la station Seine Aval a été estimée à 10 000 hab/km², comprise entre celle de l'agglomération parisienne (4 000 hab/km²) et celle de Paris *intra-muros* (20 000 hab/km²).

La densité de population aux stations étudiées (Tableau 2) varie de 10 hab/km² sur la Guesle à 1 823 hab/km² sur la Bièvre.

Tableau 2. Densité de population aux stations étudiées.

| Station | Groupe C (cf. paragraphe 3-3) | Densité (hab/km ²). |
|--|-------------------------------------|---------------------------------|
| Artoise | BGR | 1 |
| Échantillons composites en provenance de petits bassins monolithologiques forestiers (rapport Piren Seine 1998) | BGR | 1 |
| Guesle à Poigny | - | 10 |
| Epte | RUR | 34 |
| Thérain amont | RUR | 36 |
| Yonne à Montereau | SUP | 38 |
| Seine à Montereau | SUP | 38 |
| Seine à Corbeil | SUP | 51 |
| Loing à Moret | RUR | 55 |
| Marne à Esbly | MAR | 62 |
| Aisne à Choisy | OIA | 63 |
| Eure à Léry | EUR | 65 |
| Oise à Longueil | OIA | 65 |
| Marne à Annet | MAR | 68 |
| Grand Morin à Couilly | RUR | 69 |
| Essonne au Saussay | RUR | 74 |
| Ecole à St Sauveur | RUR | 98 |
| Juigne à St Vrain | RUR | 101 |
| Seine à Ivry | SIV | 101 |
| Oise à Conflans | OIA | 109 |
| Thérain aval | PUR | 118 |
| Brèche à Liancourt | - | 162 |
| Marne à M. Alfort | MAR | 172 |
| Seine à Paris | SPA | 210 |
| Seine à Andrézy | SDO | 215 |
| Seine à Denouval | SDO | 215 |
| Yvette aux Sablons | RUR | 224 |
| Seine à Poses | SDO | 242 |
| Vesle | PUR | 247 |
| Seine à Croissy | SPA | 248 |
| Seine à Mantes | SDO | 252 |
| Seine à M. Laffitte | SDO | 252 |
| Seine à Conflans | SDO | 252 |
| Yerres à Villeneuve | PUR | 269 |
| Orge à Savigny | PUR | 341 |
| Guéville à Gazeran | RUR | 465 |

| | | |
|-----------------------------|-----|------|
| Meauldre à Montainville | PUR | 670 |
| Ru de Gally à la Maladrerie | PUR | 785 |
| Yvette à Villebon | PUR | 829 |
| Bièvre à Buc | PUR | 1600 |
| Bièvre à Amblainvilliers | PUR | 1823 |

4.2.2. Le MPI et la densité de population

Comme nous pouvons l'observer sur la figure 7, le MPI est corrélé positivement à la densité de population. Les valeurs du MPI augmentent d'un ordre de grandeur avec l'augmentation de la densité de population depuis le bassin amont de la Seine (MPI compris entre 10 et 20) jusqu'au bassin de l'Orge (MPI voisin de 70) et la station Seine Aval avec un MPI égal à 139. Le MPI représente donc bien une partie de la pollution d'origine domestique comme évoquée dans le rapport PIREN Seine 1998.

Quelques échantillons ne répondent pourtant pas à cette tendance générale. Ce sont, comme vu plus haut :

- ◆ L'Eure qui possède un MPI médian de 120. Nous verrons dans le paragraphe suivant que les éléments responsables de cet excès de pollution métallique sont Pb, Cd et Sb, non pris en compte dans le MPI.
- ◆ Les échantillons prélevés sur l'Yvette, la Guéville, la Meauldre, le Ru de Gally et la Bièvre à Buc et Amblainvilliers qui présentent un MPI plus faible que le laisseraient penser les fortes valeurs de leur densité de population. Il se peut que les effluents domestiques de ces bassins soient exportés et traités à l'extérieur du bassin versant.

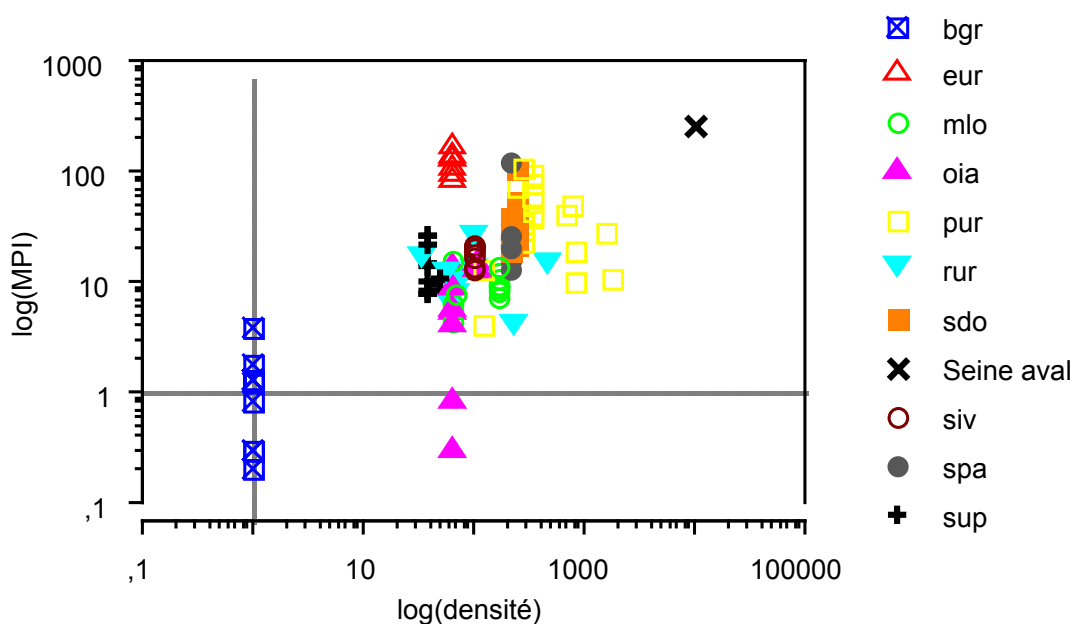


Figure 7. Relation entre l'indicateur de pollution métallique (MPI) et la densité de population ; voir tableau 2 pour l'identification des groupes de stations.

4.2.3. Métaux, carbone et phosphore en fonction de la densité de population

Les teneurs en phosphore (Figure 8a) dans les laisses de crue sont parmi les mieux corrélées avec la densité de population. Le phosphore peut donc être choisi comme traceur des apports domestiques. Les teneurs en Pb, Zn, Cd, Cu, Hg, Cr, Ag et Sb (Figure 8b) augmentent avec la densité

de population et vers les teneurs de l'échantillon de la station Seine Aval. Cette dernière représente donc un des pôles de mélange d'origine domestique. Les teneurs en Al, Ti, Li, Ni, Se, Co, Ba, V et As quant à elles n'augmentent pas avec la densité de population (Figure 8c).

Comme nous l'avons déjà remarqué dans le paragraphe précédent avec le MPI, les échantillons de l'Eure sont à l'extérieur de la tendance linéaire pour Ag, Pb, Sb et Cd.

Quelques échantillons comme ceux de la Guéville, la Meauldre, l'Yvette, le Ru de Gally et la Bièvre présentent des teneurs plus faibles que le laissent prévoir leurs densités très fortes, ce qui pourrait être dû à la rétention et/ou l'exportation des métaux dans les stations d'épuration correspondantes.

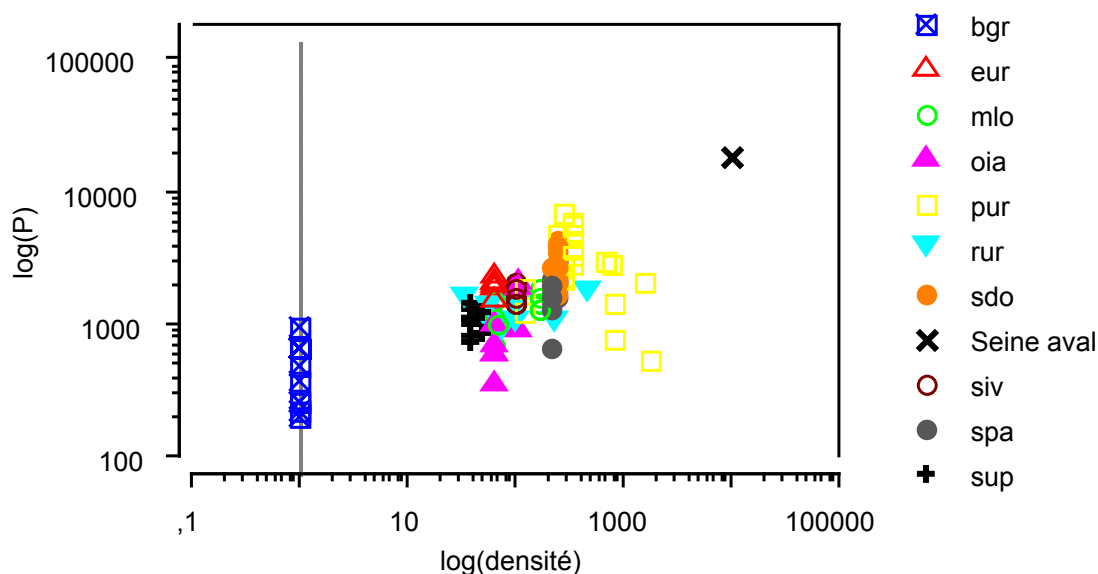


Figure 8a. Relation entre les teneurs en P et la densité de population ; voir tableau 2 pour l'identification des groupes de stations.

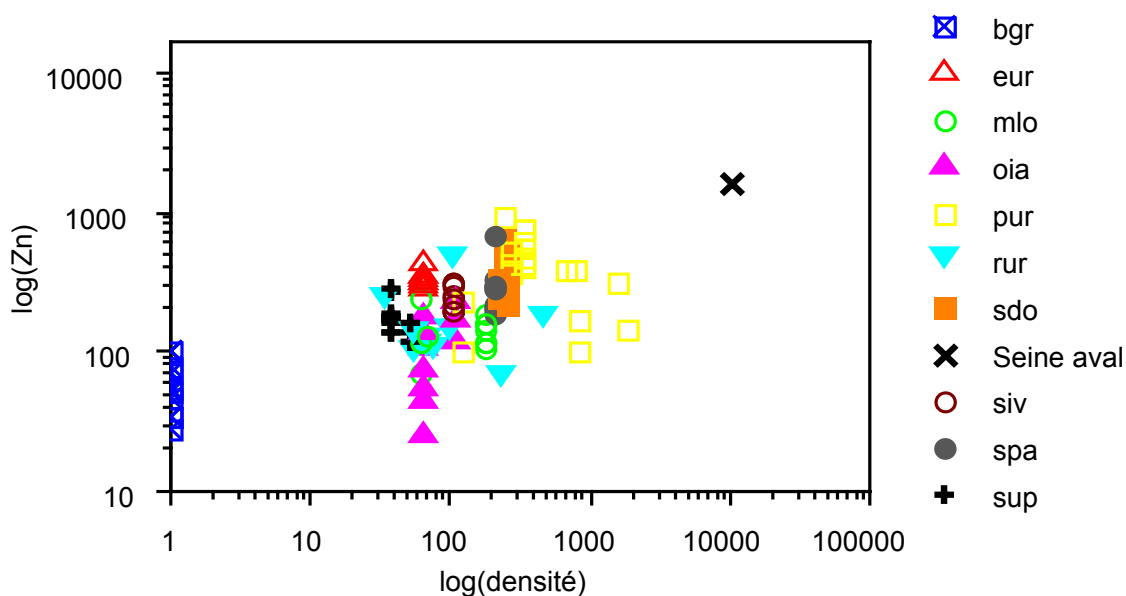


Figure 8b. Relation entre les teneurs en Zn et la densité de population ; voir tableau 2 pour l'identification des groupes de stations.

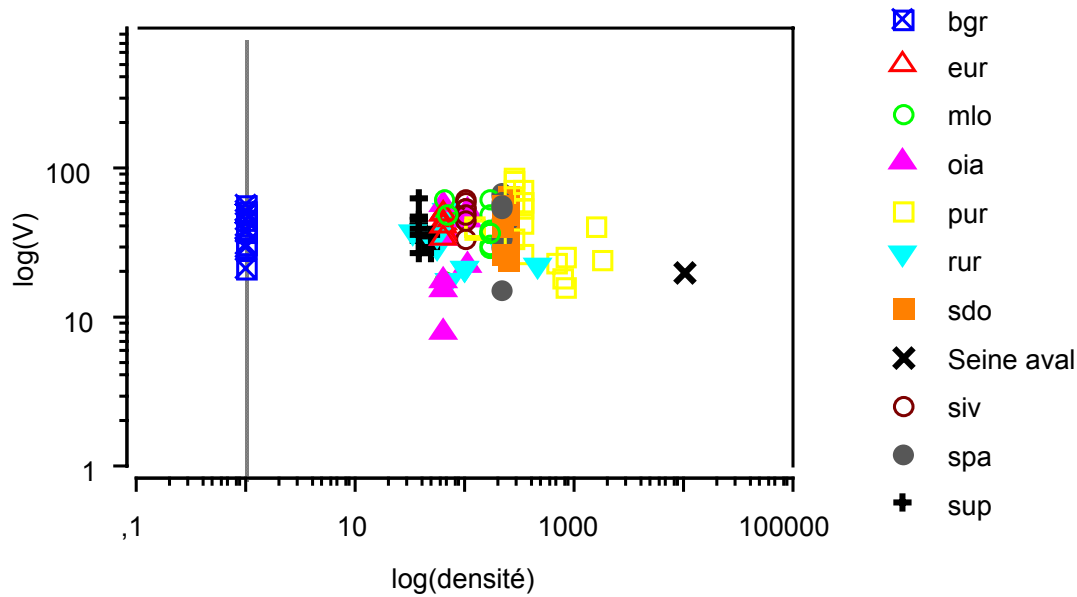


Figure 8c. Relation entre les teneurs en V et la densité de population ; voir tableau 2 pour l'identification des groupes de stations.

4.3. Le regroupement des données par caractéristiques communes

4.3.1. Description des groupes

De par la disposition concentrique des différentes lithologies du bassin parisien ainsi que l'inégale répartition de la population et des activités anthropiques, nous avons regroupé les différentes stations selon différents critères.

A. Les groupes lithologiques (groupes A)

Les groupes A rassemblent les stations d'échantillonnage par bassins versants de lithologie similaire (Tableau 3). Notons que :

1. Dans le groupe OIS, nous avons aussi placé la Seine à Denouval qui, de par sa localité en rive droite, présente des caractéristiques géochimiques de l'Oise faiblement mélangées avec des eaux de la Seine et des effluents de la station Seine Aval.
2. Le groupe EEU réunit les bassins versants de l'Eure et de l'Epte, bassins moins carbonatés que ceux du groupe SAU et sans craie détritique.
3. Le groupe CBP regroupe les échantillons du centre du bassin parisien (stations sur la Bièvre, l'Yvette, la Meauldre, le Ru de Gally, l'Essonne, la Juigne, l'École et le Loing) avec principalement des sables d'âge tertiaire et des calcaires lacustres.

Tableau 3. Caractéristiques des groupes par regroupement lithologique.

| Nom du groupe | Stations et/ou bassins regroupés | Nature lithologique |
|-------------------------|--|---|
| YON | Yonne | Roches cristallines et calcaires d'âge jurassique |
| OIS pour « Oise » | Oise, Aisne Artoise, Ecaillon Seine à Denouval | Argiles |
| MAR | Marne | |
| SAU pour « Seine Aube » | Seine à Romilly, Bray et Montereau | Roches argilo-calcaires |

| | | |
|---|--|--|
| SLO EEU pour « Eure Epte » | Seine à l'aval de Paris Eure, Epte, Thérain, Brèche | Roches carbonatées Craie |
| CBP pour « Centre du Bassin Parisien » | Bièvre, Yvette Meauldre, Ru de Gally Essonne, Juigne Ecole, Loing | Calcaires lacustres et sables d'âge tertiaire |

De par la disposition en auréoles concentriques des couches lithologiques du bassin parisien, les groupes lithologiques intègrent aussi différents impacts amont – aval et les impacts anthropiques. Pour cette raison, nous verrons dans le paragraphe suivant que, pour les éléments sensibles aux apports anthropiques, ce regroupement lithologique est peu discriminant.

B- Les groupes du bassin à l'amont et à l'aval de Paris (groupes B)

Les groupes B rassemblent les stations d'échantillonnage à l'amont de l'agglomération parisienne mais aussi l'Eure (groupe MOSE) et à l'aval de l'agglomération parisienne plus l'agglomération parisienne (groupe IPP).

C- Les groupes anthropiques (groupes C)

Le regroupement selon les types d'impacts anthropiques a été fait essentiellement selon les valeurs de l'index de pollution métallique.

Tableau 4. *Caractéristiques des groupes selon l'indice de pollution métallique MPI.*

| Groupes | Stations | Variations du MPI |
|----------------------------------|--|-------------------|
| BGR (background) | Echantillons archéologiques de Bercy Echantillons combinés Guesle, Artoise | <5 |
| RUR (rural) | Seine amont à Bray, Romilly, Ecaillon, Essonne, Juigne, Guéville, Ecole, Loing, Epte, Yvette amont, Bièvre à Buc, Grand Morin, Thérain amont | 10-30 |
| PUR (périurbain) | Orge, Thérain, Bièvre aval, Vesles, Meauldre, Ru de Gally, Yerres, Yvette aval, Thérain aval | 30-50 |
| MLO (Marne) | Marne | 5-10 |
| SUP (Seine amont) | Yonne et Seine à l'amont de Corbeil | 10-20 |
| OIA (Oise- Aisne) | Oise, Aisne | 5-10 |
| SIV (Seine Ivry) | Seine à Ivry | 16-18 |
| SPA (Seine à l'aval de Paris) | Seine à Paris (Alma, île de Jatte, Croissy, Puteaux, Maison Laffite, Pont Neuf) | ≈20 |
| SDO (Seine à l'aval) | Seine à l'aval de la station d'épuration (Denouval, Croissy, Andrésy, Conflans, Mantes, Poses) | 25-35 |
| EUR (Eure) | Eure | 100-130 |

4.3.2. Les éléments traces, le phosphore et le carbone organique en fonction des groupes lithologiques

Le titane, élément dont les teneurs dépendent essentiellement d'apports d'origine naturelle, peut être utilisé pour caractériser la contribution de l'érosion des sols et des roches. D'une façon générale, les échantillons dans un même groupe lithologique sont bien regroupés excepté le groupe CBP qui présente une plus grande variabilité en Ti (Figure 9a).

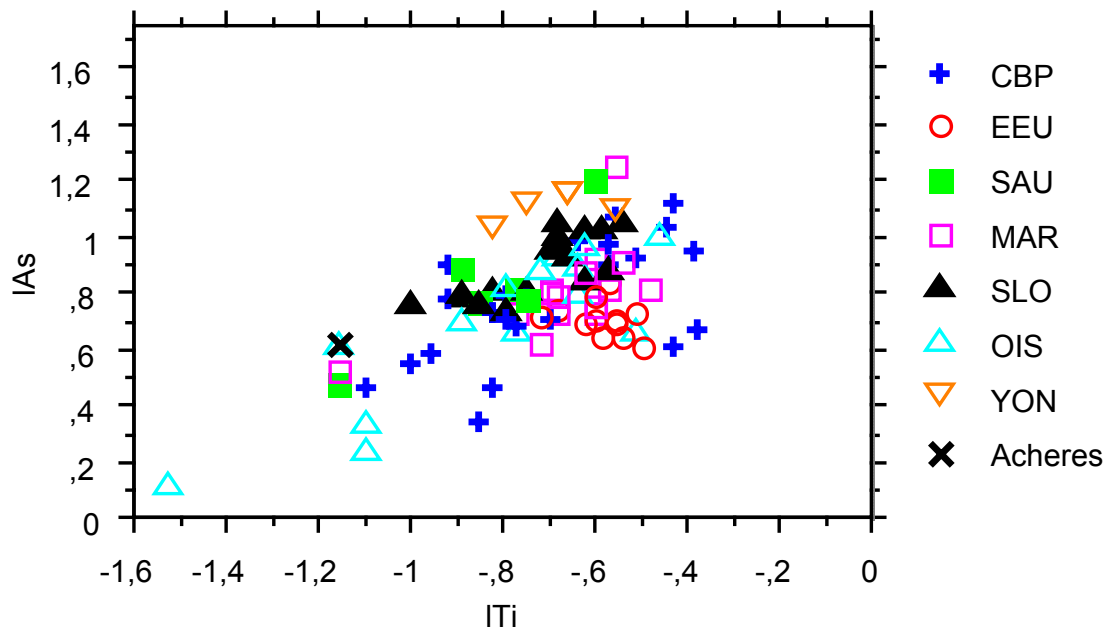


Figure 9a. Relation entre le logarithme des teneurs en As et Ti, pour les échantillons regroupés selon les groupes A ($l = ln$)

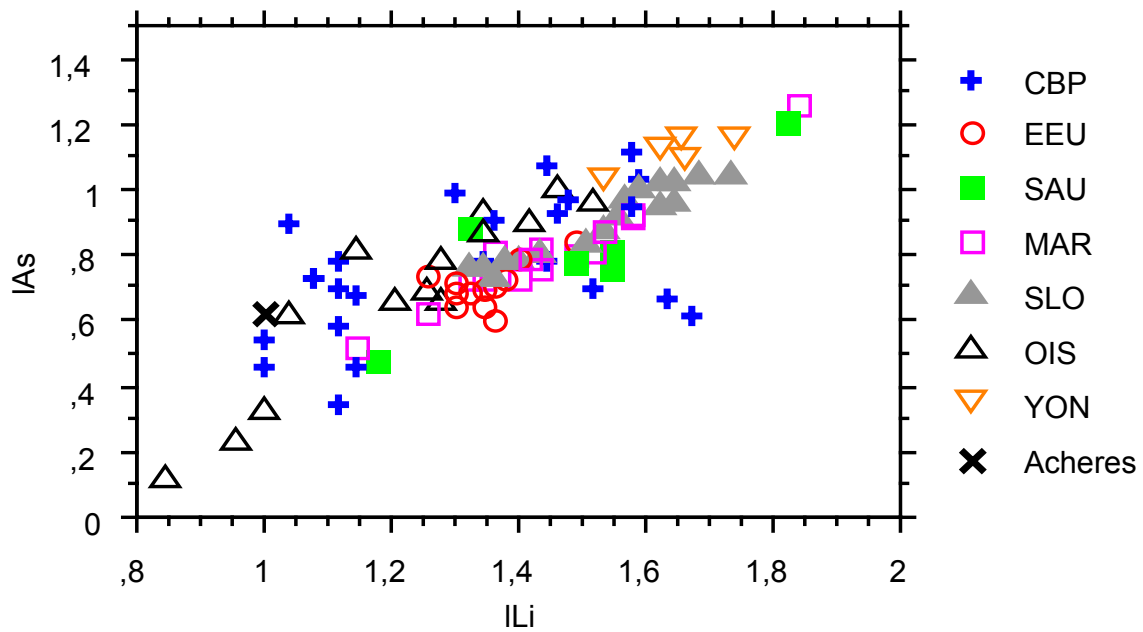


Figure 9b. Relation entre le logarithme des teneurs en As et Li, pour les échantillons triés selon les groupes A ($l = ln$)

Il existe des corrélations linéaires positives significatives entre Ti et Cr, Co, Ni, V, Li, As et Al dans tous les groupes A sauf Eure-Epte (EEU). Ceci confirme l'origine principalement naturelle de ces éléments qui a aussi été décrite avec les paramètres MPI et densité. Pour exemple, la figure 9b montre la faible origine anthropique de ces éléments comme As et Li puisque les échantillons des groupes amont (YON et SAU) ont les teneurs les plus fortes en Li et As, à l'opposé des groupes plus aval du système Seine qui ont des valeurs plus faibles proches de celles de la station Seine Aval, pouvant être expliquées par une dilution par de la matière organique appauvrie en As et Li.

Pour les autres éléments, tous les groupes sont plus dispersés sans aucune relation significative avec Ti. L'origine lithologique est donc masquée par des apports anthropiques conséquents ce qui expliquerait l'absence de corrélation de ces éléments avec Ti. Enfin, pour le groupe EEU qui contient l'Eure, seuls Pb et Sb présentent une corrélation linéaire avec Ti alors que ces 2 éléments avec Cd ont des teneurs très fortes d'origine industrielle selon l'analyse avec le MPI et la densité. Nous voyons ici la limite du regroupement par types lithologiques.

4.3.3. Les éléments traces, le phosphore et le carbone organique en fonction des groupes amont - aval de Paris

De façon générale, le groupe aval de l'agglomération parisienne (IPP) est plus concentré que le groupe amont (MOSE) (Figures 10a et b). Dans le groupe MOSE, les échantillons de l'Eure ont toujours des teneurs supérieures aux tendances linéaires générales.

Tous les éléments sont corrélés entre eux de façon significative, montrant ainsi une évolution amont-aval liée à l'augmentation et l'accumulation des apports naturels et anthropiques le long du cours de la Seine. Deux comportements géochimiques peuvent être décrits :

- ◆ Le premier valable pour les éléments peu sensibles aux apports anthropiques où les groupes ne sont pas alignés avec les teneurs de la station Seine Aval (Figure 10a).
- ◆ Le second pour les éléments sensibles aux apports anthropiques où les groupes montrent un alignement avec les teneurs de la station Seine Aval (Figure 10b).

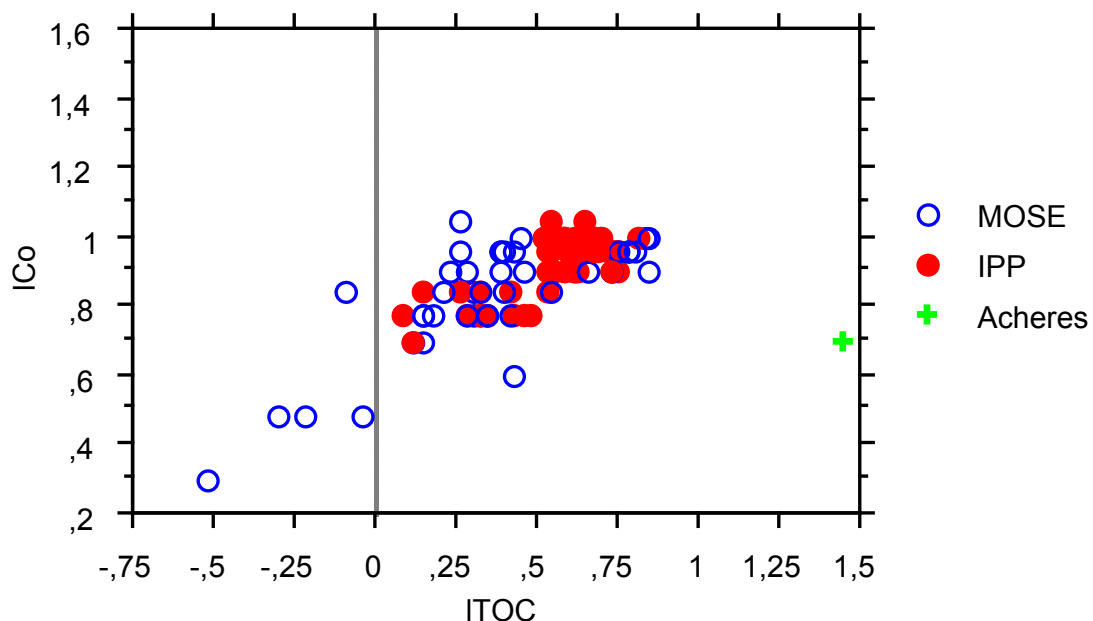


Figure 10a. Relation entre le logarithme des teneurs en Co et carbone organique total (TOC), pour les échantillons classés selon les groupes B ($l = \ln$)

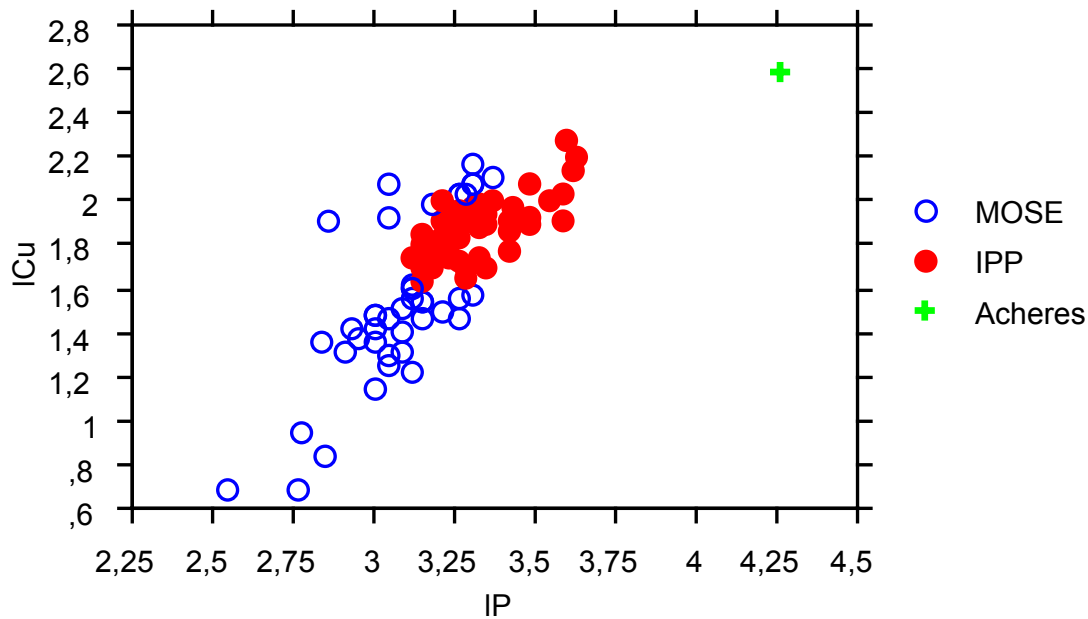


Figure 10b. Relation entre le logarithme des teneurs en Cu et phosphore, pour les échantillons classés selon les groupes B ($l = \ln$)

4.3.4. Les éléments traces, le phosphore et le carbone organique en fonction des groupes C (types d'impacts)

Comme nous l'avons vu avec les groupes A et les éléments du MPI, les éléments tels que Pb, Zn, Cd, Ag, Cu, Sb, P et Hg sont sensibles aux différents impacts anthropiques sur le bassin. Nous privilégierons donc l'exemple de ces éléments en fonction du phosphore et du carbone organique particulaire (COP) pour étudier les apports anthropiques des groupes C.

Dans la figure 11a, nous remarquons que, pour une même valeur de COP, les teneurs en P augmentent depuis les groupes amont BGR, SUP qui ont une pression domestique faible par rapport aux groupes plus aval comme SDO, PUR. La place de l'échantillon d'effluent brut de la station Seine Aval, représentant le maximum de phosphore particulaire comme de COP, est dans l'alignement des groupes SDO et PUR montrant ainsi l'importance de l'impact domestique dans ces 2 derniers.

Pour les éléments sensibles aux apports anthropiques (d'origine domestique, industrielle et/ou agricole), les types de relation géochimiques seront décrits en fonction du phosphore, choisi comme caractéristique des apports domestiques :

- ◆ Pour le Zn, Hg et Ag (Figure 11b), l'alignement des échantillons, quels que soient les groupes considérés, se fait entre les teneurs supposées naturelles (groupe BGR) et l'échantillon de la station Seine Aval avec quelques échantillons qui s'en échappent (outliers) qui seront à étudier individuellement. Pour ces 3 éléments, les sources de contamination sont essentiellement domestiques.
- ◆ Pour les autres éléments (Pb, Cr, Sb, As, Co, Ni, Cd et Ni), il existe un net excès de ces éléments dans tous les groupes (Figure 11c) par rapport à la régression linéaire qui existe dans le premier groupe entre le groupe BGR et l'échantillon de la station Seine Aval. Il existe donc une ou plusieurs autres sources de contamination en plus de la contamination domestique.

De plus, le groupe EUR est à nouveau très souvent en dehors des tendances générales.

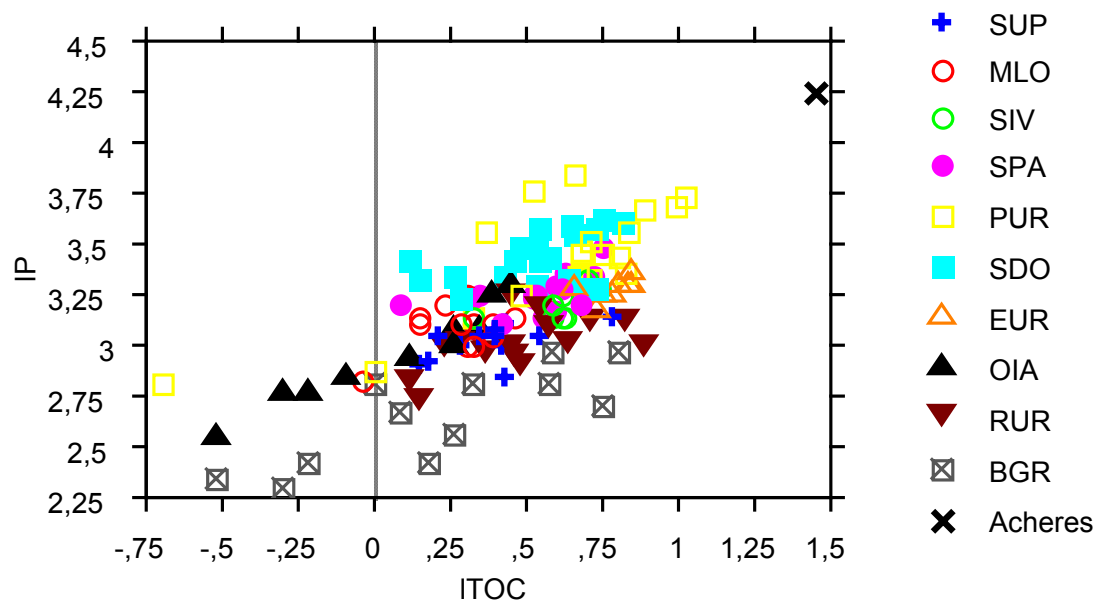


Figure 11a. Relation entre le logarithme des teneurs en P et en carbone organique total (TOC), pour les échantillons classés par groupes C ($l = \ln$)

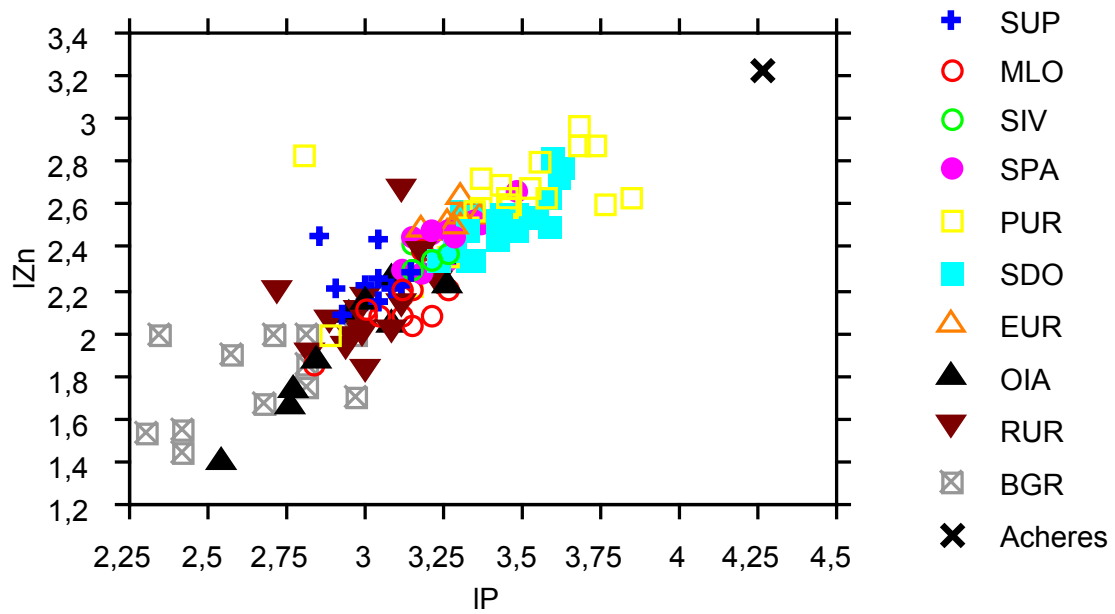


Figure 11b : Relation entre le logarithme des teneurs en Zn et P, pour les échantillons classés par groupes C ($l = \ln$)

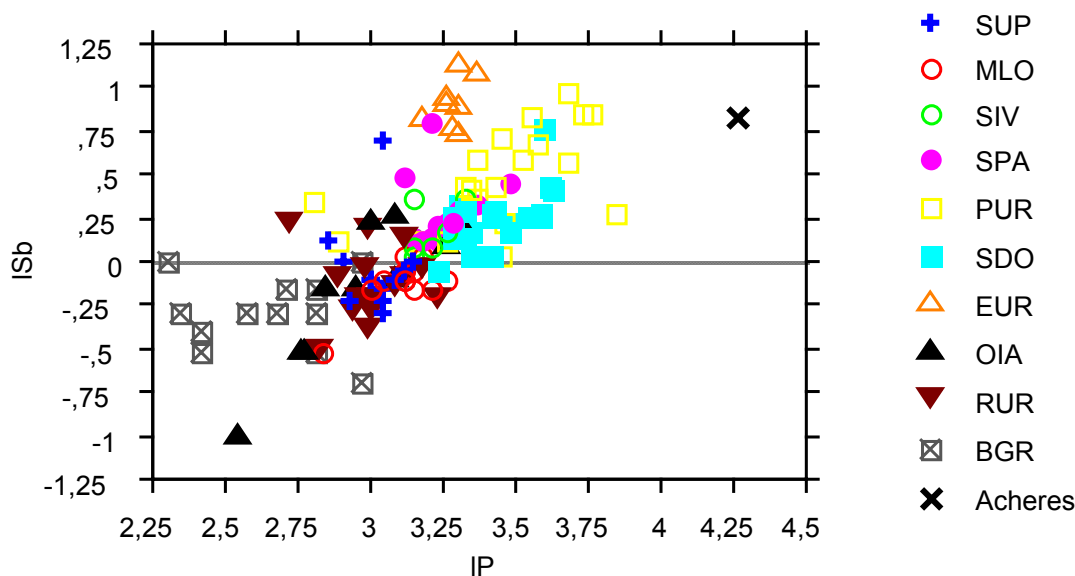


Figure 11c. Relation entre le logarithme des teneurs en Sb et P, pour les échantillons classés par groupes C ($l = ln$)

5. Conclusions et perspectives

Les variations spatio-temporelles des teneurs en éléments traces dans les sédiments de crue de la Seine ont pu ici être décrites selon 3 paramètres : l'indicateur de pollution métallique, la densité de population aux stations de prélèvements et les groupes lithologies, amont-aval et anthropiques. Cela nous a permis de mettre en évidence :

- ◆ L'évolution amont - aval des apports anthropiques
- ◆ L'origine principalement naturelle pour les éléments tels que Ti, Al, Li, Ni, Se, Co, Ba, V et As
- ◆ L'origine principalement domestique des éléments tels que Zn, Ag, Cu, Hg, COP et P
- ◆ L'origine mixte urbaine et industrielle des éléments tels que Pb, Cr, Cd, Ni et Sb
- ◆ Des apports anthropiques spécifiques sur le bassin de l'Eure, particulièrement enrichis en Sb, Cd et Pb

Au cours de l'année 2000, de nouvelles stations en milieu rural et périurbain ont été ajoutées. Nous avons remarqué que les teneurs dans certains de ces milieux ne suivent pas les tendances générales définies dans des bassins plus grands. La Guéville, la Meauldre, l'Yvette, le Ru de Gally et la Bièvre présentent le plus souvent des teneurs plus faibles que le laissent prévoir leurs fortes densités. Un effort reste à fournir pour échantillonner des bassins en milieu rural dont la densité de population est comprise entre 5 et 35 hab/km² afin de caractériser plus finement les apports anthropiques agricoles et domestiques en habitat dispersé notamment et le comportement des éléments traces dans ces milieux. Quant à l'échantillon moyen prélevé à la station Seine aval, sa composition chimique représente un des pôles de mélange d'origine urbaine tant la composition chimique des échantillons prélevés à Paris et à l'aval de l'agglomération parisienne tendent vers celle-ci.

6. Références

Comité de bassin, 1996. *Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin Seine-Normandie*, Comité de bassin / Préfet coordinateur de bassin, Paris, 164 p.

Meybeck M., Horowitz A. & Ragu A. (1998). Indicateurs de contamination métallique dans le bassin de la Seine : principe et application aux sédiments de crue. *Rapport Piren-Seine 1998*, p 5.3-5.23.

Meybeck M., Horowitz A. & Ragu A. (1999). Contamination générale de la Seine en métaux lourds (1994 à 1999). *Rapport Piren-Seine 1999*, p 5.4-5.16.

7. Annexe : Description de quelques paramètres explicatifs des variations des teneurs en éléments traces dans les sédiments de crue de la Seine

Tableau 5.1.A.1. *Caractéristiques des stations d'échantillonnage des laisses de crue sur le bassin de la Seine et valeur de leur indice de pollution métallique (MPI).*

| Échantillon | Rivière | Station | Date | Groupe A | Groupe B | Groupe C | MPI |
|-----------------|-------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| BER12 | Seine | Bercy | | - | - | BGR | 1,3 |
| BER51 | Seine | Bercy | | - | - | BGR | 1,8 |
| CSD 27 | Seine | Ivry | 1994 | - | IPP | SIV | 18,6 |
| CSD 28 | Marne | M. Alfort | 1994 | MAR | MOSE | MLO | 12,1 |
| CSD 29 | Yonne | Montereau | 1994 | YON | MOSE | SUP | 13,5 |
| CSD 32 | Oise | Compiègne amont | 1994 | OIS | MOSE | OIA | 13,5 |
| CSD 35 | Seine | Alma | 1994 | - | IPP | SPA | 21 |
| CSD 36 | Aisne | Compiègne amont | 1994 | OIS | MOSE | OIA | 5,3 |
| CSD 36B | Aisne | Compiègne amont | 1994 | OIS | MOSE | OIA | 0,3 |
| CSD 37 | Seine | Mantes | 1994 | SLO | IPP | SDO | 37,5 |
| CSD 39 | Oise | Conflans | 1994 | OIS | MOSE | OIA | 12,1 |
| CSD 40 | Seine | Conflans | 1994 | SLO | IPP | SDO | 32,8 |
| CSD 42 | Seine | M. Lafitte | 1994 | - | IPP | SPA | 32,6 |
| CSD 43 | Seine | Ile de la Jatte | 1994 | - | IPP | SPA | 34 |
| CSD 44 | Seine | Bray | 1994 | SAU | MOSE | RUR | 5,7 |
| CSD 45 | Marne | Esbly | 1994 | MAR | MOSE | MLO | 4,3 |
| CSD 45 grossier | | | | | | | |
| CSD 45 fin | Marne | Esbly | 1994 | MAR | MOSE | MLO | 5,8 |
| CSD 46 | Grand Morin | Couilly | 1994 | MAR | - | RUR | 9,7 |
| CSD 53 | Seine | Poses | 1994 | SLO | IPP | SDO | 53,5 |
| CSD 53 BIS | Seine | Poses | 1994 | SLO | IPP | SDO | 38 |
| CSD 54 | Eure | Léry | 1994 | EEU | MOSE | EUR | 140,7 |
| CSD 67 | Seine | Romilly | 1994 | SAU | MOSE | RUR | 4,5 |
| DM11 | Yvette | Les Sablons | 4/01/97 | CBP | - | PUR | 19,2 |
| DM12 | Orge | Savigny | 4/01/97 | CBP | - | PUR | 60,4 |
| DM2 | Artoise | - | 3/31/97 | CBP | - | BGR | 0,3 |
| DM5 | Vesle | - | 3/31/97 | OIS | - | PUR | 71,8 |
| DME | Ecaillon | - | 3/30/97 | OIS | - | RUR | 5,6 |
| LCM 001 | Orge | Savigny | 12/18/96 | CBP | - | PUR | 91 |
| LCM 002 | Seine | Croissy | 12/20/96 | - | IPP | SPA | 41,1 |
| LCM 003 | Yerre | Villeneuve | 12/18/96 | CBP | - | PUR | 29,2 |
| LCM 004 | Seine | Poses | 12/21/96 | SLO | IPP | SDO | 35,1 |
| LCM 005 | Seine | Puteaux | 12/17/96 | - | IPP | SPA | 24,7 |
| LCM 006 | Marne | M. Alfort | 12/18/96 | MAR | MOSE | MLO | 11 |
| LCM 007 | Ru de Gally | La Maladrerie | 12/17/98 | CBP | - | PUR | 49,3 |
| LCM 008 | Meauldre | Montainville | 12/17/96 | CBP | - | PUR | 40,3 |
| LCM 009 | Eure | Léry | 12/21/96 | EEU | MOSE | EUR | 81,5 |
| LCM 010 | Seine | Mantes | 12/21/96 | SLO | IPP | SDO | 44,1 |
| LCM 011 | Seine | Corbeil | 12/18/96 | - | MOSE | SUP | 9,6 |
| LCM 012 | Seine | Ivry | 12/18/98 | - | IPP | SIV | 20,1 |
| LCM 020 | Essonne | Le Saussay | 4/20/97 | CBP | - | RUR | 9,2 |
| LCM 021 | Juigne | Saint Vrain | 4/20/97 | CBP | - | RUR | 24,5 |
| LCM 022 | Ecole | Saint Sauveur | 7/07/97 | CBP | - | RUR | 12,5 |
| LCM 023 | Seine | Croissy | 3/14/97 | - | IPP | SPA | 29,1 |
| LCM 024 | Marne | M. Alfort | 3/16/97 | MAR | MOSE | MLO | 8,6 |
| LCM 025 | Seine | Mantes | 3/14/97 | SLO | IPP | SDO | 26,9 |
| LCM 026A | Seine | Puteaux | 3/01/97 | - | IPP | SPA | 15,2 |
| LCM 026B | Seine | Puteaux | 3/01/97 | - | IPP | SPA | 15,8 |

| | | | | | | | |
|----------|-------------|-----------------|----------|-----|------|-----|-------|
| LCM 027 | Seine | Pont Neuf | 3/02/97 | - | IPP | SPA | 21,3 |
| LCM 028 | Seine | Ivry | 3/16/97 | - | IPP | SIV | 21,4 |
| LCM 029 | Seine | Puteaux | 1/04/98 | - | IPP | SPA | 24,1 |
| LCM 030 | Orge | Savigny | 10/01/98 | CBP | - | PUR | 77,5 |
| LCM 031 | Bièvre | Amblainvilliers | 1/10/98 | CBP | - | RUR | 10,5 |
| LCM 032 | Marne | M. Alfort | 1/31/98 | MAR | MOSE | MLO | 9,6 |
| LCM 033 | Seine | Ivry | 1/31/98 | - | IPP | SIV | 17,6 |
| LCM 034 | Yerre | Villeneuve | 1/10/00 | CBP | - | PUR | 29 |
| LCM 036 | Eure | Léry | 2/10/98 | EEU | MOSE | EUR | 130,7 |
| LCM 037 | Seine | Poses | 2/10/98 | SLO | IPP | SDO | 28,5 |
| LCM 044 | Guéville | Gazeran | 3/22/98 | CBP | - | RUR | 14 |
| LCM 045 | Guesle | Poigny | 3/22/98 | CBP | - | BGR | 14 |
| LCM 052 | Yvette | Les Sablons | 3/31/98 | CBP | - | RUR | 3,9 |
| LCM 056 | Yvette | Villebon | 3/31/98 | CBP | - | PUR | 10,3 |
| LCM 062 | Bièvre | Buc | 4/03/98 | CBP | - | PUR | 27,7 |
| LCM 098B | Loing | Moret | 5/04/98 | CBP | - | RUR | 6,7 |
| LCM 099 | Yonne | Montereau | 5/04/99 | YON | MOSE | SUP | 10,3 |
| LCM 100 | Seine | Montereau | 5/04/98 | SAU | MOSE | SUP | 14,5 |
| LCM 101 | Seine | Corbeil | 5/04/98 | - | MOSE | SUP | 9,3 |
| LCM 102 | Grand Morin | Couilly | 5/04/98 | MAR | - | RUR | 7,4 |
| LCM 103 | Marne | Esbly | 5/04/98 | MAR | MOSE | MLO | 6,4 |
| LCM 105 | Oise | Longueil | 5/11/98 | OIS | MOSE | OIA | 8,9 |
| LCM 106 | Aisne | Choisy | 5/11/98 | OIS | MOSE | OIA | 5,5 |
| LCM 107 | Oise | Conflans | 5/11/98 | OIS | MOSE | OIA | 15,1 |
| LCM 108 | Seine | Poses | 5/11/98 | SAU | IPP | SDO | 109,6 |
| LCM 109 | Eure | Léry | 5/11/98 | EEU | MOSE | EUR | 125,9 |
| LCM 110 | Seine | Mantes | 5/11/98 | SLO | IPP | SDO | 26,3 |
| LCM 112 | Marne | Esbly | 5/11/98 | MAR | MOSE | MLO | 15,2 |
| LCM 113B | Seine | Croissy | 5/12/98 | - | IPP | SPA | 26,3 |
| LCM 119B | Marne | M. Alfort | 11/16/98 | MAR | MOSE | MLO | 9,2 |
| LCM 120 | Seine | Ivry | 11/16/98 | - | IPP | SIV | 22,1 |
| LCM 121 | Yerre | Villeneuve | 11/16/98 | CBP | - | PUR | 33,6 |
| LCM 122 | Orge | Savigny | 11/16/98 | CBP | - | PUR | 52,8 |
| LCM 124 | Eure | Léry | 11/21/98 | EEU | MOSE | EUR | 125,8 |
| LCM 125 | Seine | Mantes | 11/21/98 | SLO | IPP | SDO | 21,8 |
| LCM 128 | Seine | Ivry | 3/27/99 | - | IPP | SIV | 20,5 |
| LCM 129 | Marne | M. Alfort | 3/27/99 | MAR | MOSE | MLO | 8,1 |
| LCM 130 | Oise | Conflans | 3/26/99 | OIS | MOSE | OIA | 12,9 |
| LCM 131 | Seine | Alma | 3/29/99 | - | IPP | SPA | 12,9 |
| LCM 132 | Seine | Chaillot | 3/29/98 | - | IPP | SPA | 121 |
| LCM 134 | Eure | Léry | 4/03/99 | EEU | MOSE | EUR | 165 |
| LCM 135 | Seine | Poses | 4/03/99 | SAU | IPP | SDO | 26,7 |
| LCM 136 | Seine | Mantes | 4/03/99 | SLO | IPP | SDO | 22,8 |
| LCM 137 | Seine | Mantes | 4/03/99 | SLO | IPP | SDO | 21,8 |
| LCM 138 | Oise | Longueil | 4/05/99 | OIS | MOSE | OIA | 4,1 |
| LCM 139 | Aisne | Choisy | 4/05/99 | OIS | MOSE | OIA | 0,8 |
| LCM 140 | Brèche | Liancourt | 4/05/99 | EEU | - | - | 32,5 |
| LCM 141 | Thérain | Beauvais amont | 4/05/99 | EEU | - | PUR | 13,1 |
| LCM 142 | Thérain | Beauvais aval | 4/05/99 | EEU | - | RUR | 4,1 |
| LCM 143 | Yerre | Villeneuve | 4/08/99 | CBP | - | PUR | 22,5 |
| LCM 144 | Orge | Savigny | 4/08/99 | CBP | - | PUR | 38,3 |
| LCM 146 | Yonne | Montereau | 4/08/99 | YON | MOSE | SUP | 7,8 |
| LCM 147 | Seine | Montereau | 4/08/99 | SAU | MOSE | SUP | 26,1 |
| LCM 149 | Epte | - | 4/05/99 | EEU | - | RUR | 15,2 |
| LCM 150 | Marne | M. Alfort | 4/10/99 | MAR | MOSE | MLO | 7,2 |
| LCM 151 | Artières | - | 7/17/99 | - | - | PUR | 28,6 |
| LCM 152 | Seine | Alma | 1/06/00 | - | IPP | SPA | 18 |
| LCM 153 | Seine | Ivry | 1/07/00 | - | IPP | SIV | 13,1 |
| LCM 155 | Yonne | Montereau | 1/08/00 | YON | MOSE | SUP | 8,5 |

| | | | | | | | |
|---------|--------|---------------------|-------------------|-----|------|-----|-------|
| LCM 157 | Seine | Montereau | 1/08/00 | SAU | MOSE | SUP | 21,6 |
| LCM 159 | Loing | Moret | 1/08/00 | - | - | RUR | 11,3 |
| LCM 160 | Seine | Corbeil | 1/08/00 | CBP | MOSE | SUP | 10,7 |
| LCM 161 | Orge | Savigny | 1/08/00 | CBP | - | PUR | 41,2 |
| LCM 162 | Yerres | Villeneuve | 1/08/00 | CBP | - | PUR | 108,7 |
| LCM 164 | Seine | Mantes | 1/09/00 | SLO | IPP | SDO | 25,9 |
| LCM 165 | Seine | Conflans | 1/09/00 | SLO | MOSE | SDO | 27,5 |
| LCM 168 | Eure | Léry | 1/12/00 | EEU | MOSE | EUR | 104,1 |
| LCM 170 | seine | Andrézy | 1/12/00 | SLO | IPP | SDO | 38,3 |
| LCM 171 | Seine | Denouval | 1/12/00 | OIS | IPP | SDO | 26,4 |
| LCM 172 | Seine | Denouval | 1/12/00 | OIS | IPP | SDO | 19 |
| LCM 176 | Seine | Ivry | 1/20/00 | - | IPP | SIV | 13,9 |
| SFD1 | Seine | Poses | 1995 | SLO | IPP | SDO | 27,3 |
| SFD2 | Seine | île de la Jatte | 1995 | - | IPP | SPA | 20,2 |
| SFD3 | Marne | M. Alfort | 1995 | MAR | MOSE | MLO | 14,2 |
| SFD4 | Yonne | Montereau | 1995 | YON | MOSE | SUP | 7,8 |
| SFD5 | Eure | Léry | 1995 | EEU | MOSE | EUR | 91,6 |
| SFD6 | Seine | Ivry | 1995 | - | IPP | SIV | 16,4 |
| SFD7 | Seine | Montereau | 1995 | SAU | MOSE | SUP | 25,3 |
| SFD8 | Marne | Anet | 1995 | MAR | MOSE | MLO | 7,5 |
| SFD9 | Seine | Alma | 1995 | - | IPP | SPA | 25,7 |
| LCM 181 | Seine | Station Seine- Aval | 7/27/00 au 8/1/00 | - | - | SPA | 254 |

Tableau 5.1.A.2. Teneurs métalliques et en carbone total (TC) ou organique total (TOC) ; toutes les teneurs sont en ppm sauf Fe, Al, Ti, TOC et TC en %.

| | Cu | Pb | Zn | Cd | P | As | Sb | Hg | Fe | Mn | Al | Ti | TOC | T.C. |
|------------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|
| BER12 | 14 | 24 | 100 | 0,3 | 650 | 16,9 | 0,7 | 0,02 | 1,8 | 200 | 4,6 | 0,19 | 1,0 | 7,8 |
| BER51 | 10 | 24 | 100 | 0,4 | 220 | 7,7 | 0,5 | 0,02 | 1,8 | 600 | 4,5 | 0,24 | 0,3 | 7,0 |
| CSD 27 | 72 | 100 | 260 | 0,7 | 1400 | 11,0 | 1,4 | 0,32 | 1,9 | 460 | 3,7 | 0,20 | 4,2 | 8,4 |
| CSD 28 | 41 | 56 | 190 | 0,6 | 1300 | 5,3 | 1,1 | 0,29 | 1,5 | 360 | 2,5 | 0,17 | 2,1 | 7,3 |
| CSD 29 | 21 | 110 | 160 | 0,5 | 810 | 10,4 | 1,0 | 0,18 | 1,5 | 430 | 2,4 | 0,15 | 1,4 | 5,0 |
| CSD 32 | 26 | 41 | 180 | 1,0 | 1200 | 8,4 | 1,8 | 0,26 | 2,2 | 500 | 2,9 | 0,21 | 1,8 | 3,5 |
| CSD 35 | 64 | 120 | 280 | 0,9 | 1400 | 9,0 | 1,4 | 0,28 | 1,8 | 440 | 3,4 | 0,19 | 3,6 | 8,0 |
| CSD 36 | 21 | 34 | 110 | 0,1 | 1200 | 4,5 | 0,8 | 0,20 | 1,6 | 230 | 2,3 | 0,17 | 2,2 | 4,5 |
| CSD 36B | 5 | 10 | 25 | 0,1 | 350 | 1,3 | 0,1 | 0,04 | 0,4 | 50 | 0,5 | 0,03 | 0,3 | 1,2 |
| CSD 37 | 80 | 160 | 360 | 1,8 | 2200 | 6,3 | 1,5 | 0,66 | 1,5 | 370 | 2,3 | 0,15 | 2,7 | 7,1 |
| CSD 39 | 24 | 63 | 120 | 0,3 | 880 | 4,1 | 0,7 | 0,34 | 1,0 | 250 | 1,2 | 0,07 | 1,3 | 4,0 |
| CSD 40 | 92 | 140 | 380 | 1,7 | 2000 | 8,9 | 2,1 | 0,76 | 1,9 | 420 | 3,4 | 0,20 | 3,4 | 7,8 |
| CSD 42 | 81 | 180 | 290 | 1,0 | 1600 | 4,9 | 1,4 | 0,54 | 1,3 | 310 | 2,0 | 0,14 | 1,2 | 5,8 |
| CSD 43 | 77 | 160 | 300 | 0,9 | 1800 | 6,1 | 1,5 | 1,3 | 1,4 | 360 | 2,1 | 0,14 | 2,2 | 6,9 |
| CSD 44 | 46 | 27 | 76 | 0,1 | 660 | 3,0 | 0,3 | 0,10 | 0,8 | 230 | 1,2 | 0,07 | 1,3 | 10,1 |
| CSD 45 | 23 | 35 | 71 | 0,1 | 680 | 3,3 | 0,3 | 0,07 | 0,8 | 250 | 1,1 | 0,07 | 0,9 | 6,1 |
| grossier | | | | | | | | | | | | | | |
| CSD 45 fin | 31 | 44 | 120 | 0,2 | 990 | 6,3 | 0,6 | 0,17 | 1,8 | 380 | 3,0 | 0,20 | 2,0 | 6,4 |
| CSD 46 | 57 | 48 | 110 | 0,2 | 770 | 5,4 | 0,8 | 0,25 | 1,5 | 340 | 3,2 | 0,25 | 3,0 | 4,3 |
| CSD 53 | 160 | 160 | 600 | 3,2 | 4200 | 9,0 | 2,6 | 1,2 | 2,3 | 550 | 3,8 | 0,21 | 5,6 | 9,6 |
| CSD 53 | 86 | 110 | 360 | 2,1 | 3000 | 6,0 | 1,7 | 0,92 | 1,7 | 480 | 2,2 | 0,13 | 3,0 | 7,5 |
| BIS | | | | | | | | | | | | | | |
| CSD 54 | 150 | 1200 | 440 | 5,6 | 2000 | 6,9 | 13,3 | 0,60 | 2,2 | 420 | 4,4 | 0,27 | 6,8 | 8,5 |
| CSD 67 | 20 | 55 | 82 | 0,1 | 860 | 5,8 | 0,5 | 0,14 | 1,4 | 260 | 2,6 | 0,14 | 2,9 | 9,9 |
| DM11 | 49 | 68 | 170 | 0,6 | 1400 | 4,8 | 1,3 | 0,36 | 1,1 | 220 | 2,1 | 0,17 | 2,1 | 2,4 |
| DM12 | 140 | 230 | 410 | 1,4 | 5800 | 5,3 | 7,1 | 1,61 | 1,4 | 250 | 2,2 | 0,15 | 3,3 | 4,6 |
| DM2 | 6 | 16 | 35 | 0,1 | 260 | 4,1 | 0,4 | 0,06 | 1,1 | 76 | 4,6 | 0,37 | 0,6 | 0,5 |
| DM5 | 180 | 160 | 950 | 2,5 | 4700 | 4,9 | 3,8 | 0,82 | 1,2 | 220 | 1,7 | 0,13 | 7,6 | 12,9 |
| DME | 15 | 34 | 93 | 0,4 | 910 | 4,5 | 0,6 | 0,08 | 1,5 | 380 | 3,2 | 0,31 | 2,3 | 2,6 |
| LCM 001 | 210 | 310 | 750 | 3,0 | 5400 | 9,7 | 7,1 | 1,1 | 1,9 | 500 | 2,9 | 0,23 | 10,5 | 12,1 |
| LCM 002 | 120 | 160 | 460 | 1,9 | 3000 | 9,0 | 2,8 | 0,91 | 1,9 | 400 | 3,5 | 0,20 | 5,6 | 9,5 |
| LCM 003 | 87 | 110 | 390 | 1,6 | 2300 | 8,5 | 2,3 | 0,38 | 2,2 | 400 | 4,4 | 0,31 | 4,7 | 6,3 |
| LCM 004 | 110 | 110 | 430 | 2,0 | 3800 | 9,4 | 1,8 | 0,80 | 2,2 | 500 | 3,7 | 0,21 | 5,4 | 9,4 |
| LCM 005 | 89 | 110 | 340 | 1,3 | 2200 | 11,4 | 2,1 | 0,40 | 2,1 | 500 | 4,1 | 0,23 | 5,2 | 9,5 |
| LCM 006 | 37 | 50 | 160 | 0,7 | 1800 | 6,5 | 0,8 | 0,21 | 1,6 | 400 | 2,6 | 0,20 | 2,0 | 6,7 |
| LCM 007 | 46 | 150 | 390 | 0,9 | 2800 | 3,5 | 1,1 | 0,88 | 0,8 | 100 | 1,5 | 0,10 | 5,6 | 4,9 |
| LCM 008 | 65 | 150 | 400 | 0,8 | 2900 | 5,4 | 1,7 | 0,84 | 1,0 | 200 | 2,0 | 0,15 | 4,8 | 5,6 |
| LCM 009 | 120 | 500 | 320 | 3,2 | 2000 | 5,5 | 5,3 | 0,68 | 1,6 | 700 | 3,0 | 0,21 | 6,9 | 8,7 |
| LCM 010 | 140 | 140 | 540 | 2,5 | 4100 | 10,5 | 2,7 | 1,3 | 2,4 | 500 | 4,3 | 0,24 | 6,5 | 10,2 |
| LCM 011 | 23 | 60 | 140 | 0,4 | 1000 | 6,5 | 0,8 | 0,17 | 1,1 | 400 | 2,0 | 0,13 | 2,6 | 6,7 |
| LCM 012 | 89 | 94 | 320 | 0,8 | 1900 | 11,2 | 1,5 | 0,35 | 2,0 | 500 | 4,4 | 0,23 | 5,5 | 9,6 |
| LCM 020 | 19 | 26 | 100 | 0,5 | 980 | 2,9 | 0,4 | 0,12 | 0,7 | 170 | 1,2 | 0,08 | 7,6 | 10 |
| LCM 021 | 40 | 59 | 450 | 0,7 | 1300 | 6,0 | 0,8 | 0,24 | 1,0 | 310 | 1,6 | 0,12 | 6,7 | 10 |
| LCM 022 | 28 | 35 | 140 | 0,4 | 1000 | 2,2 | 0,5 | 0,22 | 0,7 | 84 | 1,7 | 0,14 | 4,3 | 4,5 |
| LCM 023 | 100 | 110 | 330 | 1,5 | 2300 | 10,8 | 2,1 | 1,48 | 2,4 | 460 | 4,6 | 0,27 | 4,2 | 7,6 |
| LCM 024 | 37 | 48 | 120 | 0,4 | 1300 | 5,3 | 0,8 | 0,15 | 1,3 | 350 | 2,4 | 0,21 | 1,4 | 5,7 |
| LCM 025 | 80 | 99 | 300 | 1,9 | 3000 | 8,3 | 1,5 | 0,53 | 2,2 | 440 | 3,7 | 0,22 | 3,4 | 7,6 |
| LCM 026A | 69 | 75 | 220 | 0,9 | 1800 | 10,6 | 1,6 | 0,39 | 2,6 | 530 | 5,0 | 0,32 | 3,3 | 6,3 |
| LCM 26B | 66 | 73 | 210 | 1,1 | 1700 | 10,1 | 1,3 | 0,35 | 2,5 | 530 | 4,8 | 0,31 | 3,3 | 6,5 |
| LCM 027 | 57 | 110 | 210 | 1,0 | 1700 | 5,7 | 1,6 | 0,38 | 1,4 | 360 | 2,4 | 0,20 | 2,1 | 6,8 |
| | Cu | Pb | Zn | Cd | P | As | Sb | Hg | Fe | Mn | Al | Ti | TOC | T.C. |
| LCM 028 | 96 | 110 | 320 | 1,0 | 2100 | 13 | 1,4 | 0,32 | 2,2 | 590 | 4,8 | 0,25 | 4,8 | 8,8 |
| LCM 029 | 96 | 110 | 300 | 1,2 | 2000 | 8,2 | 2,0 | 0,46 | 2,1 | 420 | 4,0 | 0,25 | 3,9 | 8,2 |
| LCM 030 | 250 | 300 | 770 | 2,4 | 4800 | 11,7 | 9,2 | 0,94 | 2,5 | 470 | 3,8 | 0,28 | 9,8 | 11,8 |
| LCM 031 | 25 | 46 | 150 | 0,3 | 520 | 5,0 | 1,6 | 0,06 | 0,9 | 280 | 2,0 | 0,20 | 1,4 | 1,3 |
| LCM 032 | 35 | 52 | 110 | 0,6 | 1400 | 4,2 | 0,7 | 0,14 | 1,3 | 340 | 2,2 | 0,19 | 1,4 | 6,2 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| LCM 033 | 57 | 85 | 200 | 0,8 | 1400 | 7,4 | 2,3 | 0,31 | 1,4 | 390 | 2,7 | 0,18 | 2,1 | 6,1 |
| LCM 034 | 100 | 100 | 490 | 1,7 | 2700 | 10,8 | 2,7 | 0,38 | 3,2 | 510 | 5,8 | 0,36 | 6,4 | 7,2 |
| LCM 036 | 110 | 1200 | 290 | 4,2 | 1800 | 4,9 | 8,0 | 0,40 | 1,7 | 400 | 3,4 | 0,24 | 6,0 | 8,7 |
| LCM 037 | 100 | 110 | 350 | 1,9 | 3500 | 10,6 | 1,8 | 0,55 | 2,6 | 480 | 4,5 | 0,26 | 4,5 | 8,2 |
| LCM 044 | 29 | 43 | 170 | 0,4 | 1700 | 2,9 | 0,6 | 0,29 | 0,8 | 63 | 1,8 | 0,15 | 2,8 | 3,1 |
| LCM 045 | 37 | 38 | 100 | 0,6 | 510 | 7,9 | 0,7 | 0,04 | 1,2 | 100 | 1,6 | 0,12 | 5,6 | 5,5 |
| LCM 052 | 9 | 26 | 65 | 0,3 | 1000 | 4,9 | 0,6 | 0,05 | 1,2 | 510 | 2,2 | 0,19 | 1,9 | 2,1 |
| LCM 056 | 27 | 48 | 100 | 0,3 | 760 | 3,8 | 1,3 | 0,07 | 0,8 | 240 | 1,4 | 0,11 | 1,0 | 1,1 |
| LCM 062 | 74 | 81 | 320 | 1,0 | 2100 | 8,0 | 2,7 | 0,28 | 1,9 | 400 | 3,1 | 0,27 | 5,1 | 5,1 |
| LCM 098B | 21 | 46 | 97 | 0,7 | 980 | 6,1 | 1,5 | 0,12 | 1,2 | 510 | 2,6 | 0,16 | 1,7 | 8,5 |
| LCM 099 | 14 | 88 | 170 | 0,5 | 1000 | 14 | 0,8 | 0,12 | 1,8 | 440 | 3,0 | 0,22 | 1,9 | 5,7 |
| LCM 100 | 120 | 34 | 140 | 0,5 | 1100 | 6,5 | 0,7 | 0,15 | 1,6 | 300 | 2,8 | 0,17 | 3,5 | 9,8 |
| LCM 101 | 27 | 53 | 120 | 0,6 | 840 | 6,5 | 0,6 | 0,17 | 1,3 | 370 | 2,2 | 0,17 | 1,5 | 6,3 |
| LCM 102 | 42 | 34 | 120 | 0,3 | 960 | 6,6 | 0,9 | 0,14 | 1,8 | 480 | 3,5 | 0,33 | 2,8 | 3,8 |
| LCM 103 | 30 | 37 | 120 | 0,5 | 1100 | 8,4 | 0,8 | 0,12 | 2,0 | 400 | 3,3 | 0,25 | 2,4 | 6,8 |
| LCM 105 | 27 | 53 | 140 | 0,5 | 1000 | 10 | 1,7 | 0,21 | 2,4 | 600 | 3,9 | 0,35 | 1,8 | 3,1 |
| LCM 106 | 9 | 40 | 55 | 0,3 | 590 | 2,1 | 0,3 | 0,06 | 0,7 | 120 | 1,0 | 0,08 | 0,6 | 1,9 |
| LCM 107 | 38 | 49 | 230 | 1,0 | 2000 | 7,8 | 1,7 | 0,27 | 2,4 | 610 | 3,2 | 0,23 | 2,8 | 5,3 |
| LCM 108 | 190 | 250 | 670 | 9,5 | 3900 | 10 | 5,7 | 2,70 | 2,1 | 430 | 3,4 | 0,21 | 4,4 | 8,0 |
| LCM 109 | 110 | 1100 | 330 | 4,2 | 1800 | 5,0 | 8,8 | 0,42 | 1,7 | 340 | 3,3 | 0,25 | 5,6 | 8,0 |
| LCM 110 | 95 | 110 | 360 | 1,6 | 2700 | 11 | 2,0 | 0,58 | 2,6 | 550 | 4,6 | 0,29 | 3,7 | 7,4 |
| LCM 112 | 59 | 99 | 250 | 0,7 | 1500 | 18 | 1,1 | 0,21 | 2,3 | 570 | 4,6 | 0,28 | 3,8 | 7,7 |
| LCM 113B | 91 | 130 | 300 | 1,1 | 1800 | 10 | 1,7 | 0,46 | 1,9 | 420 | 3,4 | 0,24 | 3,4 | 7,5 |
| LCM 119B | 42 | 45 | 150 | 0,6 | 1300 | 6,5 | 0,9 | 0,12 | 1,8 | 400 | 3,3 | 0,27 | 2,4 | 6,6 |
| LCM 120 | 99 | 97 | 300 | 0,8 | 2100 | 10 | 2,3 | 0,40 | 2,1 | 520 | 4,0 | 0,26 | 5,0 | 8,5 |
| LCM 121 | 120 | 140 | 530 | 1,8 | 2300 | 4,6 | 3,9 | 0,45 | 2,9 | 480 | 5,9 | 0,42 | 6,6 | 7,9 |
| LCM 122 | 200 | 250 | 630 | 1,9 | 3600 | 13 | 6,9 | 0,69 | 2,8 | 830 | 5,0 | 0,37 | 6,8 | 8,6 |
| LCM 124 | 120 | 1000 | 350 | 4,9 | 2000 | 5,1 | 7,7 | 0,53 | 1,7 | 440 | 3,5 | 0,28 | 6,4 | 8,4 |
| LCM 125 | 73 | 81 | 270 | 1,3 | 2600 | 7,5 | 1,9 | 0,53 | 2,1 | 510 | 3,7 | 0,27 | 3,5 | 7,2 |
| LCM 128 | 50 | 78 | 200 | 0,6 | 1400 | 14 | 1,1 | 2,60 | 2,1 | 610 | 4,3 | 0,29 | 3,8 | 7,5 |
| LCM 129 | 35 | 42 | 160 | 0,6 | 1400 | 8,2 | 0,9 | 0,13 | 2,1 | 440 | 3,8 | 0,29 | 2,9 | 7,1 |
| LCM 130 | 30 | 41 | 170 | 0,9 | 1800 | 6,1 | 1,2 | 0,30 | 1,9 | 480 | 2,7 | 0,23 | 2,4 | 5,0 |
| LCM 131 | 50 | 71 | 190 | 0,7 | 1500 | 12 | 1,3 | 0,25 | 2,1 | 500 | 4,0 | 0,27 | 3,9 | 7,6 |
| LCM 132 | 180 | 400 | 690 | 0,5 | 640 | 3,5 | 2,2 | 5,70 | 1,3 | 230 | 0,8 | 0,10 | 0,2 | 2,8 |
| LCM 134 | 130 | 1600 | 350 | 3,5 | 2300 | 5,3 | 12,0 | 0,46 | 2,1 | 490 | 3,9 | 0,31 | 7,0 | 8,0 |
| LCM 135 | 83 | 91 | 310 | 1,5 | 3800 | 6,8 | 1,9 | 0,52 | 2,3 | 540 | 3,4 | 0,24 | 3,5 | 6,6 |
| LCM 136 | 51 | 74 | 220 | 1,3 | 2200 | 5,4 | 1,1 | 0,52 | 1,4 | 310 | 2,1 | 0,16 | 1,8 | 5,5 |
| LCM 137 | 55 | 88 | 220 | 1,2 | 2100 | 6,3 | 1,4 | 0,35 | 1,5 | 350 | 2,4 | 0,18 | 1,4 | 5,0 |
| LCM 138 | 7 | 22 | 75 | 0,3 | 690 | 6,5 | 0,7 | 0,15 | 1,5 | 350 | 1,8 | 0,16 | 0,8 | 2,3 |
| LCM 139 | 5 | 10 | 45 | 0,1 | 580 | 1,7 | 0,3 | 0,04 | 0,6 | 110 | 0,9 | 0,08 | 0,5 | 1,6 |
| LCM 140 | 130 | 71 | 390 | 1,1 | 3000 | 4,4 | 1,7 | 0,42 | 2,0 | 520 | 3,2 | 0,29 | 8,0 | 9,8 |
| LCM 141 | 26 | 49 | 230 | 0,6 | 1800 | 4,9 | 1,3 | 0,25 | 1,8 | 350 | 2,9 | 0,28 | 3,0 | 4,5 |
| LCM 142 | 14 | 32 | 100 | 0,3 | 1200 | 4,0 | 0,7 | 0,08 | 1,7 | 330 | 3,5 | 0,32 | 3,7 | 5,1 |
| LCM 143 | 82 | 84 | 380 | 1,1 | 2200 | 8,8 | 2,6 | 0,42 | 2,7 | 490 | 5,2 | 0,41 | 4,6 | 5,5 |
| LCM 144 | 130 | 150 | 440 | 1,0 | 2800 | 9,3 | 5,1 | 0,45 | 2,4 | 480 | 3,6 | 0,27 | 4,8 | 5,3 |
| LCM 146 | 17 | 55 | 170 | 0,4 | 1300 | 12 | 0,9 | 0,09 | 1,9 | 410 | 3,1 | 0,28 | 2,7 | 5,8 |
| LCM 147 | 86 | 120 | 270 | 1,1 | 1100 | 7,7 | 4,9 | 0,15 | 1,2 | 350 | 1,9 | 0,13 | 2,2 | 7,8 |
| LCM 149 | 58 | 41 | 230 | 0,7 | 1500 | 4,4 | 0,9 | 0,14 | 1,5 | 450 | 2,8 | 0,26 | 3,5 | 5,8 |
| LCM 150 | 32 | 39 | 120 | 0,4 | 1600 | 5,7 | 0,7 | 0,19 | 1,7 | 360 | 2,7 | 0,25 | 1,7 | 6,1 |
| LCM 151 | 100 | 200 | 430 | 1,1 | 3700 | 23 | 4,8 | 1,20 | 4,4 | 680 | 7,2 | 0,76 | 2,3 | 3,2 |
| LCM 152 | 56 | 75 | 200 | 1,0 | 1300 | 7,7 | 3,1 | 0,28 | 1,5 | 420 | 2,6 | 0,19 | 2,6 | 6,8 |
| LCM 153 | 43 | 64 | 200 | 0,7 | 1400 | 13 | 1,2 | 0,27 | 1,8 | 530 | 3,3 | 0,20 | 4,1 | 7,8 |
| LCM 155 | 20 | 53 | 180 | 0,5 | 1100 | 14 | 0,6 | 0,15 | 1,9 | 590 | 3,3 | 0,22 | 2,5 | 5,9 |
| LCM 157 | 30 | 77 | 190 | 1,4 | 1400 | 16 | 1,0 | 2,2 | 2,3 | 400 | 4,4 | 0,25 | 6,0 | 10 |
| LCM 159 | 28 | 58 | 130 | 0,8 | 1300 | 5,0 | 1,3 | 0,21 | 1,4 | 500 | 2,9 | 0,16 | 5,1 | 9,1 |
| LCM 160 | 33 | 54 | 160 | 0,7 | 1200 | 8,1 | 0,8 | 0,14 | 1,5 | 490 | 2,7 | 0,18 | 2,5 | 7,1 |
| LCM 161 | 140 | 160 | 480 | 1,6 | 3300 | 12 | 3,9 | 0,54 | 2,6 | 660 | 4,3 | 0,34 | 5,1 | 5,9 |
| LCM 162 | 200 | 150 | 440 | 2,6 | 6900 | 6,0 | 1,9 | 11 | 1,6 | 260 | 2,7 | 0,18 | 4,5 | 6,2 |
| LCM 164 | 55 | 80 | 220 | 1,5 | 1700 | 5,7 | 0,9 | 0,65 | 1,3 | 320 | 2,0 | 0,14 | 1,9 | 5,8 |
| LCM 165 | 77 | 110 | 305 | 1,7 | 2100 | 11 | 2,0 | 0,59 | 2,1 | 470 | 3,5 | 0,21 | 4,3 | 8,7 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-------|------|-----|-------|------|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|
| LCM 168 | 98 | 840 | 300 | 4,2 | 1500 | 6,2 | 6,5 | 0,39 | 1,8 | 490 | 3,5 | 0,25 | 5,4 | 7,3 |
| LCM 170 | 83 | 150 | 340 | 1,7 | 2600 | 6,1 | 1,8 | 0,60 | 1,3 | 320 | 2,0 | 0,13 | 2,9 | 6,8 |
| LCM 171 | 51 | 71 | 250 | 1,4 | 1900 | 7,4 | 1,4 | 0,85 | 1,9 | 440 | 2,6 | 0,19 | 5,3 | 7,7 |
| LCM 172 | 45 | 58 | 250 | 1,4 | 1900 | 9,0 | 1,8 | 0,44 | 2,4 | 530 | 3,6 | 0,24 | 4,9 | 7,9 |
| LCM 176 | 54 | 72 | 240 | 0,7 | 1800 | 14 | 1,5 | 0,24 | 2,4 | 730 | 4,0 | 0,24 | 4,1 | 8,1 |
| SFD1 | 60 | 80 | 270 | 1,9 | 2600 | 5,7 | 1,1 | 0,48 | 1,5 | 500 | 1,8 | 0,10 | 1,3 | 6,9 |
| SFD2 | 81 | 96 | 280 | 1,2 | 1900 | 12,8 | 1,7 | 0,39 | 2,1 | 400 | 4,2 | 0,23 | 4,1 | 9,3 |
| SFD3 | 41 | 56 | 160 | 1,2 | 1300 | 6,2 | 0,8 | 0,21 | 1,6 | 400 | 2,8 | 0,21 | 1,9 | 6,8 |
| SFD4 | 18 | 60 | 140 | 0,5 | 1100 | 12,9 | 0,5 | 0,07 | 1,7 | 600 | 3,0 | 0,18 | 1,6 | 5,6 |
| SFD5 | 110 | 570 | 320 | 5,5 | 1900 | 5,2 | 5,9 | 0,39 | 1,4 | 600 | 3,0 | 0,19 | 4,5 | 7,8 |
| SFD6 | 68 | 86 | 220 | 0,9 | 1600 | 12,4 | 1,2 | 0,34 | 1,9 | 500 | 4,1 | 0,21 | 3,8 | 8,5 |
| SFD7 | 83 | 110 | 280 | 1,4 | 710 | 6,0 | 1,3 | 0,59 | 1,3 | 400 | 2,7 | 0,18 | 2,7 | 9,7 |
| SFD8 | 31 | 44 | 130 | 0,6 | 1000 | 7,5 | 0,7 | 0,14 | 1,9 | 400 | 3,6 | 0,24 | 2,1 | 6,6 |
| SFD9 | 100 | 150 | 300 | 1,1 | 1600 | 11,8 | 6,2 | 0,45 | 2,0 | 400 | 4,3 | 0,24 | 4,8 | 9,4 |
| LCM 181 | 380 | 200,0 | 1700 | 3,9 | 18000 | 4,2 | 6,9 | 4,9 | 1,6 | 150 | 1,40 | 0,1 | 28 | 36 |