



# *Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant de la rade de Brest*

*Etat des données disponibles pour l'interprétation  
géochimique des eaux de surface (phase 1)*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM  
98-G-421 et 99-G-421

Janvier 2000  
BRGM/RP – 50027 - FR





*Etat des données disponibles pour  
l'interprétation géochimique des eaux  
de surface du bassin versant  
de la rade de Brest*

*Etat des données disponibles pour l'interprétation  
géochimique des eaux de surface (phase 1)*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM  
98-G-421 et 99-G-421

Auteurs : B. Lemière, B. Clozel,  
avec la collaboration de  
C. Martel-Jantin, F. Trautmann, A. Carn

Janvier 2000  
BRGM/RP - 50027 - FR



*Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant  
de la Rade de Brest*



Mots clés : Rade de Brest, géochimie des eaux, métaux lourds, données documentaires.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

B. Lemière, B. Clozel, avec la collaboration de C. Martel-Jantin, F. Trautmann, A. Carn - BRGM (2000) – Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant de la rade de Brest - Etat des données disponibles pour l'interprétation géochimique des eaux de surface du bassin versant de la rade de Brest - Rapport BRGM/RP – 50227 - FR, 29 fig., 5 tab. 61 p.

© BRGM, 2000, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse

## Sommaire

<b>Figures</b> .....	4
<b>Tableaux et cartes</b> .....	5
<b>Introduction</b> .....	6
<b>1. Données disponibles</b> .....	6
1.1. Données hydrogéochimiques .....	6
1.1.1. Types d'analyses .....	7
1.1.2. Eléments réglementaires et niveau de pollution.....	8
1.1.3. Séries chronologiques.....	8
1.1.4. Valeurs représentatives.....	40
1.1.5. Evolution dans le bassin de l'Elorn et les cours d'eau de la partie nord de la baie.....	41
1.1.6. Evolution dans le bassin de l'Aulne .....	43
1.2. Données géologiques et minéralogiques.....	44
1.2.1. Origine des données .....	44
1.2.2. Héritage possible des exploitations pour Pb, Zn, Cu, ou des centres de recherches du bassin versant de la rade de Brest - aperçu synthétique .....	45
1.3. Données isotopiques .....	54
1.4. Données sur les bryophytes.....	55
1.5. Données sur les activités humaines potentiellement polluantes .....	55
<b>2. Premier bilan sur ces données</b> .....	58
<b>3. Données à acquérir et stratégie d'étude</b> .....	59
3.1. Données à acquérir .....	59
3.2. Stratégie d'étude.....	60
<b>Références</b> .....	61

## Figures

- Figure 1 : série chronologique de la conductivité, la turbidité, et des teneurs en Al, Fe, Cu, Pb, Zn et MES, Kerleguer (échelle logarithmique)
- Figure 2 : série chronologique des teneurs en As, Ba, Cu, Pb, SO<sub>4</sub>, Zn, MES et NTU, Kerleguer
- Figure 3 : série chronologique de la conductivité, la turbidité, et des teneurs en Al, Fe, Mn, MES, Le Costour
- Figure 4 : série chronologique des teneurs en Ba, Cl, Cu, Pb, SO<sub>4</sub>, Zn, MES et NTU, Le Costour
- Figure 5 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Cl, Fe, Mn, SO<sub>4</sub> et Zn, Moulin Kerhuon
- Figure 6 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, COT et MES, Moulin Kerhuon
- Figure 7 : série chronologique de la conductivité, et teneurs en B, Fe, Mn et MES, Pont Ar Bled
- Figure 8 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, Zn et MES, Pont Ar Bled
- Figure 9 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, Zn, COT, SO<sub>4</sub> et MES, Penguilly
- Figure 10 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, Zn, COT, SO<sub>4</sub> et MES, Goasmoal
- Figure 11 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Fe et Mn, Coatigrac'h
- Figure 12 : série chronologique de la turbidité, et des teneurs en Cu, Pb, Zn et MES, Coatigrac'h
- Figure 13 : série chronologique des teneurs en As, Ba, Cr, Pb, Se et SO<sub>4</sub>, Coatigrac'h
- Figure 14 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Cl, Fe et Mn, Prat Hir
- Figure 15 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, Zn, SO<sub>4</sub> et MES, Prat Hir
- Figure 16 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Cl, Fe et Mn, Bizernic
- Figure 17 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Ba, Cr, Cu, Pb, Zn, SO<sub>4</sub> et MES, Bizernic
- Figure 18 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en B, Fe et Mn, Moulin Poher
- Figure 19 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en As, Cl, Cu, Pb, Zn, SO<sub>4</sub> et MES, Moulin Poher
- Figure 20 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Cl, Fe et Mn, Moulin Stanger
- Figure 21 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en COT, Cr, Cu, Pb, Zn, SO<sub>4</sub> et MES, Moulin Stanger
- Figure 22 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en B, Fe et Mn, Stanger Carhaix

Figure 23 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Ba, Cr, Cu, Pb, Zn, SO<sub>4</sub> et MES, Stanger Carhaix

Figure 24 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Cl, Fe et Mn, Huelgoat Petit Moulin

Figure 25 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cl, Cu, Pb, Zn et MES, Huelgoat Petit Moulin

Figure 26 : Evolution des teneurs en plomb d'est en ouest, sur l'Elorn et en aval

Figure 27 : Evolution des teneurs en zinc d'est en ouest, sur l'Elorn et en aval

Figure 28 : Evolution des teneurs en plomb d'est en ouest, sur le bassin de l'Aulne

Figure 29 : Evolution des teneurs en zinc d'est en ouest, sur le bassin de l'Aulne

## **Tableaux**

Tableau 1 : Eléments analysés et limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, et des eaux utilisées pour la consommation humaine

Tableau 2 : Secteur de Huelgoat - Analyses hydrogéochimiques des eaux de surface

Tableau 3 : Secteur de Poullaouen- Analyses hydrogéochimiques des eaux de surface

Tableau 4 : données sur les bryophytes (Mouvet, 1992, 1993)

Tableau 5: débits des cours d'eau et évaluation des transports de métaux

## **Cartes**

- Carte des anomalies zinc
- Carte des anomalies cuivre
- Carte des anomalies plomb
- Carte des données géochimiques sur la qualité des eaux de surface et répartition des activités potentiellement polluantes en plomb par commune

## **Introduction**

Une pollution de la rade de Brest par des métaux lourds (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Hg, Pb, Sn, ...) a été identifiée, et a fait l'objet de travaux d'inventaire des sources de métaux (synthèse dans Troadec, Le Goff et al., 1997 : Etat des lieux et des milieux de la Rade de Brest et de son bassin versant. Phase préliminaire du Contrat de Baie de la Rade de Brest). Parmi les sources possibles figurent notamment les déchets de carénage, les rejets de décharge et les apports fluviaux (Aulne, Elorn), ces derniers étant susceptibles de collecter et transporter les métaux provenant des gisements naturels et des résidus de leur exploitation minière.

Le BRGM a été retenu pour inventorier ces dernières sources, caractériser la répartition et le cheminement des métaux jusqu'à la rade, en vue d'évaluer les contributions respectives du milieu naturel et de l'activité humaine dans les apports fluviaux en métaux.

La démarche consiste à évaluer le contenu en métaux lourds des principaux cours d'eau du bassin versant, à travers les analyses d'eau et de sédiments; à identifier les sources potentielles de ces métaux dans le bassin : sources anthropiques (industries, mines, agriculture, agglomérations) et sources naturelles ; et à tenter de rapporter les contenus en métaux rencontrés à l'une ou plusieurs des sources identifiées.

Le présent rapport fait le point, au terme de la phase documentaire, sur les données disponibles, tente d'évaluer dans quelle mesure elles permettent de répondre au problème posé et d'évaluer quelles données il sera nécessaire d'acquérir pour parvenir à un diagnostic valide. Une stratégie de mesures est proposée, en vue d'orienter la deuxième phase du projet.

## **1. Données disponibles**

### **1.1. DONNEES HYDROGEOCHIMIQUES**

Les données sur les eaux de surface concernent 13 points de prélèvement, dont :

- 6 pour le bassin de l'Elorn et les cours d'eau de la partie nord de la baie (Kerleguer, Le Costour, Moulin Kerhuon pour l'agglomération brestoïse (Penfeld, rivière de Kerhuon) ; Pont Ar Bled, Penguilly, Goasmoal pour l'Elorn) situés respectivement sur les communes de Bohars, Le Relecq-Kerhuon, Guipavas, Plouedern, Bodilis et Locmélard,
- 7 pour le bassin de l'Aulne (Coatigrac'h, Prat Hir, Bizernic, Moulin Neuf Poher, Moulin Neuf Stanger, Petit Moulin, Stanger) situés respectivement sur

les communes de Châteaulin, St Coultiz, Châteauneuf du Faou, Landeleau, Cledeu-Poher, Huelgoat et Carhaix.

Les données ont été communiquées par la DDASS du Finistère celle de Brest (bassin de l'Elorn) et celle de Quimper (bassin de l'Aulne). Elles ont été recueillies sous forme papier pour l'essentiel, les deux dernières années ayant fait l'objet d'une saisie alphanumérique sommaire par la DDASS.

La constitution de fichiers exploitables pour un traitement a été assurée par le BRGM dans le cadre de la présente opération. Les résultats pour Pb et Zn sont reportés sous forme d'histogrammes à proximité des points de prélèvements (planche 4).

Aucune donnée relative aux eaux souterraines n'a été recueillie à ce jour.

### 1.1.1. Types d'analyses

Les analyses disponibles ont été effectuées par le laboratoire municipal de Brest – Océan (Elorn) et par le laboratoire vétérinaire départemental de Quimper (Aulne), sur des prélèvements **non filtrés**.

Les types d'analyses varient selon des séquences chronologiques, incluant selon la saison les différents programmes du décret n° 89-3 du 3/1/1989 (programmes C2, C3', C4abcd) complétées souvent par des éléments supplémentaires, des substances phytosanitaires et/ou des paramètres microbiologiques. Il y a peu d'analyses présentant un même programme analytique, et les unités utilisées varient fréquemment. La présente étude reprend uniquement les analyses pour lesquelles plusieurs métaux sont dosés, au minimum Pb, Zn et Cu.

La liste complète des paramètres analysés comprend :

Substance	Limites	Substance	Limites	Substance	Limites
Aluminium total (Al)	Non 0,2 mg/l	Antimoine (Sb)	Non Non	Argent (Ag)	Non 10 µg/l
Arsenic (As)	100 µg/l 50 µg/l	Baryum (Ba)	Non Non	Bore (B)	Non Non
Cadmium (Cd)	5 µg/l 5 µg/l	Carbone organique total (COT)	Non Non	Chlorures (Cl)	250 mg/l 250 mg/l
Chrome total (Cr)	5 µg/l 5 µg/l	Conductivité à 20°C	Non Non	Cuivre (Cu)	Non 1 mg/l
Cyanures totaux (CN)	50 µg/l 50 µg/l	DBO5	Non Non	DCO	Non Non
Fer total (Fe)	Non 200 µg/l	Manganèse total (Mn)	Non 50 µg/l	Matières en suspension (MES)	Non Non
Mercure (Hg)	1 µg/l 1 µg/l	Nickel (Ni)	Non 50 µg/l	pH à 20°C	Non 6,5 à 9
Plomb (Pb)	50 µg/l 50 µg/l	Sélénium (Se)	10 µg/l 10 µg/l	Sulfates(SO4)	250 mg/l 250 mg/l
Turbidité néphélométrique (NTU)	Non 2 UJ	Zinc(Zn)	5 mg/l 5 mg/l		

**Tableau 1 : Eléments analysés et limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, et des eaux utilisées pour la consommation humaine**

Les méthodes analytiques et limites inférieures de dosabilité varient d'une analyse à l'autre. Les interprétations se limitent aux valeurs supérieures à la limite la plus élevée sur la période de référence. On note enfin de fréquentes corrélations entre teneur en MES et teneurs en métaux : ce phénomène est normal pour des eaux non filtrées, il convient d'en tenir compte dans l'interprétation en termes de transport.

### **1.1.2. Eléments réglementaires et niveau de pollution**

Les analyses doivent être examinées par rapport aux dispositions de l'arrêté du 4 janvier 1989, annexe III : Limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. Ces limites sont reportées dans le tableau 1.

La présente étude se bornera à interpréter les variations des teneurs en métaux comme un guide pour l'identification des sources de substances indésirables dans le bassin versant, sans préjuger d'une éventuelle pollution. Elle sera centrée sur les pollutions chroniques, les pollutions accidentelles étant mentionnées pour comparaison.

### **1.1.3. Séries chronologiques**

Remarque générale : les figures présentant l'évolution dans le temps de différentes substances ne sont pas identiques pour tous les points d'eau. En effet :

- certaines substances ne sont pas analysées pour tous les points de prélèvement,
- à certains points de prélèvement, certaines substances sont analysées peu fréquemment,
- les variations de certaines substances se placent en-dessous de la limite inférieure de dosabilité.

Seules ont été représentées les variations significatives.

#### **1.1.3.1. Elorn et cours d'eau de la partie nord de la baie**

- **Kerleguer**

On note (fig. 1) de nombreuses petites anomalies Fe-Al-MES, semblant correspondre à une charge des eaux en boues. Une anomalie un peu plus importante en Zn (80 µg/l, cf. fig. 2) survenue début 1992 est suivie de valeurs décroissantes jusqu'en 1995. Ceci pourrait être lié à une pollution solide dans le bassin amont (une pollution liquide se réduirait rapidement). Elle est accompagnée d'anomalies Ba et Cu. Une autre anomalie de moindre ampleur, survenue fin 1995, s'amortit de la même façon. **Toutes ces anomalies sont loin en-dessous des seuils de pollution. Il en sera de même pour tous les autres points de prélèvement.**

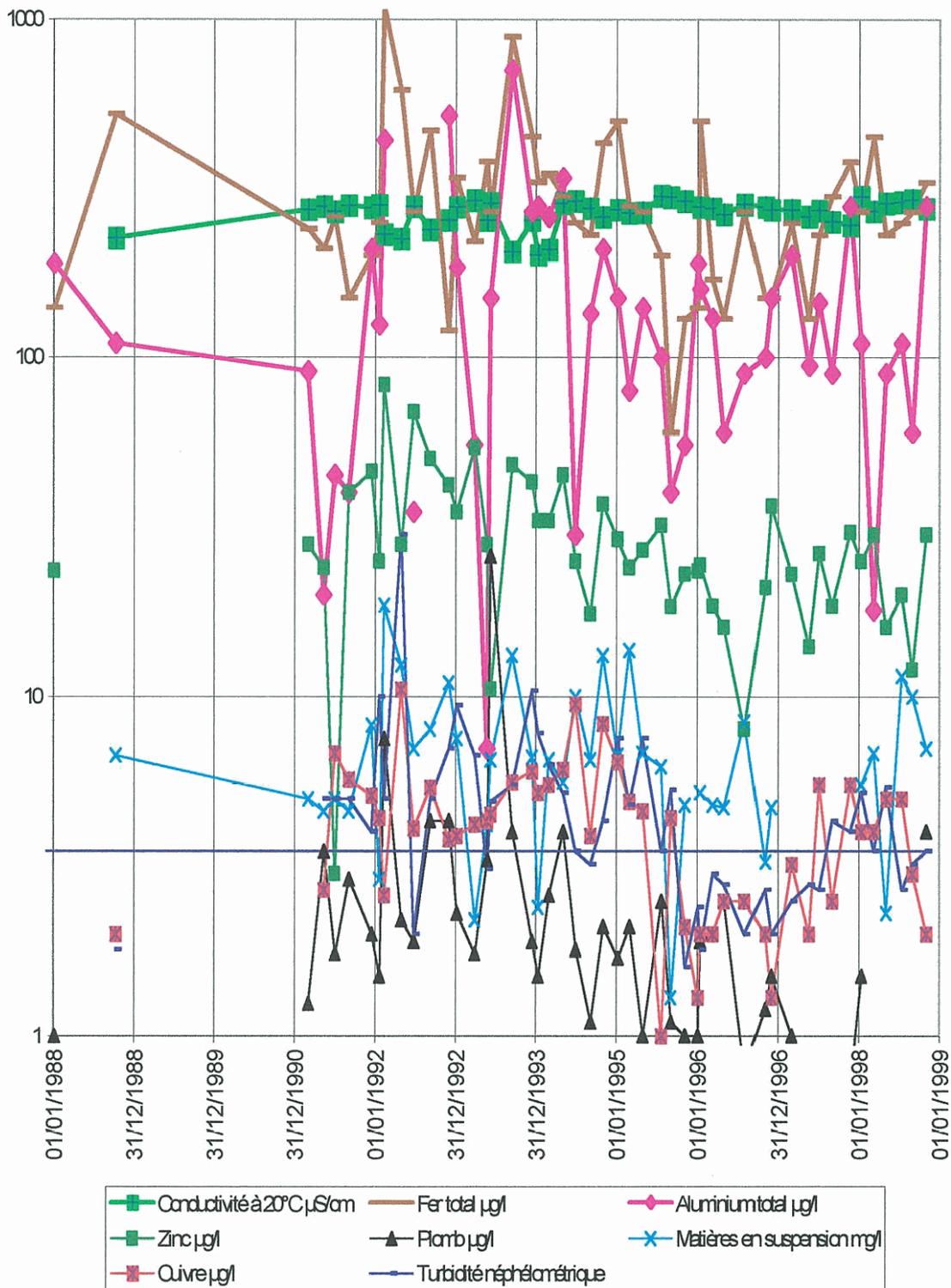


Figure 1 : série chronologique de la conductivité, la turbidité, et des teneurs en Al, Fe, Cu, Pb, Zn et MES, Kerleguer (échelle logarithmique)

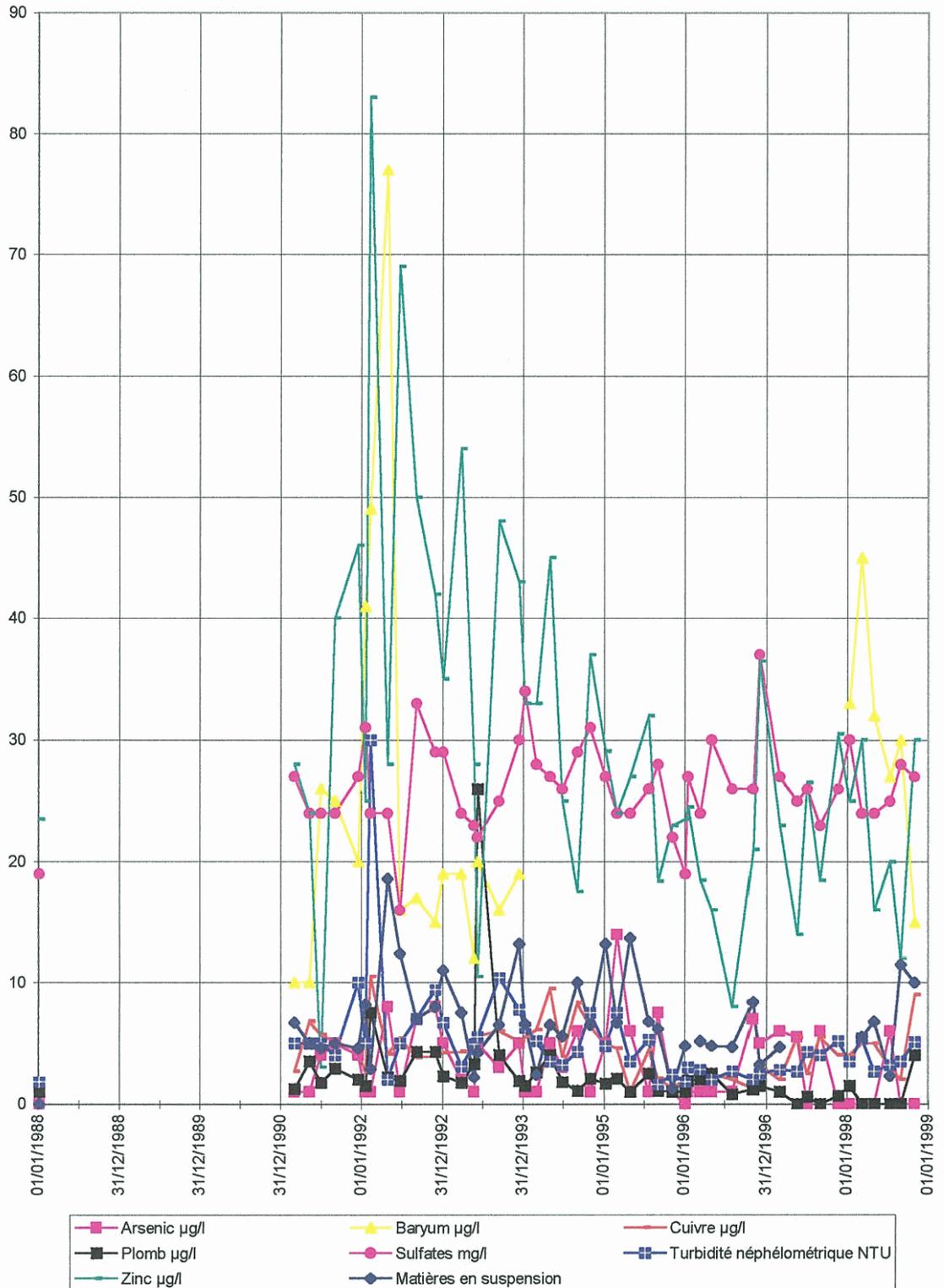


Figure 2 : série chronologique des teneurs en As, Ba, Cu, Pb, SO<sub>4</sub>, Zn, MES et NTU, Kerleguer

- **Le Costour**

Sur ce site de prélèvement, également situé dans l'agglomération brestoise, on enregistre début 1991 une nette anomalie en MES et turbidité, accompagnée de valeurs anormales en Al (probablement colloïdal ou solide et non dissous), Pb et Zn. Les anomalies Zn de l'été 1992 et du printemps 1998 ne sont pas accompagnées d'anomalies Pb et sont de durée brève (fig. 3 et 4).

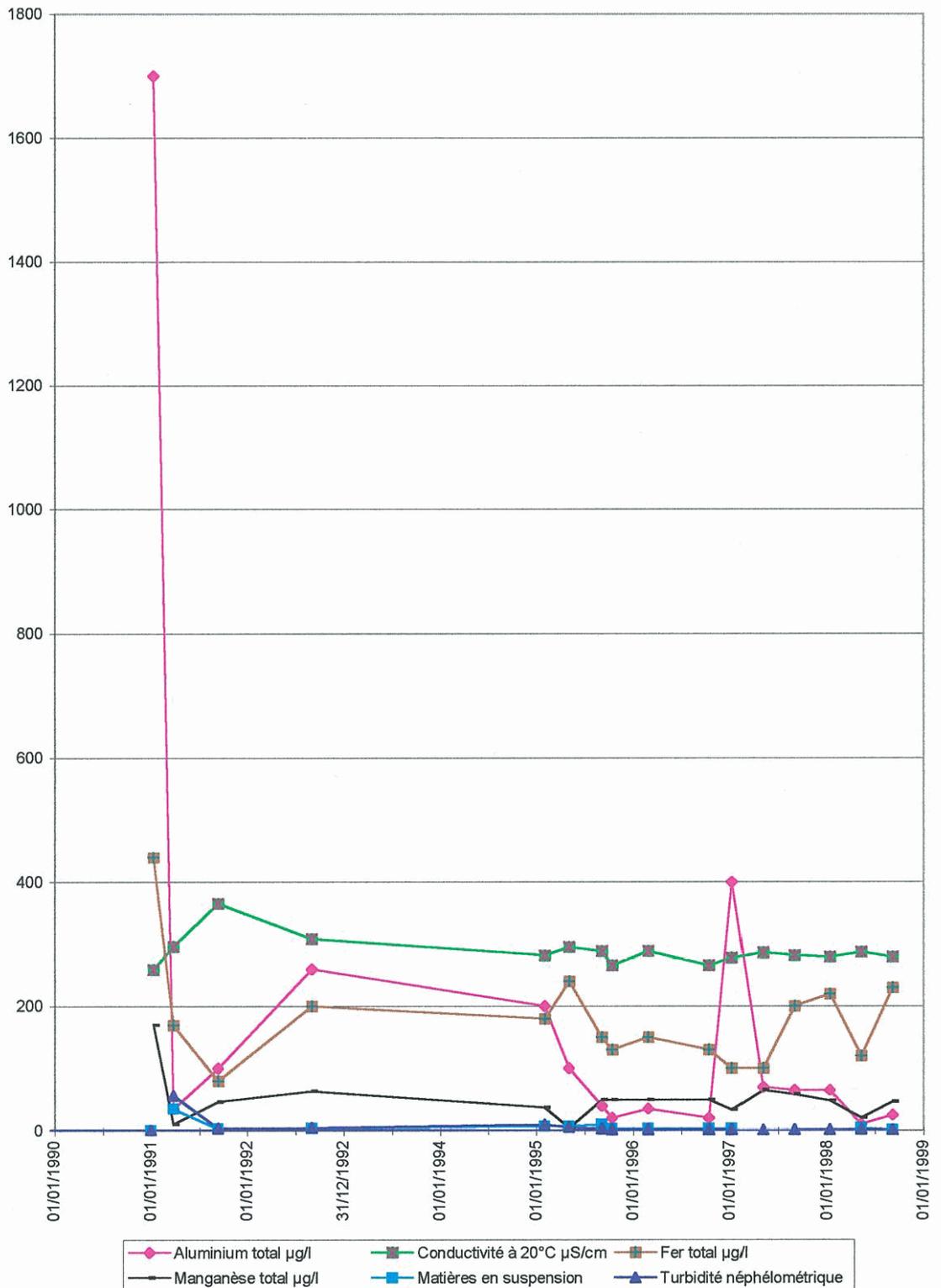


Figure 3 : série chronologique de la conductivité, la turbidité, et des teneurs en Al, Fe, Mn, MES, Le Costour

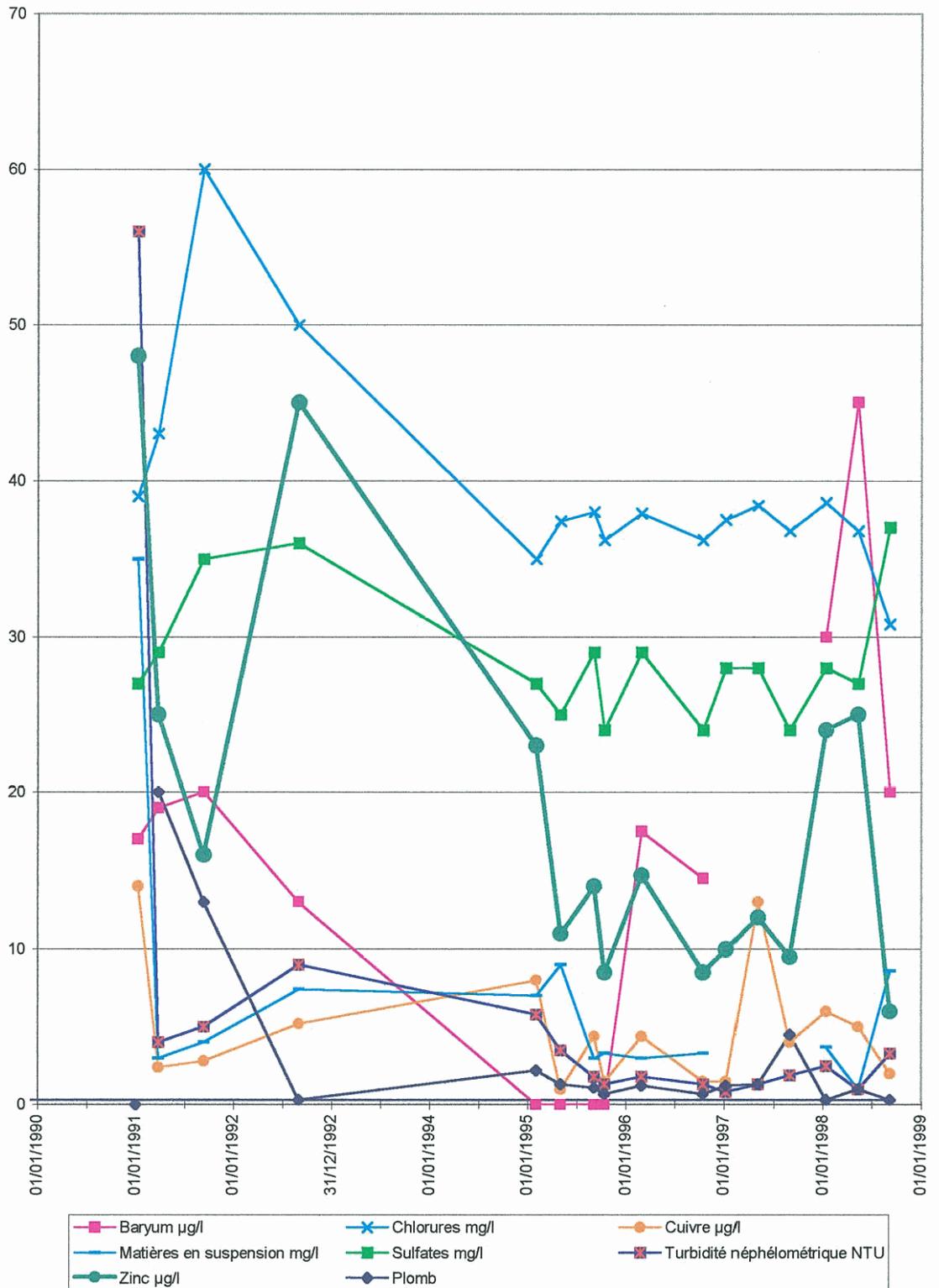


Figure 4 : série chronologique des teneurs en Ba, Cl, Cu, Pb, SO<sub>4</sub>, Zn, MES et NTU, Le Costour

- **Moulin Kerhuon**

Les anomalies zinc (automne 1995 et surtout hiver 1998) ont des caractéristiques différentes (accompagnées respectivement de Fe, Mn, Pb, et d'anomalies MES-turbidité). Les anomalies plomb sont très faibles (fig. 5 et 6).

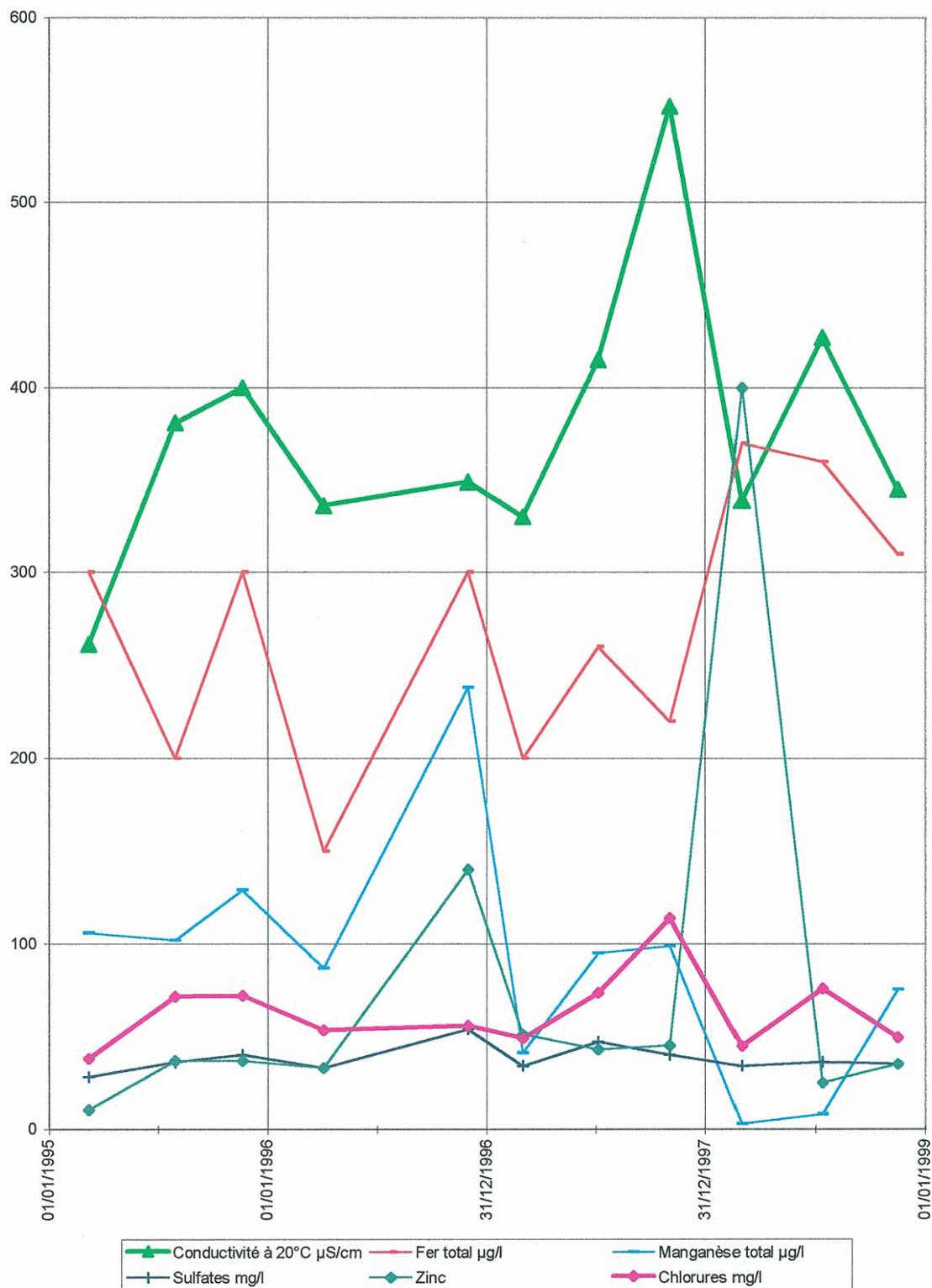


Figure 5 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Cl, Fe, Mn, SO<sub>4</sub> et Zn, Moulin Kerhuon

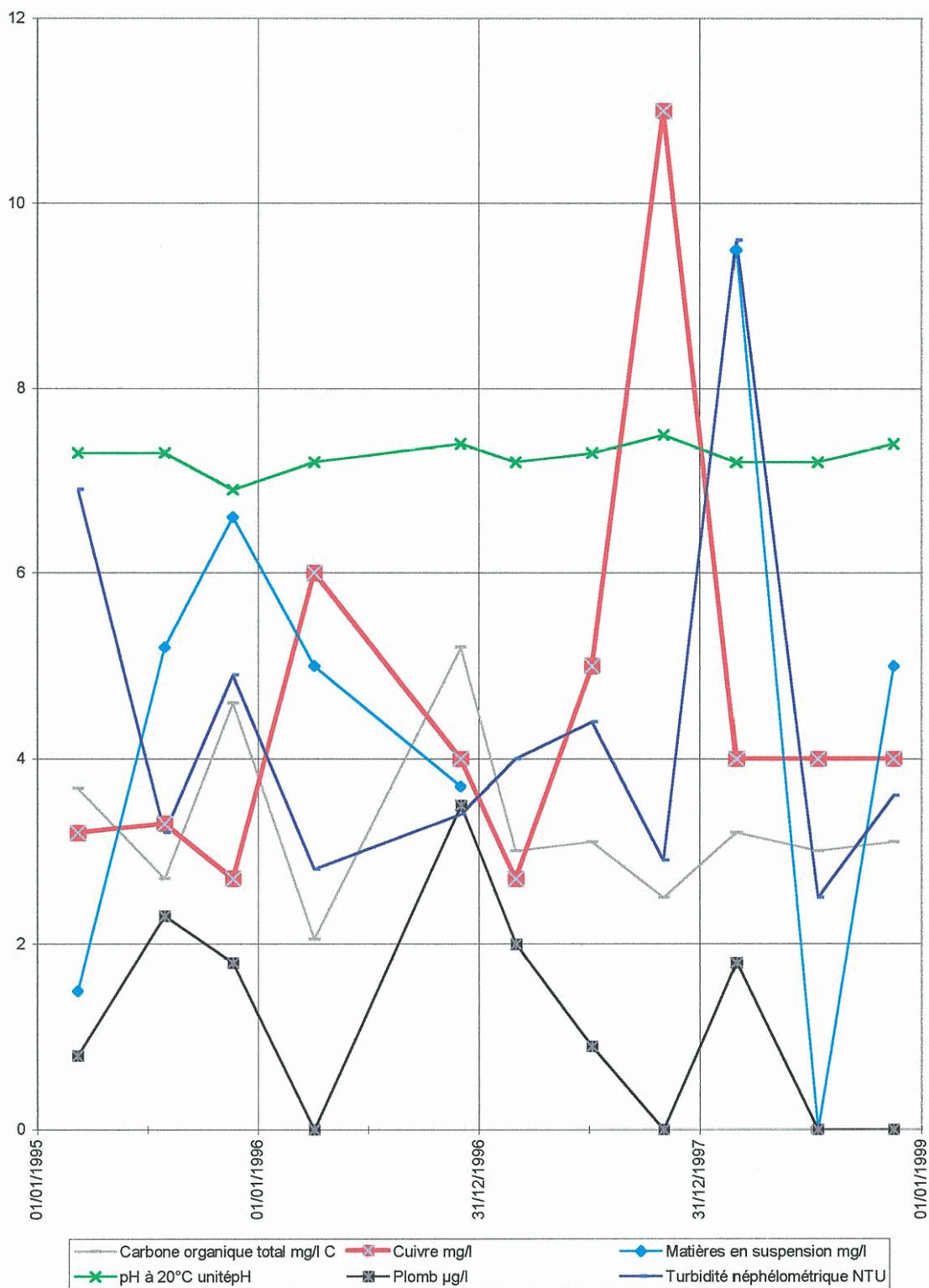


Figure 6 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, COT et MES, Moulin Kerhuon

- **Pont Ar Bled**

Les anomalies à Pont Ar Bled sont moins marquées que sur les cours d'eau de la partie nord de la baie. Les anomalies Fe, liées à des afflux de matières en suspension et à des anomalies Mn et Al, sont accompagnées de pics secondaires à Cu et Zn, mais ne sont pas accompagnées d'anomalies Pb. Elles s'amortissent rapidement et peuvent correspondre à des rejets ponctuels. Les plus nettes sont celles de l'été 1998.

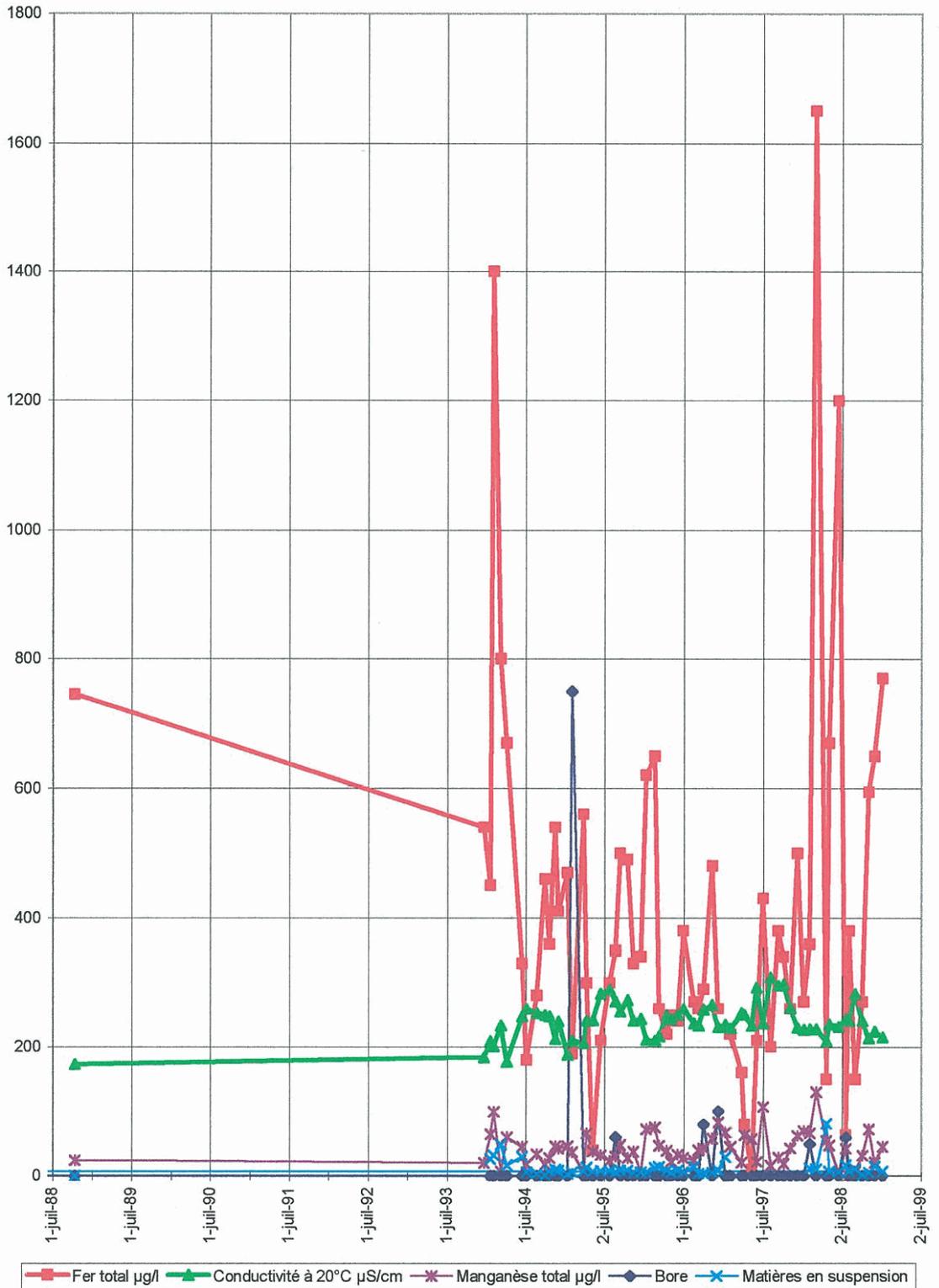
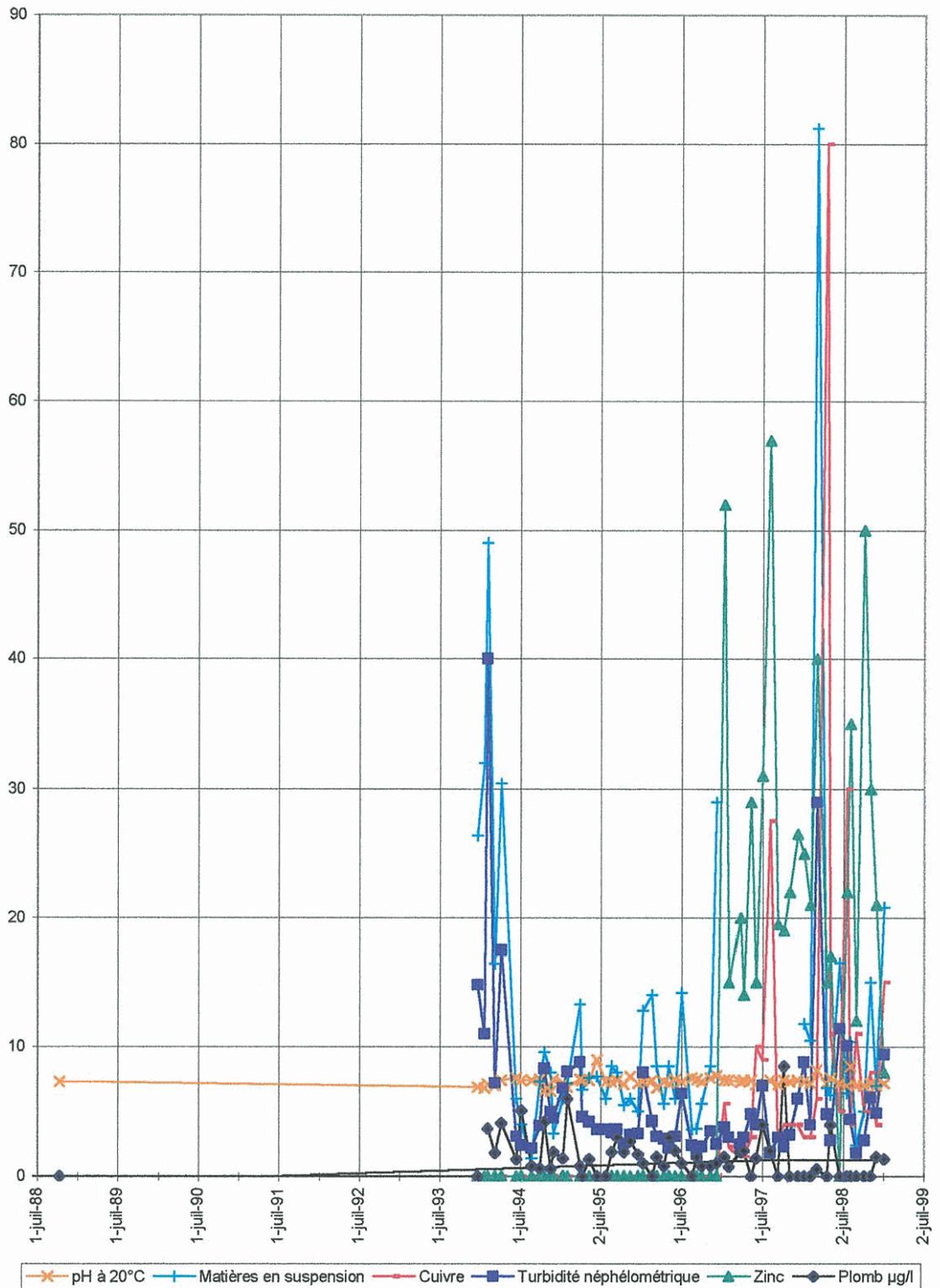


Figure 7 : série chronologique de conductivité, et teneurs en B, Fe, Mn et MES, Pont Ar Bled



**Figure 8 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, Zn et MES, Pont Ar Bled**

- **Penguilly**

Les observations effectuées à Penguilly sont moins nombreuses mais correspondent à une contamination très faible (fig. 9) : un pic de Zn (43 µg/l) début 1998.

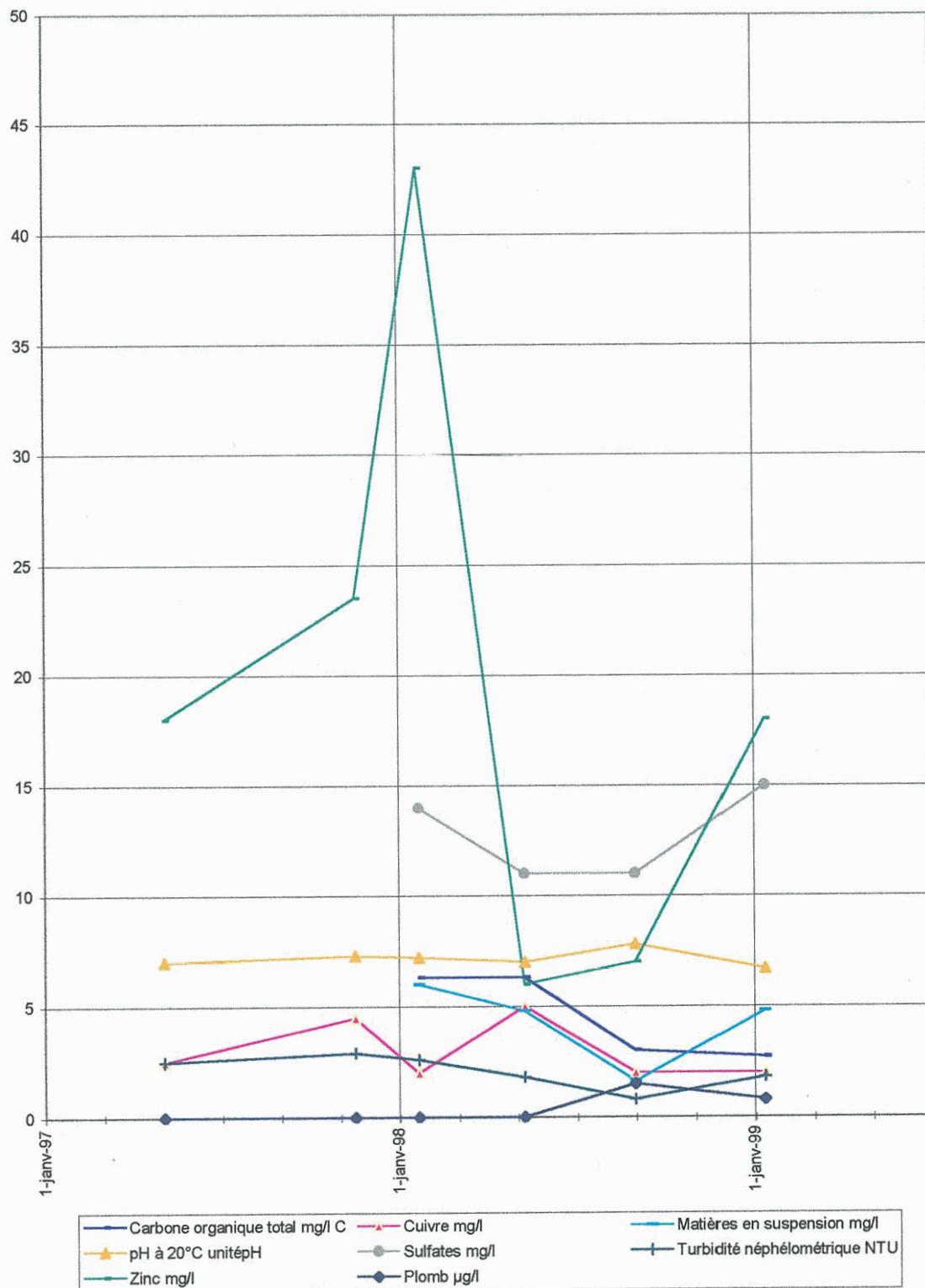


Figure 9 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, Zn, COT, SO<sub>4</sub> et MES, Pengilly

- **Goasmoal**

Les observations effectuées à Goasmoal (fig. 10) sont similaires à celles de Penguilly : un pic de Zn (24 µg/l) fin 1997.

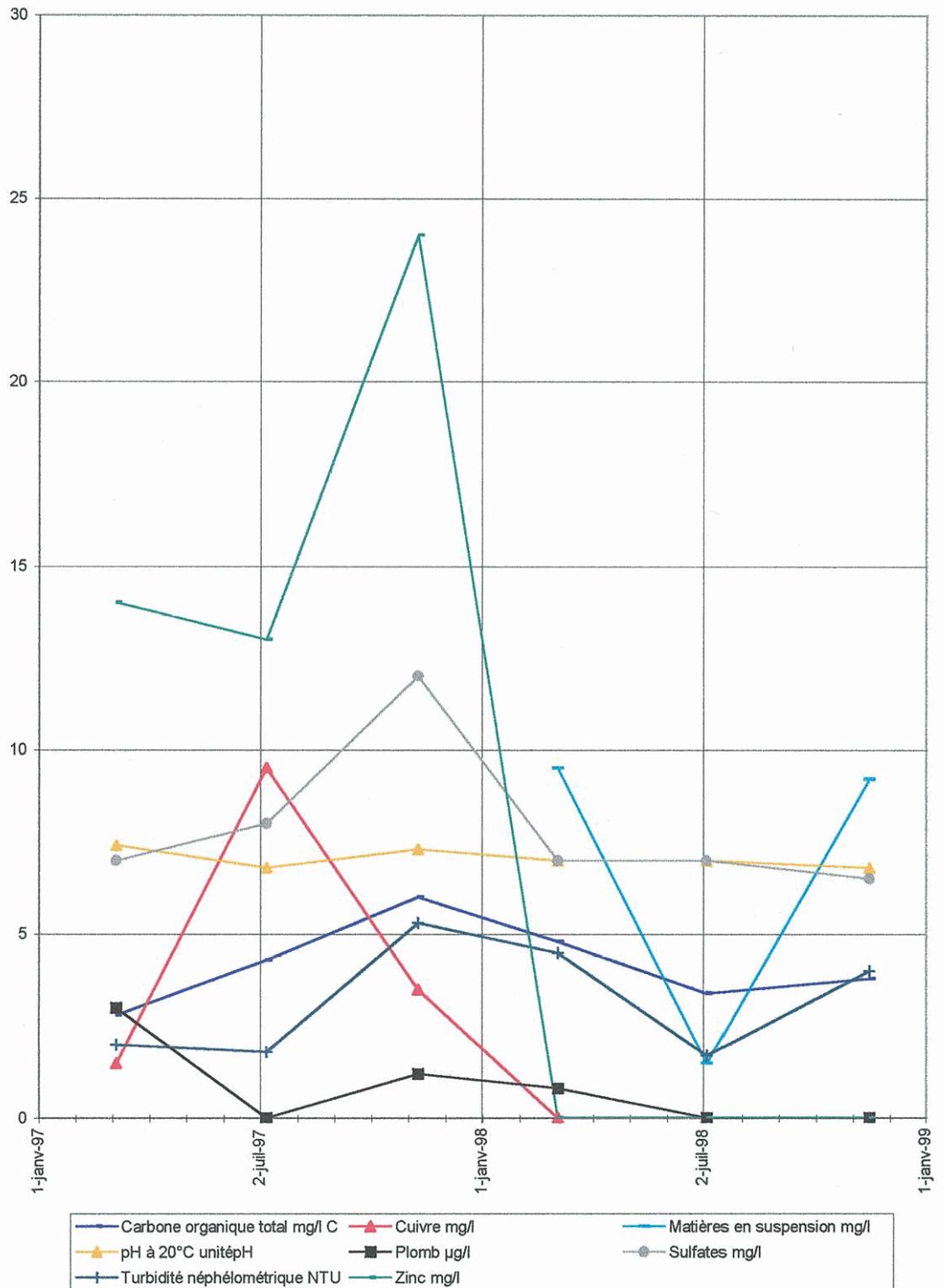


Figure 10 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, Zn, COT, SO<sub>4</sub> et MES, Goasmoal

### **1.1.3.2. Aulne**

- **Coatigrac'h**

Sur ce site, le plus aval du bassin versant de l'Aulne, les anomalies sont nombreuses et complexes ; elles restent toutefois nettement en deçà du seuil de pollution. On note que les anomalies en plomb concernent surtout 1997 et 1998. Ceci laisserait penser à une origine accidentelle et/ou industrielle. Il faut toutefois prendre garde à un éventuel changement de techniques analytiques rendant les mesures plus sensibles. Les anomalies récentes sont accompagnées d'anomalies en cuivre, bore, fer, baryum. Les anomalies en sélénium concernent surtout 1993-94 ; les anomalies en chrome ne sont pas liées au plomb. Les anomalies en zinc antérieures sont fréquentes mais associées à des niveaux faibles en plomb.

Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant de la Rade de Brest

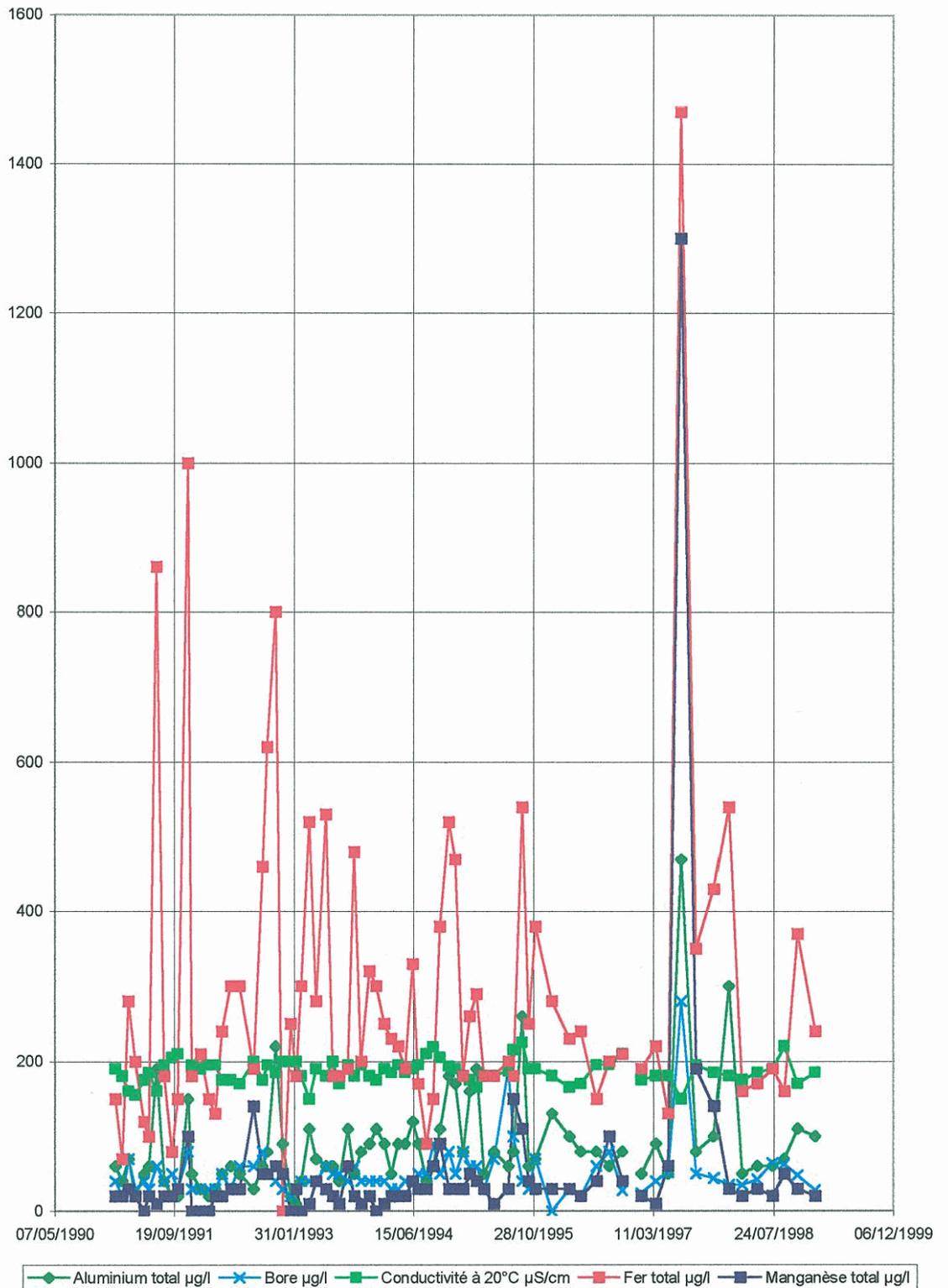


Figure 11 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Fe et Mn, Coatigrac'h

Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant  
de la Rade de Brest

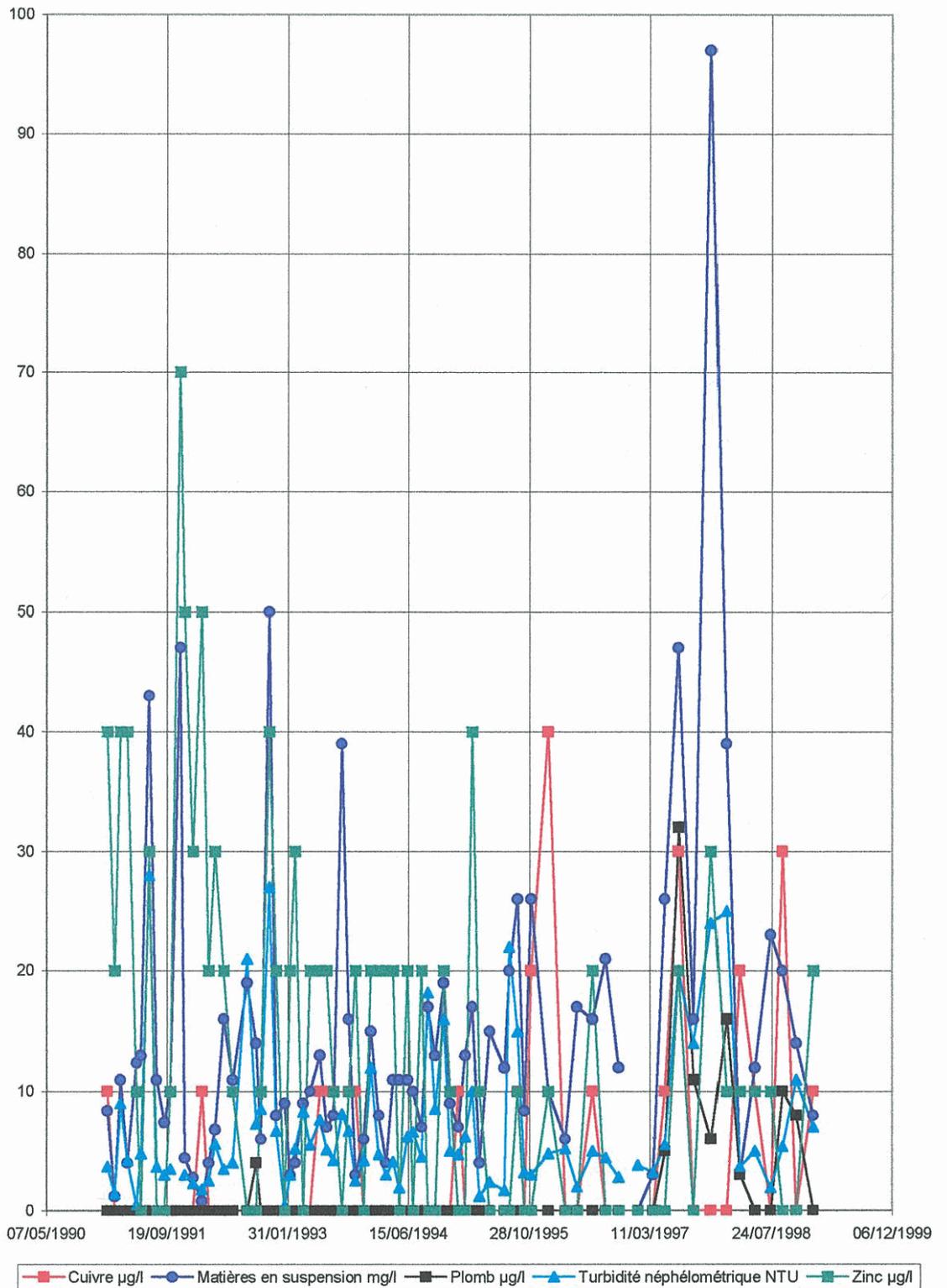


Figure 12 : série chronologique de la turbidité, et des teneurs en Cu, Pb, Zn et MES, Coatigrac'h

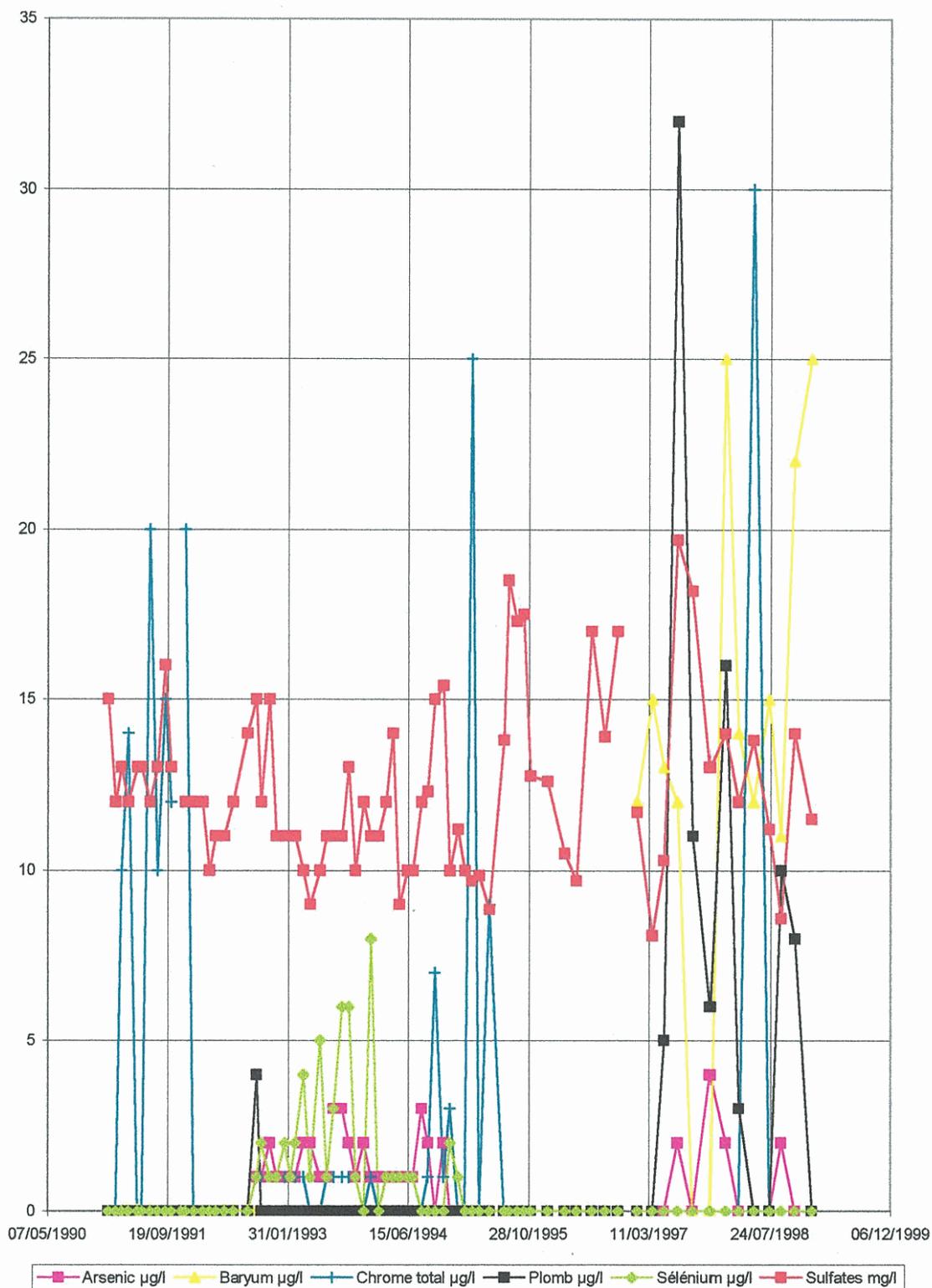


Figure 13 : série chronologique des teneurs en As, Ba, Cr, Pb, Se et SO<sub>4</sub>, Coatigrac'h

- **Prat Hir**

Comme à Coatigrac'h, on observe des anomalies nettes, dont la plupart sont accompagnées d'accroissement de la charge en matières solides et de la turbidité. Les anomalies en plomb sont plus importantes sur 1997-98. Elles ne présentent pas de corrélation avec les anomalies en zinc.

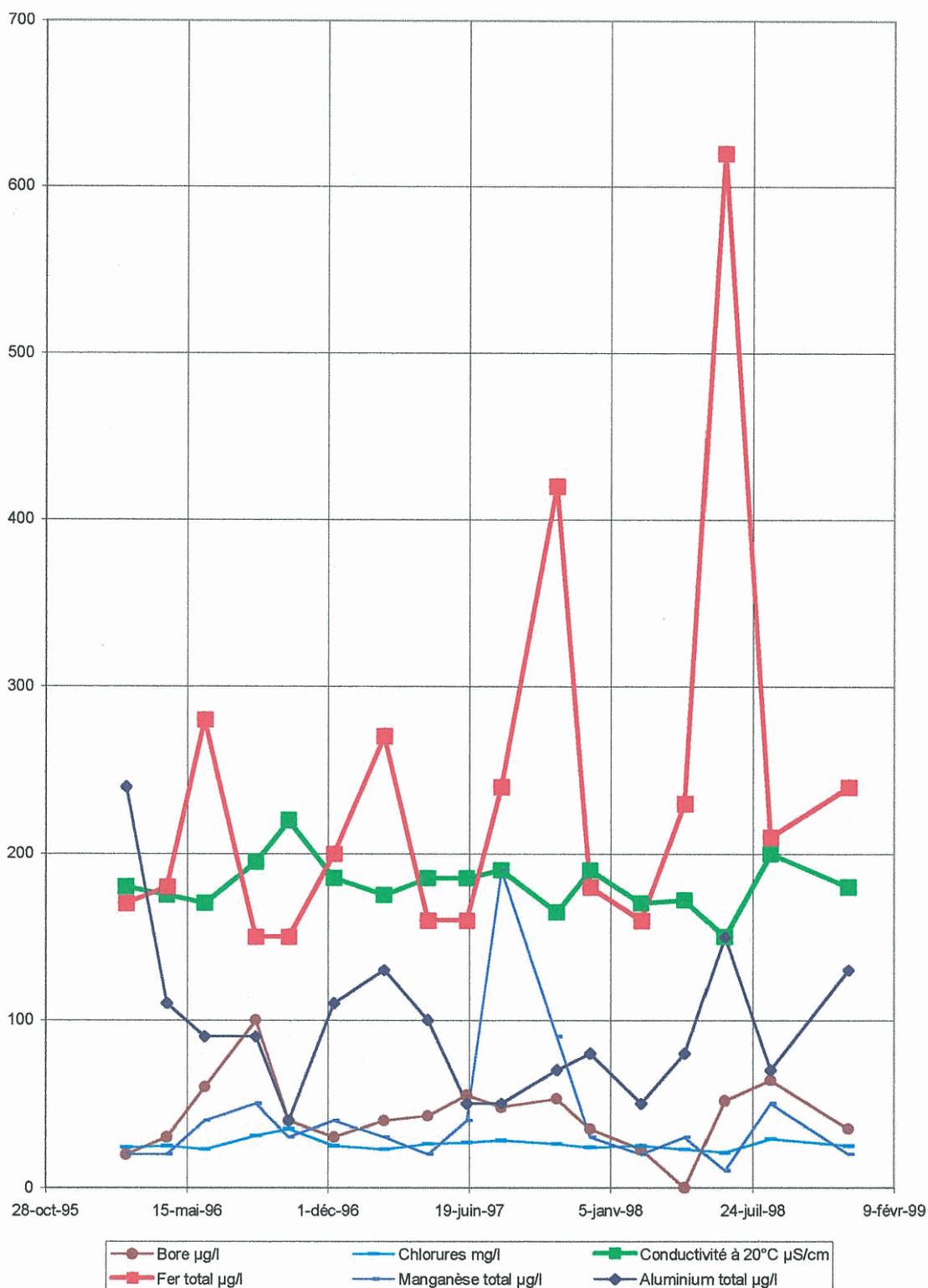


Figure 14 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Cl, Fe et Mn, Prat Hir

Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant de la Rade de Brest

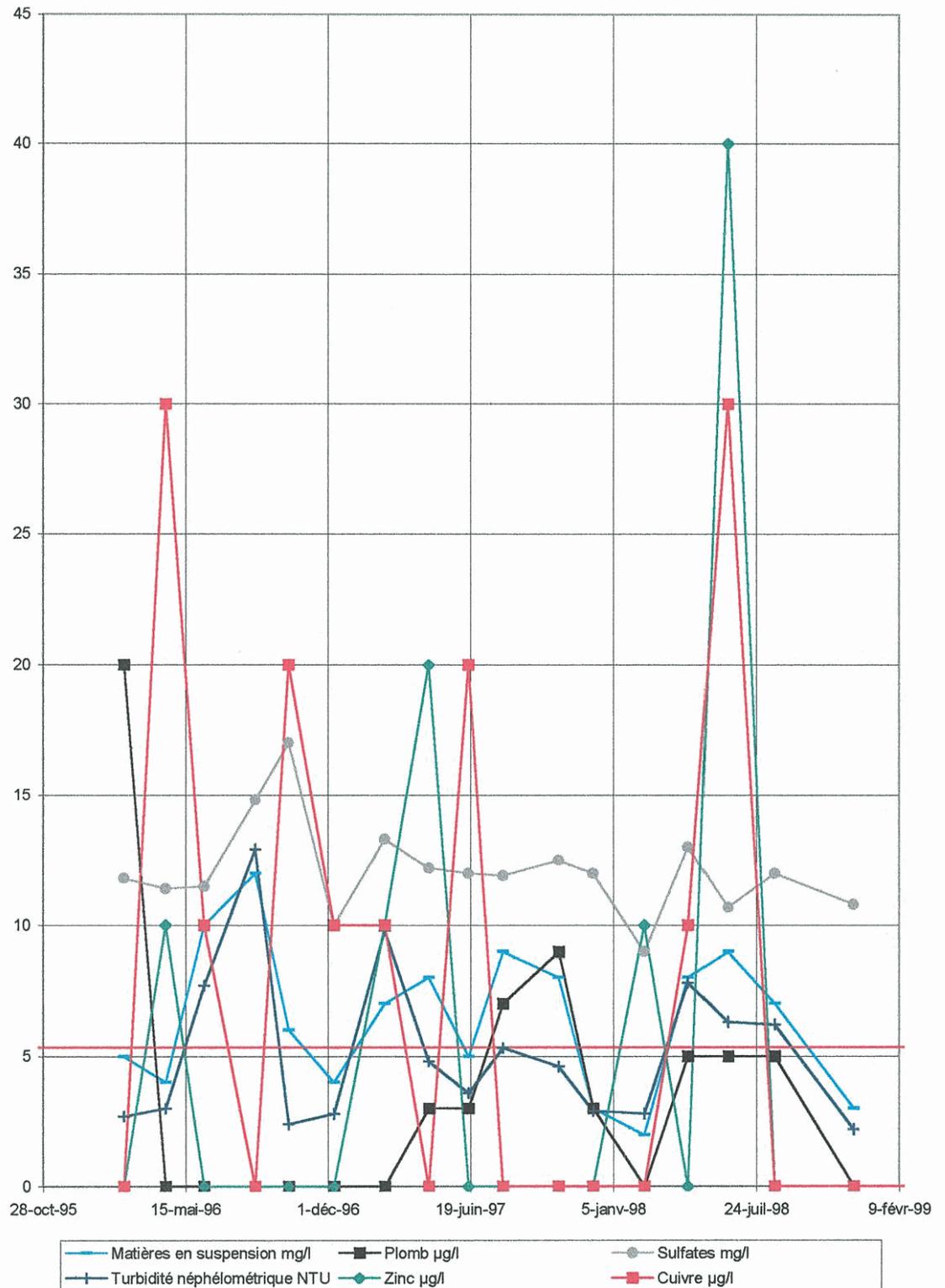


Figure 15 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cu, Pb, Zn, SO<sub>4</sub> et MES, Prat Hir

• Bizernic

Les séries chronologiques sur ce point sont plus brèves, mais on note deux types d'anomalies indépendantes : celles à Cu-Zn et celles à Pb. Les teneurs atteintes sont plus faibles qu'en aval, malgré un débit moindre de l'Aulne.

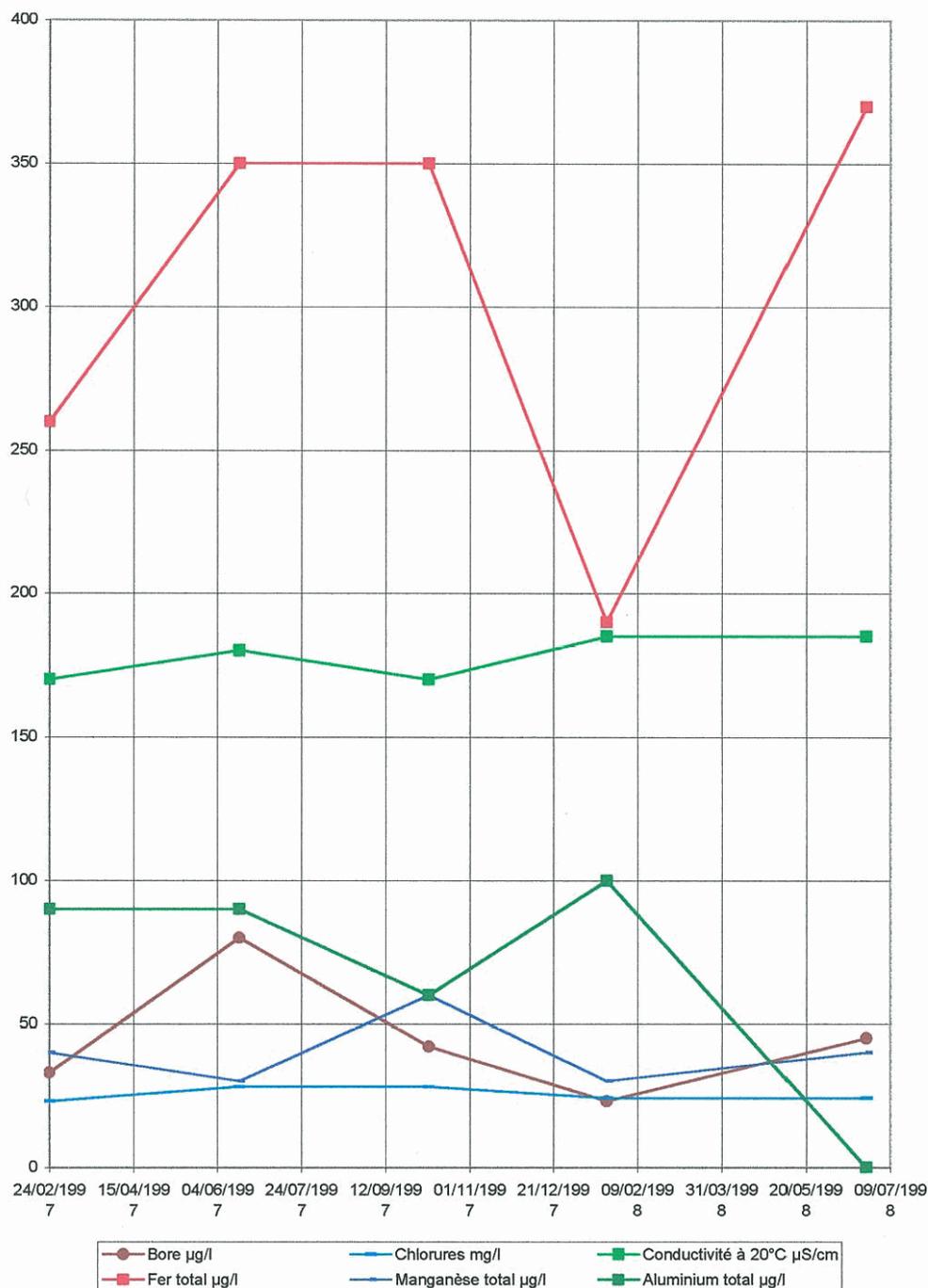


Figure 16 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Cl, Fe et Mn, Bizernic

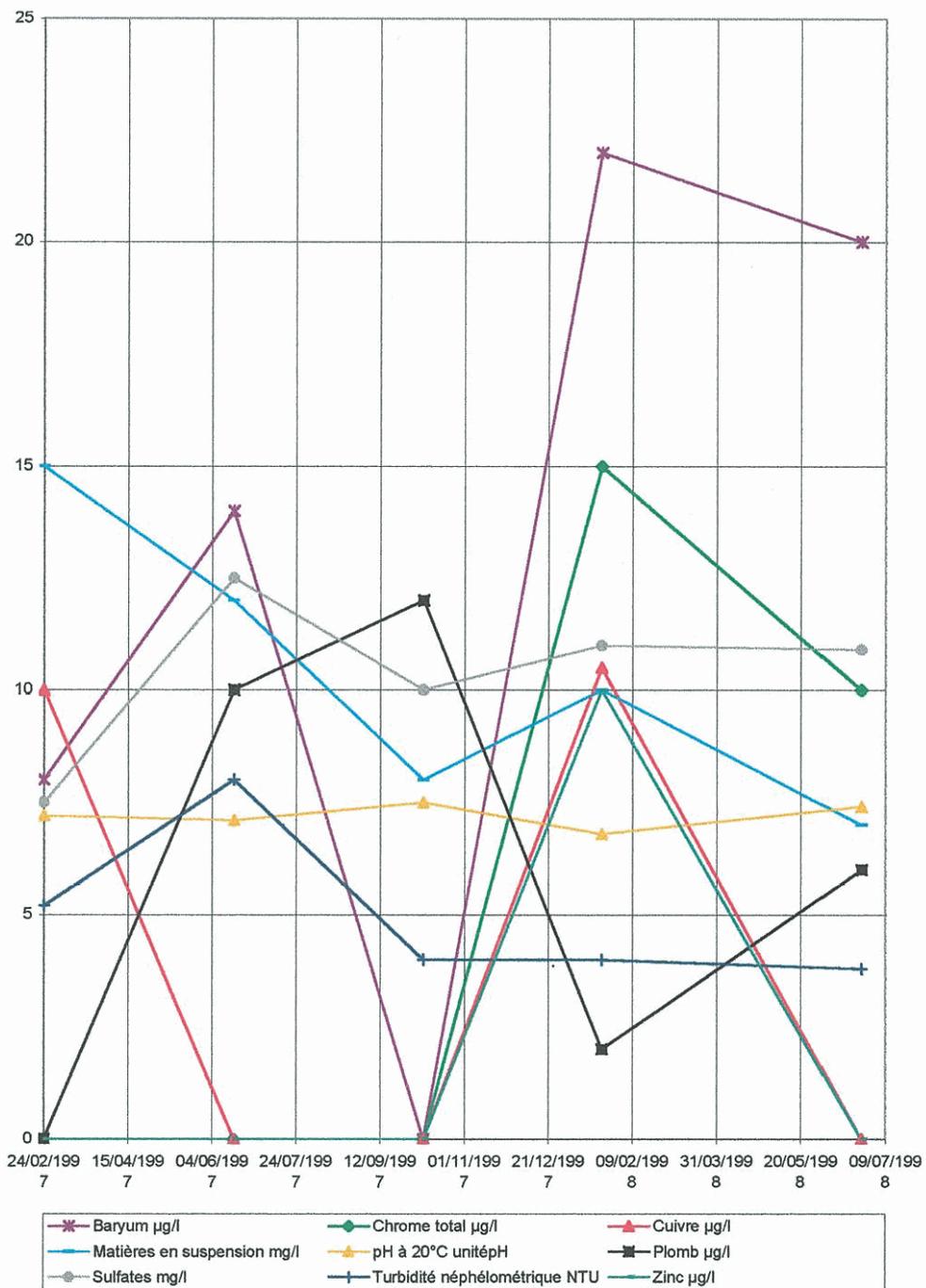
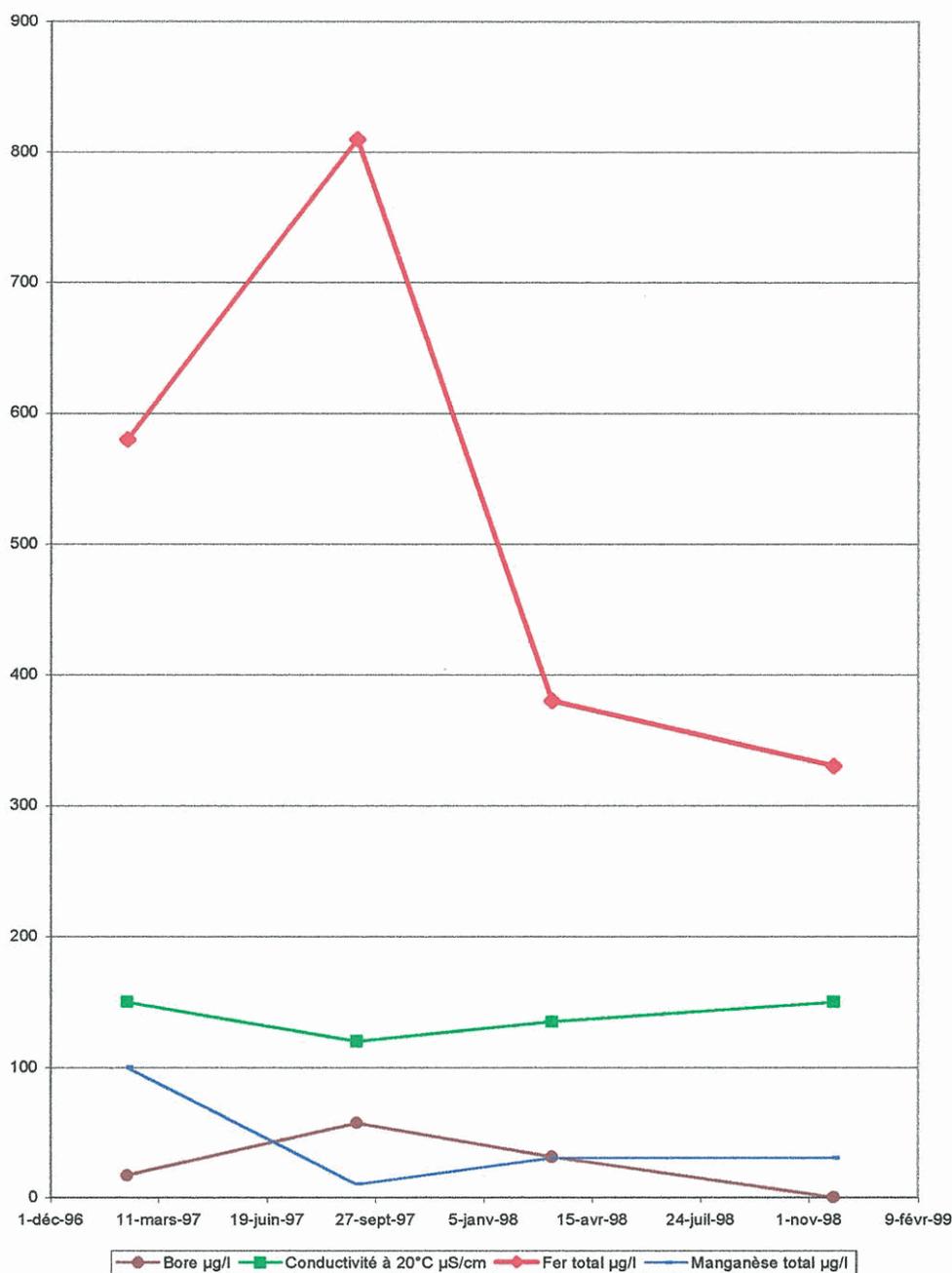


Figure 17 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Ba, Cr, Cu, Pb, Zn, SO<sub>4</sub> et MES, Bizernic

● **Moulin Neuf Poher**

Les points de prélèvement de Moulin Neuf Poher et Moulin Neuf Stanger sont situés sur les deux cours d'eau drainant la partie supérieure du bassin versant de l'Aulne, l'Hyères au sud-est (Carhaix) et l'Aulne supérieure au nord (Huelgoat). Sur cette dernière, on note la présence d'anomalies plomb mais pas de zinc ni de cuivre.



**Figure 18 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en B, Fe et Mn, Moulin Poher**

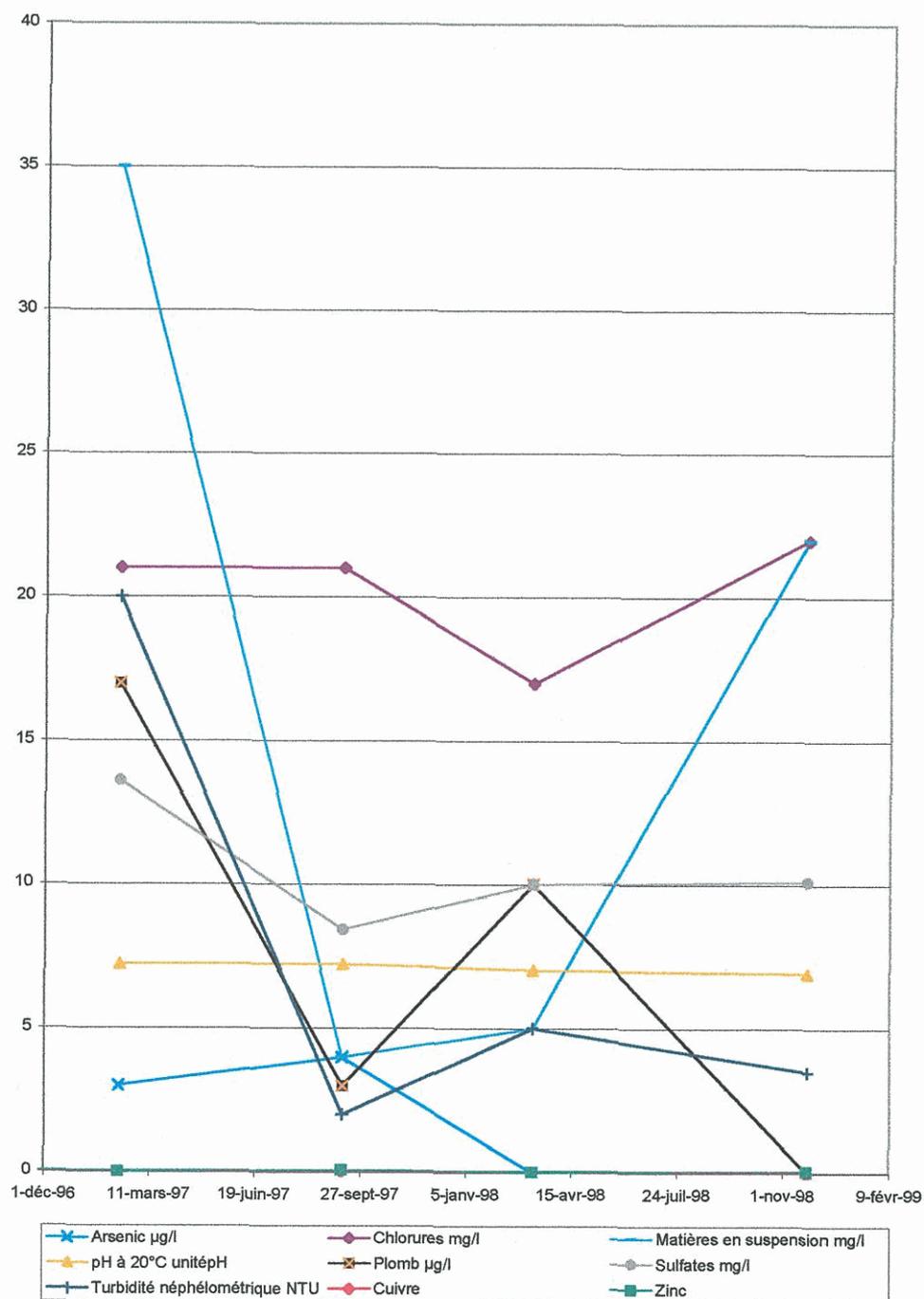


Figure 19 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en As, Cl, Cu, Pb, Zn,  $\text{SO}_4$  et MES, Moulin Poher

● Moulin Neuf Stanger

Le point de prélèvement sur l'Hyères montre de faibles anomalies plomb et zinc, et une anomalie cuivre distincte.

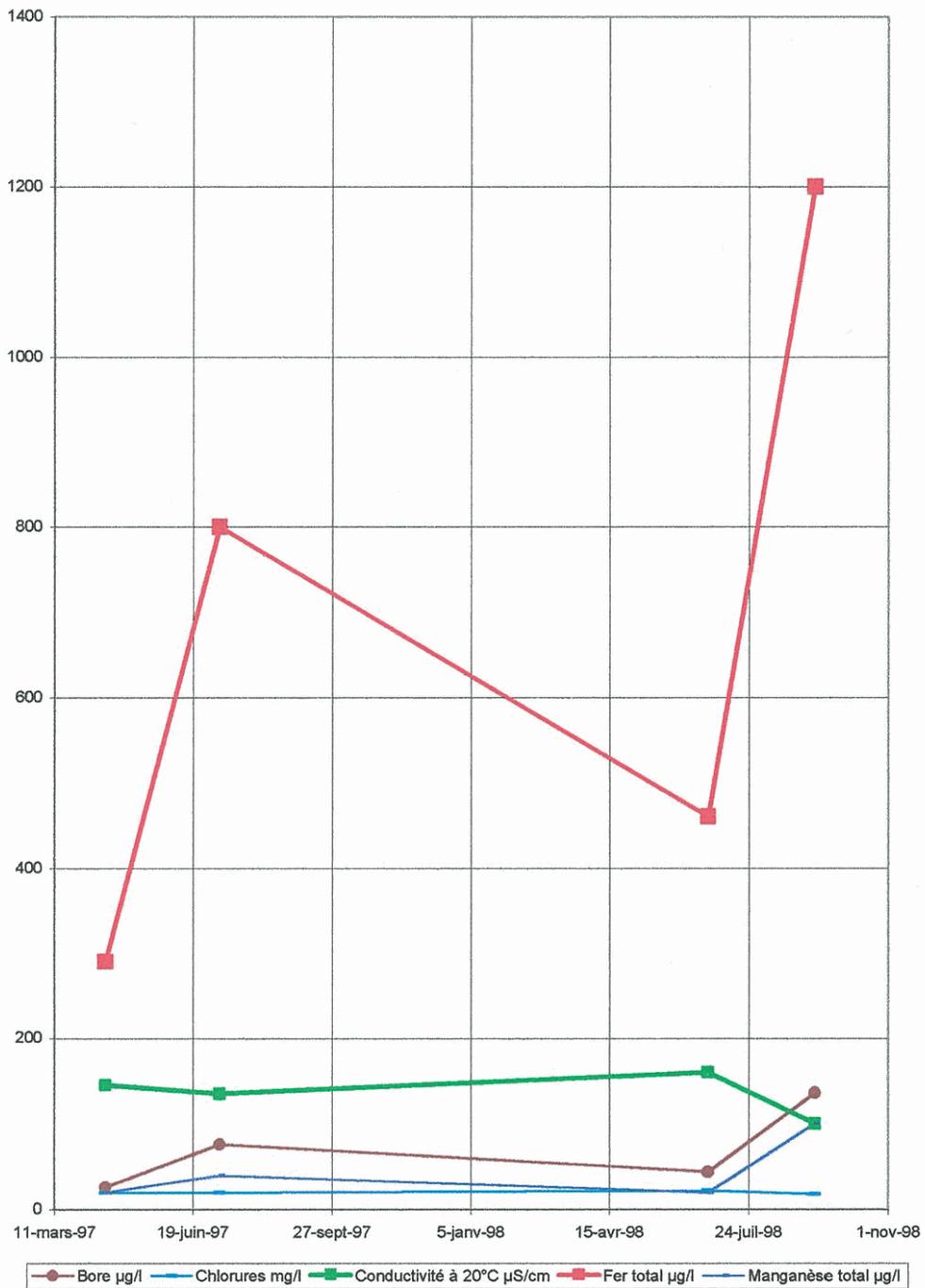


Figure 20 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Cl, Fe et Mn, Moulin Stanger

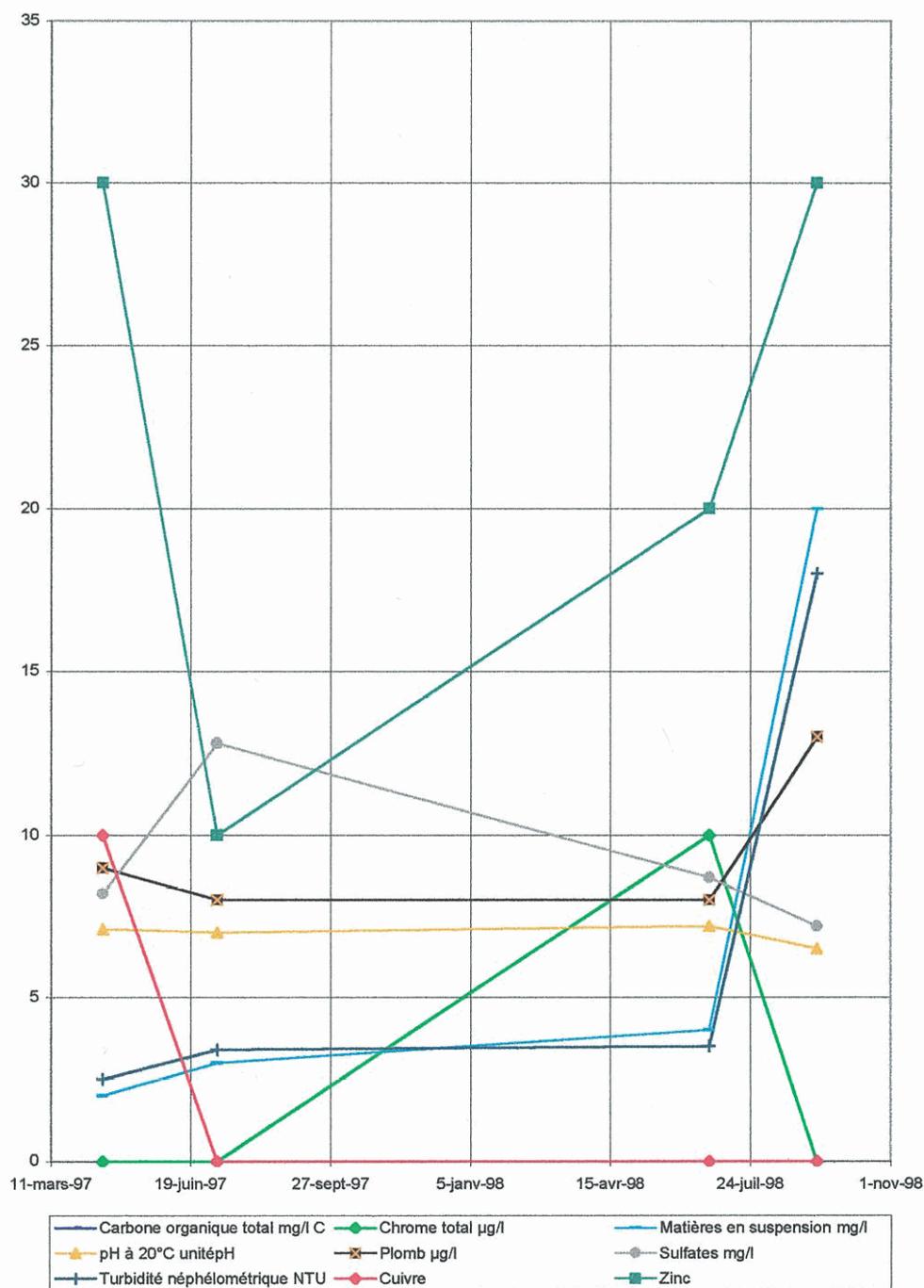


Figure 21 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en COT, Cr, Cu, Pb, Zn, SO<sub>4</sub> et MES, Moulin Stanger

● **Stanger Carhaix**

Ce point ne présente aucune anomalie métallique significative ; il peut être utilisé comme référence d'eaux non contaminées.



**Figure 22 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en B, Fe et Mn, Stanger Carhaix**

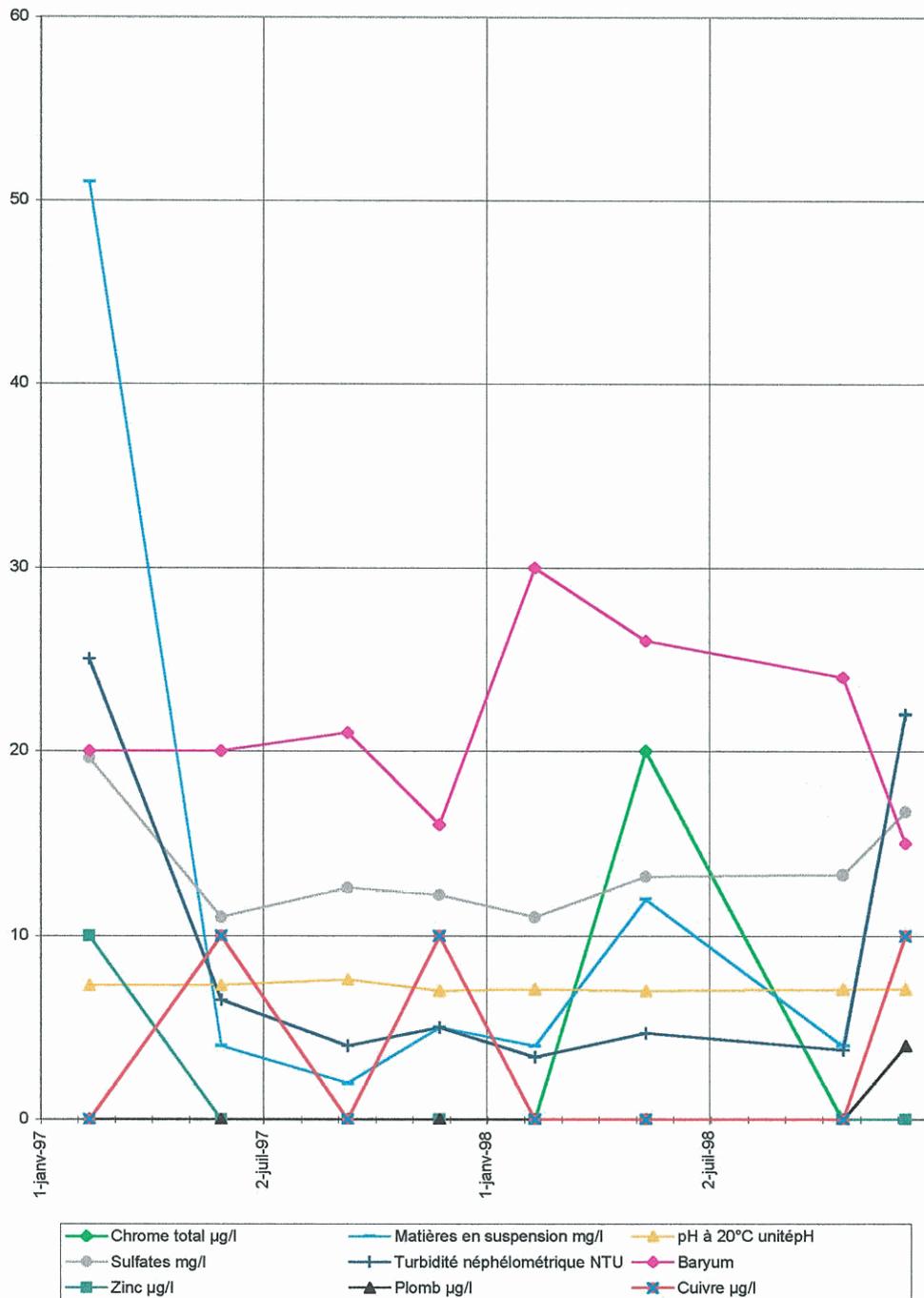
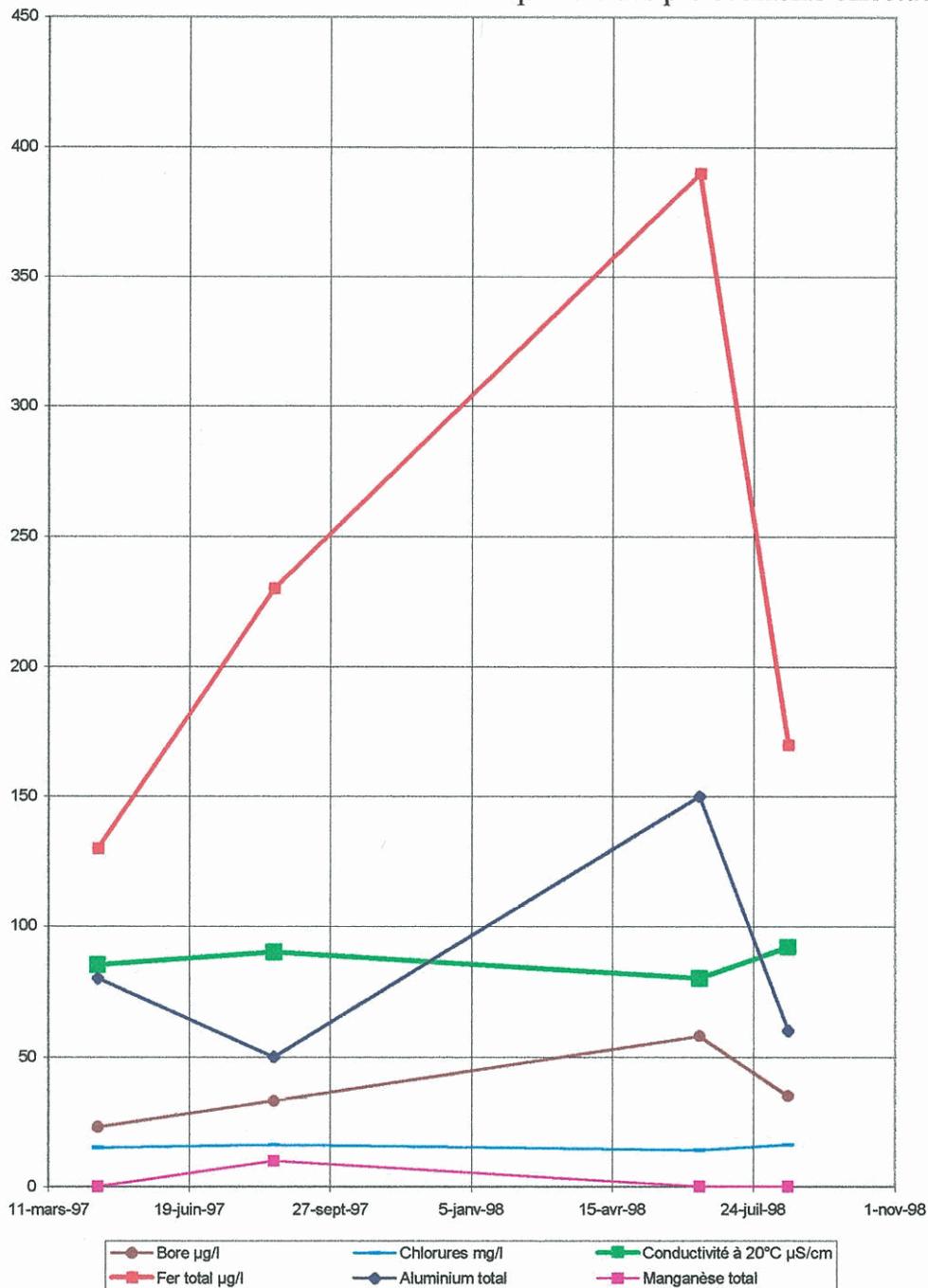


Figure 23 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Ba, Cr, Cu, Pb, Zn, SO<sub>4</sub> et MES, Stanger Carhaix

• **Huelgoat Petit Moulin**

Ce point, situé à proximité en aval du site minier de Huelgoat, ne présente actuellement aucune contamination métallique lors des prélèvements effectués.



**Figure 24 : série chronologique de la conductivité, et des teneurs en Al, B, Cl, Fe et Mn, Huelgoat Petit Moulin**

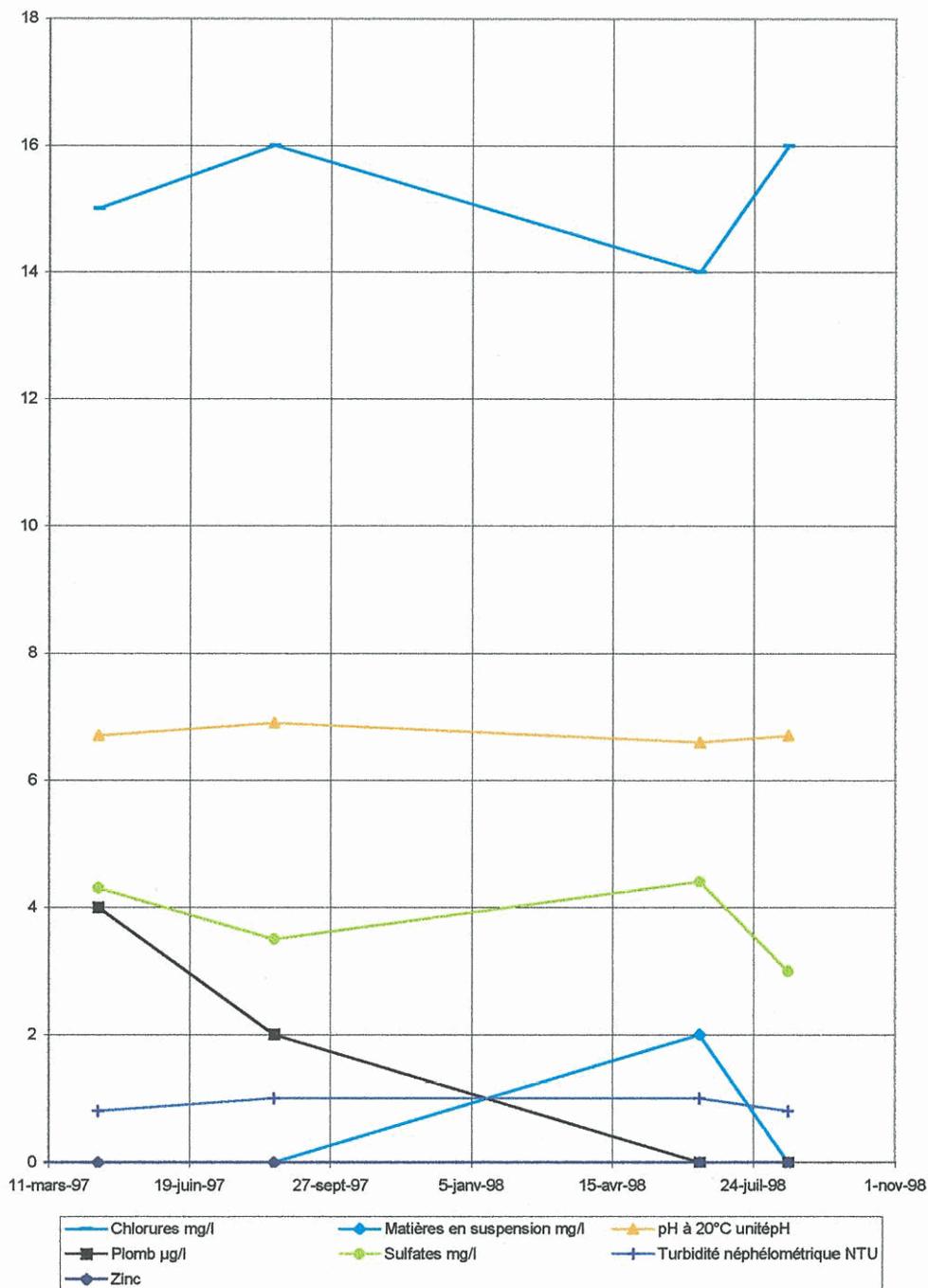


Figure 25 : série chronologique des pH, turbidité, et teneurs en Cl, Cu, Pb, Zn et MES, Huelgoat Petit Moulin

#### 1.1.4. Valeurs représentatives

Au vu des variations des métaux sur chaque site, il est possible de retenir comme représentatives :

- la valeur maximum atteinte pendant la période d'observation,
- la valeur médiane des teneurs sur cette période,

- les valeurs en début et fin de période. Pour normaliser les prélèvements et limiter l'impact des effets saisonniers, c'est la valeur en été 1998 qui est retenue comme valeur finale.

### 1.1.5. Evolution dans le bassin de l'Elorn et les cours d'eau de la partie nord de la baie

Les teneurs en plomb et zinc les plus élevées s'observent sur les prises d'eau de l'agglomération brestoise (Kerleguer, Le Costour, Moulin Kerhuon, fig. 1 à 6). Elles ne sont pas élevées en permanence mais plutôt à l'occasion d'accidents. L'un d'entre eux se traduit par des anomalies décroissantes pendant quatre ans : il correspond probablement à une pollution par des matériaux solides tels que des boues contaminées. Sur l'Elorn proprement dit, les teneurs sont faibles (inférieures à 10 ppm Pb et 60 ppm Zn).

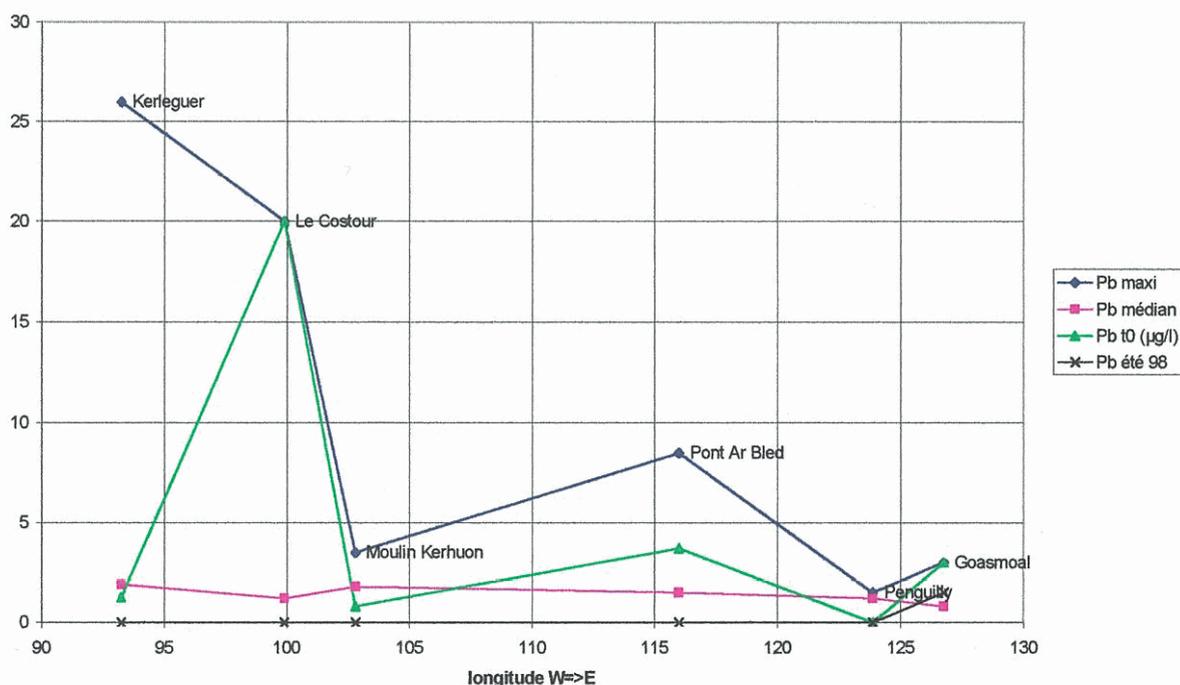


Figure 26 : Evolution des teneurs en plomb d'est en ouest, sur l'Elorn et en aval

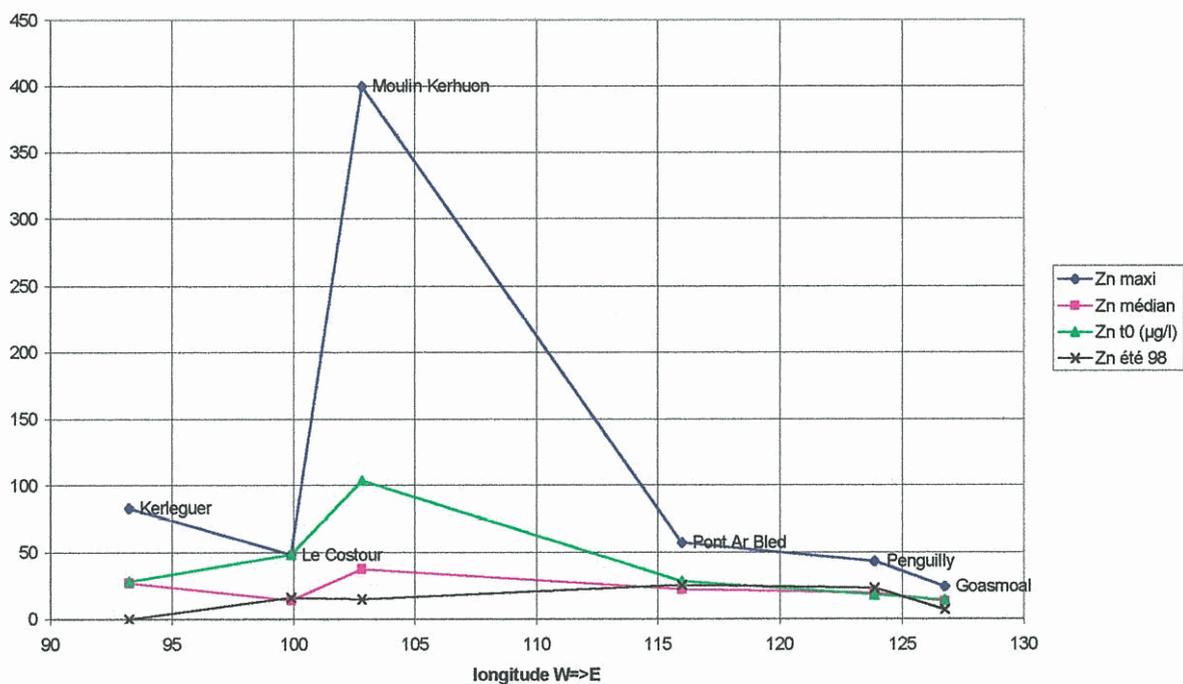


Figure 27 : Evolution des teneurs en zinc d'est en ouest, sur l'Elorn et en aval

1.1.6. Evolution dans le bassin de l'Aulne

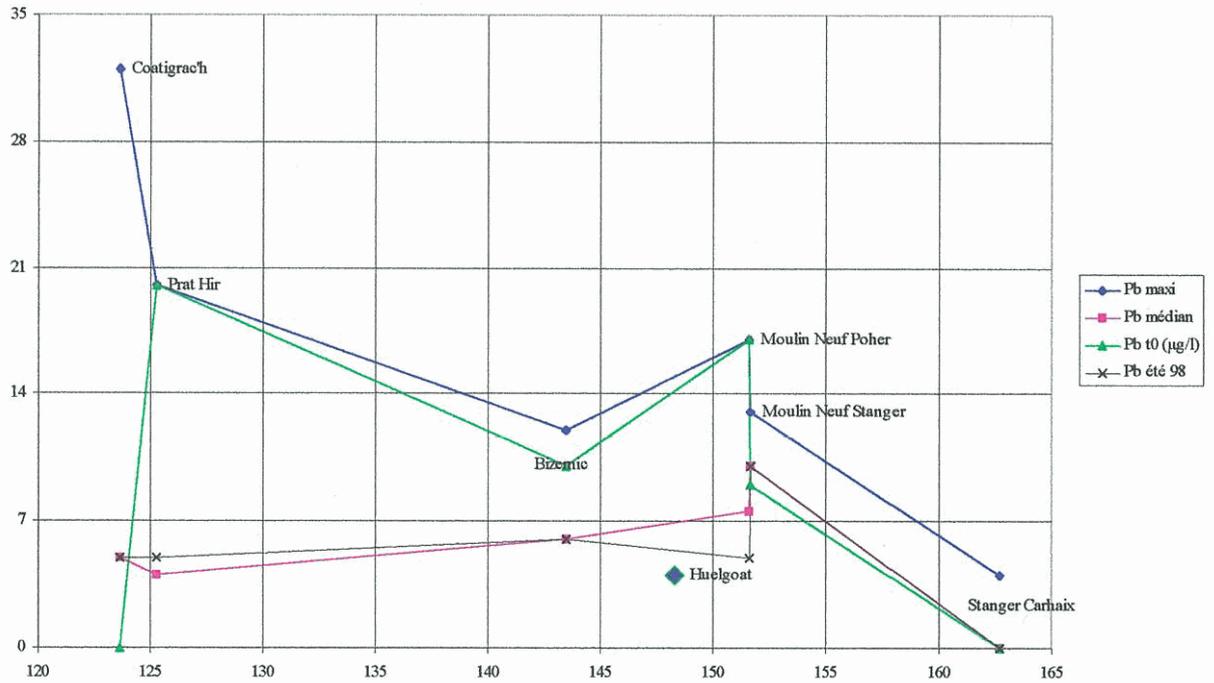


Figure 28 : Evolution des teneurs en plomb d'est en ouest, sur le bassin de l'Aulne

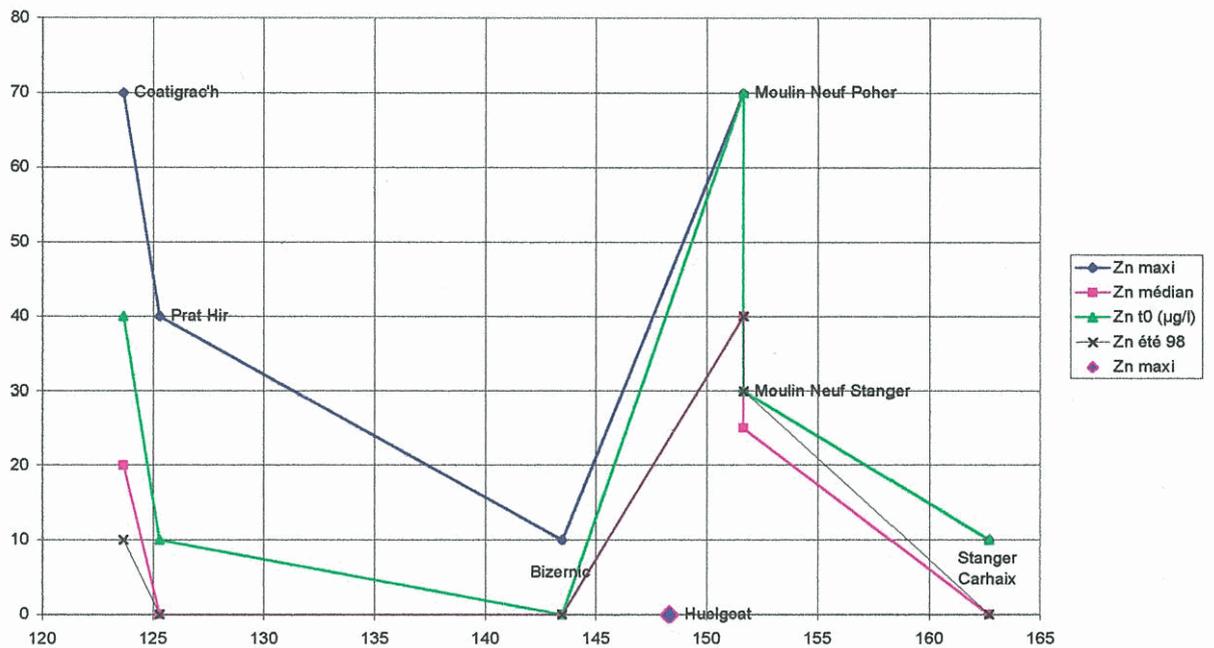


Figure 29 : Evolution des teneurs en zinc d'est en ouest, sur le bassin de l'Aulne

Les valeurs plus élevées observées à l'embouchure (Coatigrac'h, Prat Hir) diminuent sensiblement en amont (Bizernic), ce qui compte tenu de la différence de débit, implique que la majorité des apports en métaux se situent en aval de Châteaulin. Les teneurs en métaux sont plus basses sur les bras supérieurs de l'Aulne (Stanger, Huelgoat) qu'au confluent. Il peut y avoir de petites sources de contaminants à l'amont proche du confluent sur chaque branche. Toutefois, une autre hypothèse peut être examinée : l'accumulation de métaux, provenant du bassin amont, dans les sédiments au voisinage du confluent, suivie d'une faible remobilisation vers l'eau de surface. Dans ce cas, la différence de concentration reflèterait la différence de régime hydrodynamique (débit plus lent au confluent).

## **1.2. DONNEES GEOLOGIQUES ET MINERALOGIQUES**

### **1.2.1. Origine des données**

Les données géologiques, minéralogiques et minières sont représentées sous forme de cartes pour les éléments Pb, Zn et Cu (planches 1 à 3). Seul le cuivre est présenté sur un fond cartographique géologique simplifié, compte tenu du plus grand nombre d'observations pour Pb et Zn.

#### **1.2.1.1. Géologie**

Ont été consultées, et exploitées sous forme de synthèse pour la réalisation des cartes du présent rapport :

Carte géologique de la France, feuilles au 1/50.000 :  
Plabennec (238), Landerneau (239), Morlaix (240), Belle-Isle en terre (241),  
Brest (274), Le Faou (275), Huelgoat (276), Carhaix-Plouguer (277)  
Châteaulin (310), Gourin (311), Rostrenen (312).

#### **1.2.1.2. Données minières régionales**

Ont été consultées et exploitées :

Archives de l'ancienne Division minière Massif armoricain conservées au  
SGR/Pays de la Loire-Nantes .  
Base de données géologiques et minières Bassin de Châteaulin - Rapport BRGM  
R 40025.

#### **1.2.1.4. Données minières et environnementales locales**

Ont été consultés et exploités, les documents suivants :

Archives du Service Minier National : Dossiers de renonciation aux concessions  
minières de Huelgoat, Poullaouen et Bodennec (dossiers en cours).

Données non publiées concernant le PER de Loperec.

Carly R. et Thomassin J.F (1979) - Mise en place d'un tas expérimental de minerai sulfuré en provenance des travaux miniers de Bodennec. Note BRGM SGN/MIN/79/ n° 1714-N-L.

## **1.2.2. Héritage possible des exploitations pour Pb, Zn, Cu, ou des centres de recherches du bassin versant de la rade de Brest - aperçu synthétique**

### **1.2.3.1. Huelgoat**

- **Historique**

Cette ancienne mine souterraine concerne un groupe de filons de galène argentifère dont des traces d'exploitation remontent à l'époque préhistorique. C'est cependant entre 1749 et 1864 que l'activité d'extraction fut la plus vive sur cette mine, produisant au total 26.000 t de plomb et 60 tonnes d'argent. L'exploitation de cette mine a définitivement cessé en 1903 car les venues d'eau étaient devenues trop importantes (de 48 m<sup>3</sup>/h à 100 m<sup>3</sup>/h selon la saison).

L'ensemble du minerai de Huelgoat étant traité sur la mine voisine de Poullaouen, il n'y a pas de tailings (résidus de laverie) à Huelgoat. On y relève seulement la présence de quelques déblais de stériles qui ne présentent pas de risque environnemental identifié.

- **Exhaure et hydrologie du site**

La mine de Huelgoat est traversé par un ruisseau sans nom (débit : 20 à 25 m<sup>3</sup>/h en amont de la mine) qui se jette dans la rivière d'Argent. La rivière d'Argent est un affluent en rive droite de l'Aulne qui se trouve à 5 km en aval de la mine de Huelgoat.

Actuellement un débit d'exhaure faible est observable à la sortie des travaux miniers (env. 15 m<sup>3</sup>/h). Ces eaux se mêlent à celles du ruisseau sans nom avant de rejoindre la rivière d'Argent avec un débit total de 30 à 40 m<sup>3</sup>/h.

- **Analyses d'eaux superficielles**

Dans le cadre des procédures de renonciation à concession, le BRGM a été amené à réaliser un ensemble détaillé d'analyses d'eau sur le site de Huelgoat ainsi qu'en amont et en aval de ce dernier. Ces analyses ont été réalisées en séries durant le printemps 1994 et durant les automnes 1995 et 1997 et concernent particulièrement les éléments métalliques suivants : Al, Fe, Mn, Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, et également en partie leur pH.

L'ensemble de ces résultats est présenté dans le tableau 2 ci-joint. On peut y remarquer l'absence de queue de pollution significative en aval de la mine, en

particulier dans l'Aulne dont les teneurs en éléments mesurés sont très largement dans les normes de potabilité :

- Il n'y a que sur le site de la mine que des eaux contenant des teneurs anormales en éléments métalliques ont pu être identifiées (Fe : 1 à 3 mg/l ; Mn : 400 à 800 µg/l ; Cd : 10 à 20 µg/l ; Pb : 100 à 800 µg/l).
- En aval de la mine, dans la rivière d'Argent, seules des teneurs anormales épisodiques en Fe subsistent ; les autres éléments métalliques sont soit indétectables (Cd, Cu et Ni < 5 µg/l), soit dans les normes de potabilité (Al, Mn, Pb, Zn). Les teneurs en Pb en particulier ne dépassent pas 32 µg/l pour une norme de potabilité fixée à 50 µg/l.
- Dans l'Aulne, aucune anomalie n'est constatée, seules des traces résiduelles en Pb (7 µg/l), Zn (75 µg/l), et Cu (3 µg/l) sont détectables épisodiquement.
- Le pH des eaux, neutres même sur le site de la mine, peut expliquer largement la faible mise en solution des métaux dans les eaux de surface et par conséquent les faibles niveaux de teneurs constatées.

A  
M  
O  
N  
TM  
I  
N  
EA  
V  
A  
L

	élément (sup.limite) unité	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3	NH4	NO2	PO4	SiO2	Al	Fe	Mn	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Ph	Cond.	
		mg/l	µg/l	µg/l																		
	Limite détection	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.01	0.1	0.5	0.03	0.02		5	5	2	5	5	10		
	Seuil potabilité	50	150	12	250	250	50	0.5	0.1			0.2	0.2	50	5	1000	50	5000	50			
	N° ech																					
Aulne Amont	94(H) 4	4.4	10.7	1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.5	0.08	0.44	32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.68	
Aulne Amont	95(MHP) 6	5	10.9	1.9	20.8	9.9	13	ND	0.03	ND	8.6	0.04	0.14	20	ND	ND	ND	ND	8	ND		
Amont Aulne	97 6	3.9	12	2.3	18	9.8	9.9	ND	0.02	ND	5.4	0.05	0.16	15	ND	ND	ND	ND	ND			
Rivière d'Argent près de Huelgoat	94(H) 2	2	11.2	1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.6	0.1	0.28	11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.34	
Ruisseau Mine avant concession	94(H) 1	2.6	10.9	1.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	0.15	0.68	38	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.35	
Ruisseau amont Mine	95(MHP) 13	2.8	10.4	0.6	16.6	8.4	6.7	ND	ND	ND	5.9	0.04	0.08	7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.53	
Ruisseau amont Mine	97 13	3.3	12	1	19	6.8	0.8	ND	0.01	ND	9.1	0.04	0.51	14	ND	ND	ND	ND	ND			
Lavoir	95(MHP) 11	9.7	11.8	1.5	18.7	82.3	0.1	ND	0.08	ND	18.3	0.09	ND	758	18	20	713	2318	42			
Sous terril	95(MHP) 12	9.9	11.9	1.5	18.5	81.9	ND	ND	ND	ND	16.9	0.06	ND	59	21	14	239	2761	38			
Galerie des terrils	95(MHP) 5	8.7	11.7	1.7	19.4	76.8	0.5	ND	ND	ND	16.5	0.06	0.65	393	19	16	826	2907	42			
Galerie des terrils	97 5	7.9	12.5	2	18.4	81.8	ND	ND	ND	ND	16.8	0.07	2.85	751	12	7	630	1807	40			
Galerie des terrils (durant travaux Septembre 97)		7.5	12.2	1.9	18.2	84.4	ND	ND	ND	ND	15.9	0.07	3.11	890	13	6	689	1736	40			
Galerie des charioteurs	95(MHP) 4	10.3	12	1.8	19.6	79.8	0.1	ND	ND	0.6	20.6	0.05	1.59	792	16	15	777	1637	46	5.9	256	
Galerie des charioteurs	97 4	8.1	12.4	2	18.6	80.6	ND	ND	ND	ND	16.7	0.05	1.94	636	14	12	540	1363	41			
Galerie des charioteurs (avant travaux Septembre 97)		7.9	11.7	1.9	18.5	79.8	ND	ND	ND	ND	16.4	0.05	1.89	663	14	12	580	1279	40			
Galerie des charioteurs (après travaux Septembre 97)		7.9	12.4	1.9	18.2	79.7	ND	ND	ND	ND	16.4	0.05	1.87	658	14	12	569	1322	40			
1 Galerie des charioteurs (avant travaux Décembre 97)		7.8	12.1	1.5	19.1	66.2	0.6	ND	ND	ND	15.1	ND	0.52	607	13	8	203	1298	36			
3 Galerie des charioteurs (à la fin du creusement)		7.4	11.2	1.4	18.8	63.2	0.6	ND	ND	ND	14.2	ND	1.83	757	10	3	166	1058	32			
5 Galerie des charioteurs (mise en place enrochement)		7.3	11.2	1.7	18.9	66.1	0.6	ND	ND	ND	14	ND	0.53	844	8	3	45	948	28			
6 Galerie des charioteurs (après travaux Décembre 97)		7.4	11.3	1.6	18.9	67.4	2.7	ND	ND	ND	14.5	ND	0.36	838	9	3	47	1057	31			
Pont Rivière d'Argent	95(MHP) 14	2.4	10.1	1.5	14.9	8.6	9.1	ND	ND	ND	9.3	0.1	0.12	11	ND	ND	14	50	ND	6.46	86	
Pont Rivière d'Argent	97 14	2.5	12.5	1.9	17.5	11.8	5.1	ND	ND	ND	10	0.05	0.27	41	ND	ND	31	138	ND			
Moulin d'Argent	94(H) 3	2.1	10.6	1.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.3	0.1	0.3	20	ND	ND	32	119	ND	7.59		
Moulin d'Argent	95(MHP) 3	2.6	10.6	1.7	16.7	9.7	8.3	ND	ND	ND	11.7	0.08	0.12	18	ND	ND	11	105	ND			
Moulin d'Argent	97 3	2.5	15.5	3.1	16.9	12.2	7.2	ND	0.02	ND	7.9	0.19	0.26	19	ND	5	32	288	ND			
Aulne Aval	95(MHP) 7	4.8	11.4	2.2	20.5	10.2	13.2	0.2	0.03	ND	9.7	0.04	0.12	34	ND	ND	ND	66	ND			
Aval Aulne	97 7	4.3	14	2.1	19.1	11.2	10	ND	0.09	0.3	5.1	ND	0.15	18	ND	3	7	75	ND			

2 Echantillons prélevés au printemps 94  
5 Echantillons prélevés à l'automne 95  
6 Echantillons prélevés à l'automne 97

ND ou ND = Non détectable

Seuls les éléments dépassant le seuil analytique sont reportés,   Prélèvements dépassant le seuil de potabilité  
(Ca, CO3, F, As, B, Be, Cr, Ag, Hg..) analysés mais inférieurs à ce seuil.

Tableau 2 : Secteur de Huelgoat - Analyses hydrogéochimiques des eaux de surface

### 1.2.2.2. Poullaouen

- **Historique**

Cette ancienne mine souterraine concerne deux groupes de filons à galène argentifère et à blende placés en continuité.

Au sud, le filon de la " Vieille Mine" a été exploité au Moyen-Age et surtout entre 1729 et 1756. Cependant le Filon Principal est resté la structure sur laquelle ont été développés les travaux les plus importants depuis 1740.

Au nord, le Filon Pape a été exploité entre 1860 et 1903, date qui marque la fin de l'exploitation de la mine de Poullaouen.

L'importance des débits d'exhaure atteints au cours de l'exploitation de cette mine (11 m<sup>3</sup>/h sur le filon principal, 30 à 60 m<sup>3</sup>/h selon la saison sur le filon Pape) est l'origine principale de l'arrêt des travaux.

Depuis cette date, plusieurs essais de relance de l'exploitation ont été envisagés, mais furent tous abandonnés.

Un minimum de 20.000 t de plomb et de 2 tonnes d'argent ont été au total extraits de la mine de Poullaouen.

- **Tailings**

Centre commun du traitement du minerai des mines de Huelgoat et de Poullaouen, le site renferme actuellement environ 100.000 t de résidus miniers (tailings de laverie essentiellement) qui couvrent une superficie de 5 ha.

Les tailings sont constitués par un sable quartzo-argileux (85 % silice) de granulométrie millimétrique. Leur paragenèse métallique est très pauvre surtout en pyrite. On y rencontre des traces de galène argentifère et de blende, associés principalement à de la marcassite (FeS<sub>2</sub>). Les résultats d'analyses multi-élémentaires d'une dizaine d'échantillons de matériel tout-venant prélevés régulièrement confirment la composition métallique pauvre de ces rejets, seulement marquée par la présence de plomb supérieure à 0.6 %. Les autres éléments analysés montrent des teneurs qui sont toutes en deçà des différentes valeurs-guides européennes, et parmi lesquels :

As : 80 ppb pour une norme fixée à 200 ppb ;

Cd : 5 ppb pour une norme fixée à 20 ppb ;

Cr : 60 ppb pour une norme fixée à 800 ppb et

Zn : 1000 ppb pour une norme fixée à 3000 ppb.

Compte-tenu de l'absence de pyrite susceptible de s'oxyder et de donner lieu à un drainage acide des tailings, les risques de mise en solution des éléments métalliques des rejets, du plomb en particulier, demeurent extrêmement faibles, ce qui est confirmé par les analyses réalisées sur les eaux de surface (voir 1.2.2.2.3).

- **Exhaure et hydrologie du site**

La mine de Poullaouen est caractérisée par une morphologie plate. Sur le plan hydrologique, elle est drainée dans sa partie nord par un ruisseau sans nom qui reçoit les seules eaux

*Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant  
de la Rade de Brest*

d'exhaure visibles provenant de l'ancien puits Pape 2. Le débit d'exhaure est très faible : 5 m<sup>3</sup>/h. Ce ruisseau se jette 4 km en aval dans l'Aulne, en rive gauche.

Dans la partie Sud, les eaux de drainage convergent vers une zone de marais et un étang colonisé par la végétation.

Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant  
de la Rade de Brest

		élément (sup.lim unité	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	NO3 mg/l	NH4 mg/l	NO2 mg/l	F mg/l	PO4 mg/l	SiO2 mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Mn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Ni µg/l	Ph	Cond.	
		Limite détection	0.1	0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.01	0.1	0.1	0.5	0.03	0.02	5	5	10	5	5	10			
		Seuil potabilité	50	150	12	250	250	50	0.5	0.1	0.7			0.20	0.20	50	5	1000	50	5000	50			
		N° ech																						
A M O N T	Aulne Amont	94(H) 4	4.4	11	1.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6.5	0.08	0.44	32	ND	ND	ND	ND	ND	7.68		
	Amont Aulne	95(MHP) 6	5	11	1.9	20.8	9.9	13	ND	0.03	ND	ND	8.6	0.04	0.14	20	ND	ND	ND	8	ND			
	Amont Aulne	97 6	3.9	12	2.3	18	9.8	9.9	ND	0.02	ND	ND	5.4	0.05	0.16	15	ND	ND	ND	ND	ND			
	Amont concession et Pape 2	94(H) 6	9.1	11	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.2	0.04	0.36	60	ND	ND	ND	ND	ND	7.49		
	Galerie Pape 2	95(MHP) 2	15.1	16	1.4	21.4	42.1	2	ND	0.04	ND	ND	15.8	ND	0.03	571	10	ND	ND	1908	24			
	Galerie Pape 2	97 2	12	17	1.8	19.7	47.8	1.6	ND	0.01	ND	ND	13.3	ND	0.07	326	10	3	3	1974	20			
	Ruisseau aval pont Pape 2	95(MHP) 8	8.8	11	2.7	20.9	10.3	38.7	ND	ND	ND	ND	7.9	ND	0.11	54	ND	ND	ND	47	ND			
	Ruisseau aval pont Pape 2	97 8	9.4	14	6.9	26.2	14.1	8.4	ND	ND	ND	ND	10.8	ND	0.69	160	ND	ND	ND	314	8			
	Aval Pape 2 et concession avant Aulne.	94(H) 5	8	11	2.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7.1	0.04	0.29	45	ND	ND	ND	73	ND	7.73		
	Amont étang Poullaouen	94(H) 7	10.4	14	2.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	9.7	0.06	0.52	77	ND	ND	ND	ND	ND			
A V A L	Etang Poullaouen	95(MHP) 1	5.3	12	2.5	20.6	26	1.2	0.3	0.01	0.2	ND	11.6	ND	0.42	257	34	ND	298	4385	ND			
	Etang Poullaouen	97 1	5.6	16	0.8	24.8	7.7	ND	ND	ND	0.2	ND	8.8	ND	0.49	162	ND	ND	31	114	5			
	Limite concession Poullaouen	95(MHP) 9	9.6	14	2.9	24	12.4	39.4	0.3	0.05	ND	ND	9.3	ND	0.22	120	ND	ND	8	238	ND	6.5	205	
	Limite concession Poullaouen	97 9	9.2	15	3.4	23.1	24.7	11.1	ND	ND	ND	ND	12	ND	0.19	322	ND	4	13	958	9			
	Riv. Poullaouen avant Aulne	94(H) 8	8.3	12	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.39	97	ND	ND	35	414	ND	7.81		
	Riv. Poullaouen avant Aulne	95(MHP) 10	8.9	13	2.8	23.5	12.2	39.3	0.1	0.09	ND	ND	8.7	ND	0.15	67	ND	ND	13	208	ND	6.78	200	
	Riv. Poullaouen avant Aulne	97 10	9.5	16	3.6	24.8	21.5	13.9	ND	ND	ND	ND	10.6	ND	0.07	21	ND	4	8	416	6			
	Aval Aulne	95(MHP) 7	4.8	11	2.2	20.5	10.2	13.2	0.2	0.03	ND	ND	9.7	0.04	0.12	34	ND	ND	ND	66	ND			
	Aval Aulne	97 7	4.3	14	2.1	19.1	11.2	10	ND	0.09	ND	0.3	5.1	ND	0.15	18	ND	3	7	75	ND			
			Seuls les éléments dépassant le seuil analytique sont reportés, ND ou ND= Non détectable (Ca, CO3, F, As, B, Be, Cr, Ag, Hg..) analysés mais inférieurs à ce seuil. Prélèvement dépassant le seuil de potabilité																					
																		2	élevés au printemps 94					
																		5	élevés à l'automne 95					
																		6	élevés à l'automne 97					

**Tableau 3 : Secteur de Poullaouen- Analyses hydrogéochimiques des eaux de surface**

- **Analyses d'eaux superficielles**

Dans le cadre des procédures de renonciation à concession citées précédemment, le BRGM a été amené à réaliser un ensemble détaillé d'analyses d'eau sur le site de Poullaouen ainsi qu'en amont et en aval de ce dernier. Ces analyses ont également été réalisées en séries durant le printemps 1994 et durant les automnes 95 et 97. durant les automnes 1995 et 1997 et concernent particulièrement les éléments métalliques suivants : Al, Fe, Mn, Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, et également en partie de leur pH.

L'ensemble de ces résultats est présenté dans le tableau 3 ci-joint. Comme précédemment, on peut y remarquer l'absence de queue de pollution significative en aval de la mine, en particulier dans l'Aulne dont les teneurs en éléments mesurés sont très largement dans les normes de potabilité :

- les seules teneurs métalliques anormales sont confinées à proximité immédiate des travaux miniers et ne concernent que Fe (0.30 à 0.70 mg/l), Mn (60 à 571 µg/l) et très occasionnellement Cd (10 µg/l) ;
- épisodiquement les eaux de l'étang de Poullaouen peuvent montrer une teneur en Pb supérieure à la norme de potabilité : 298 µg/l pour un seuil de 50 µg/l, mais apparemment tout rentre dans l'ordre en aval, probablement par suite d'un effet naturel de phytoatténuation, de décantation et de dilution ;
- les eaux de l'Aulne en aval possèdent des teneurs en Pb proches de la limite de détection de 5 µg/l et des teneurs en Zn qui ne dépassent pas 75 µg/l ;
- aucun des points de contrôle n'a révélé une quelconque altération de la neutralité du pH des eaux qui puisse mettre en évidence des lessivages acides.

### **1.2.2.3. Loperec**

- **Historique**

Ce site correspond à un centre de recherches pour minéralisations aurifères sur lesquels les travaux sont arrêtés depuis quelques années et sur lesquels des travaux de réhabilitation ont commencé.

Une descenderie et des travaux souterrains de traçage préliminaires ont permis d'explorer plusieurs filons de quartz à or libre et à arsénopyrite. Au cours de ces travaux de reconnaissance, plusieurs échantillons de minerai tout venant ont été ramenés à la surface et stockés sur une aire aménagée à cet effet. Une exhaure faible (10 à 15 m<sup>3</sup>/h) caractérise le site de Loperec ; cette dernière est entièrement canalisée jusqu'à son rejet dans la Douffine, rivière située en contrebas.

- **Aire de stockage à échantillons**

Avec les travaux de réhabilitation, les échantillons quartzeux ont été étalés uniformément dans les limites de l'aire de stockage et enfouis sous un recouvrement rapporté de terre végétale. L'ensemble a été engazonné et ne laisse désormais aucune trace visible.

- **Exhaure**

En raison de l'absence de métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd, ...) associés à l'or sur le prospect de Loperec, aucune pollution par ces métaux n'est prévisible à partir de ce site.

Les eaux d'exhaure provenant de la descenderie maintenant obturée montrent à ce jour des teneurs en As (1 à 1,5 mg/l) et Mn (1,1 g/l) parfois supérieures aux normes admises pour les installations classées (respectivement : 50 µg/l et 1000 µg/l) ; Le pH des eaux d'exhaure est modérément acide (environ 5). Les teneurs en métaux seront réduites lors de la poursuite des prochains travaux de réhabilitation. A ce jour, les rejets sont déjà dilués dans des normes acceptables lors de leur déversement dans la Douffine, dont le débit d'étiage en année normale est de l'ordre de 2000 m<sup>3</sup>/h (2034 en 1988).

Les analyses d'eaux dans la Douffine en aval des rejets confirment l'absence d'une quelconque queue de pollution liée au site minier de Loperec : Cr, Pb, Ni, Al, As, Cd restent inférieurs aux limites de détection analytique. Les teneurs en Fe (0,2 mg/l) et en Mn (moy. : 20 µg/l) sont semblables en amont et en aval des rejets et restent avec tous les autres éléments dans les normes de potabilité.

#### 1.2.2.4 Bodennec

- **Historique**

Le site de Bodennec est caractérisé par la présence d'un petit gisement de sulfures massifs polymétalliques aveugle. L'historique des prospections montre qu'il est marqué localement par une signature polymétallique à Zn- Pb-Cu qui peut être retrouvée en sol (50 ppm en Cu, 100 ppm en Pb, et 75 ppm en Zn) et dans les sédiments de ruisseau.

Le gisement est constitué par deux corps minéralisés à sulfures polymétalliques :

YEUN DONG : 2.110. 000 t de minerai à 1.16% Cu, 2.07% Pb, 2.87% Zn + 56 g/t Ag;

KERANSCOL : 811.000 t de minerai à 1.58% Cu, 0.26 % Pb, 4.42% Zn + 43 g/t Ag.

Dans les deux cas le minerai polymétallique est également riche en pyrite.

- **Les travaux miniers**

Bodennec a connu des travaux d'exploitation dès le 17<sup>e</sup> siècle pour le cuivre, le plomb et l'argent sans jamais cependant atteindre beaucoup d'ampleur.

C'est dans les trente dernières années que Bodennec a connu la plupart des travaux d'exploration détaillée (sondages profonds et travaux miniers) qui ont conduit à la cubature du gisement. Le site minier est maintenant abandonné et les procédures administratives de renonciation à la concession d'exploitation sont engagées par le bénéficiaire du titre.

A l'issue de ces travaux, trois faits importants sont à citer :

- lors du percement de la descenderie de reconnaissance et des travaux miniers souterrains, le minerai sulfuré rencontré a été extrait et stocké à part au jour. Il constitue maintenant un stock de 35.000 t de haldes bien individualisées et qui ont été protégées du lessivage météorique par le recouvrement du tas par une membrane étanche et de l'ensemble par de la terre végétale.

- un pilote expérimental de lixiviation naturelle du minerai a été constitué sur un échantillon de 400 t de minerai sulfuré placé dans une fosse dont les bords et le fond étaient étanchéifiés par une membrane plastique. Après une campagne d'essai, la fosse a été abandonnée après avoir été recouverte par de la terre végétale et réengazonnée. Bien que non protégée par les infiltrations d'eaux météoriques, l'étanchéité de la fosse et l'enfouissement du minerai sont supposés suffisants pour empêcher l'oxydation des pyrites du minerai et une contamination acide de l'environnement.
- Une exhaure de faible débit (10 m<sup>3</sup>/h) et à pH faiblement acide (4-5) sort actuellement des restes de la descenderie et rejoint le ruisseau Rudalveget qui draine l'ensemble du site et rejoint l'Aulne 4 km en aval vers le Sud.

Un dernier ruisseau, le Douron, prend sa source à proximité du site minier, en aval du tas de tailings protégés, et file plein Nord en direction de la baie de Morlaix.

### • Hydrogéologie

Le site de Bodennec est intensément fracturé. Les conditions géologiques sont donc très favorables aux circulations des eaux souterraines. Pour ces raisons, un captage en eau potable (AEP) existe au lieu-dit Kervoel sur la commune de Scrignac. Le contrôle régulier de ce point d'alimentation, qui dessert les communes de Scrignac et Bolazec, n'a jamais mis en évidence de pollution en éléments métalliques, qui pourraient être imputables au site minier et à ses installations.

### • Analyses des eaux superficielles

Depuis 1975, des analyses des eaux de surface sont régulièrement réalisées pour contrôler la conséquence de l'ouverture des travaux miniers sur la composition des eaux de surface dans le secteur de Bodennec.

L'ensemble des résultats est très satisfaisant :

- l'exhaure de la descenderie montre depuis 1975 des teneurs moyennes en Zn qui se situent entre 500 et 1300 µg/l, c'est à dire en dessous du seuil admis pour les normes de rejets des installations classées (2000 µg/l). Très exceptionnellement, des mesures au-dessus de ces seuils ont été enregistrées, avec un maximum à 4810 µg/l Zn, qui se situe toutefois encore en dessous du seuil de potabilité (5000 µg/l). Pour les autres éléments métalliques, les mesures récentes réalisées sur les eaux d'exhaure montrent des teneurs largement inférieures aux normes admissibles pour ce type de rejets (Pb : 6 µg/l pour une norme à 500 µg/l ; Mn : 210 µg/l pour une norme à 1000 µg/l ; Fe : 650 µg/l pour une norme à 5000 µg/l ; Cd : 17 µg/l pour une norme à 200 µg/l) ;
- en aval, dès l'arrivée dans le ruisseau Rudalveget, les teneurs en Zn des eaux s'effondrent au dessous de 500 µg/l. Dans l'Aulne, en aval de la confluence avec le ruisseau précédent, les teneurs en Zn sont beaucoup plus faibles : moy. : 50 µg/l.
- Le ruisseau Douron, à 1 km de sa source, montre les traces d'une faible contamination en Zn, persistante depuis décembre 1991 : Zn = 2500 µg/l ; mais qui reste toutefois largement inférieure aux normes de potabilité. Cette contamination est très vite diluée, et 2 km en

aval, les teneurs en Zn ne dépassent pas 200 µg/l. On note par rapport à cette étude que l'exutoire final du Douron n'est pas la rade de Brest, mais la Baie de Morlaix.

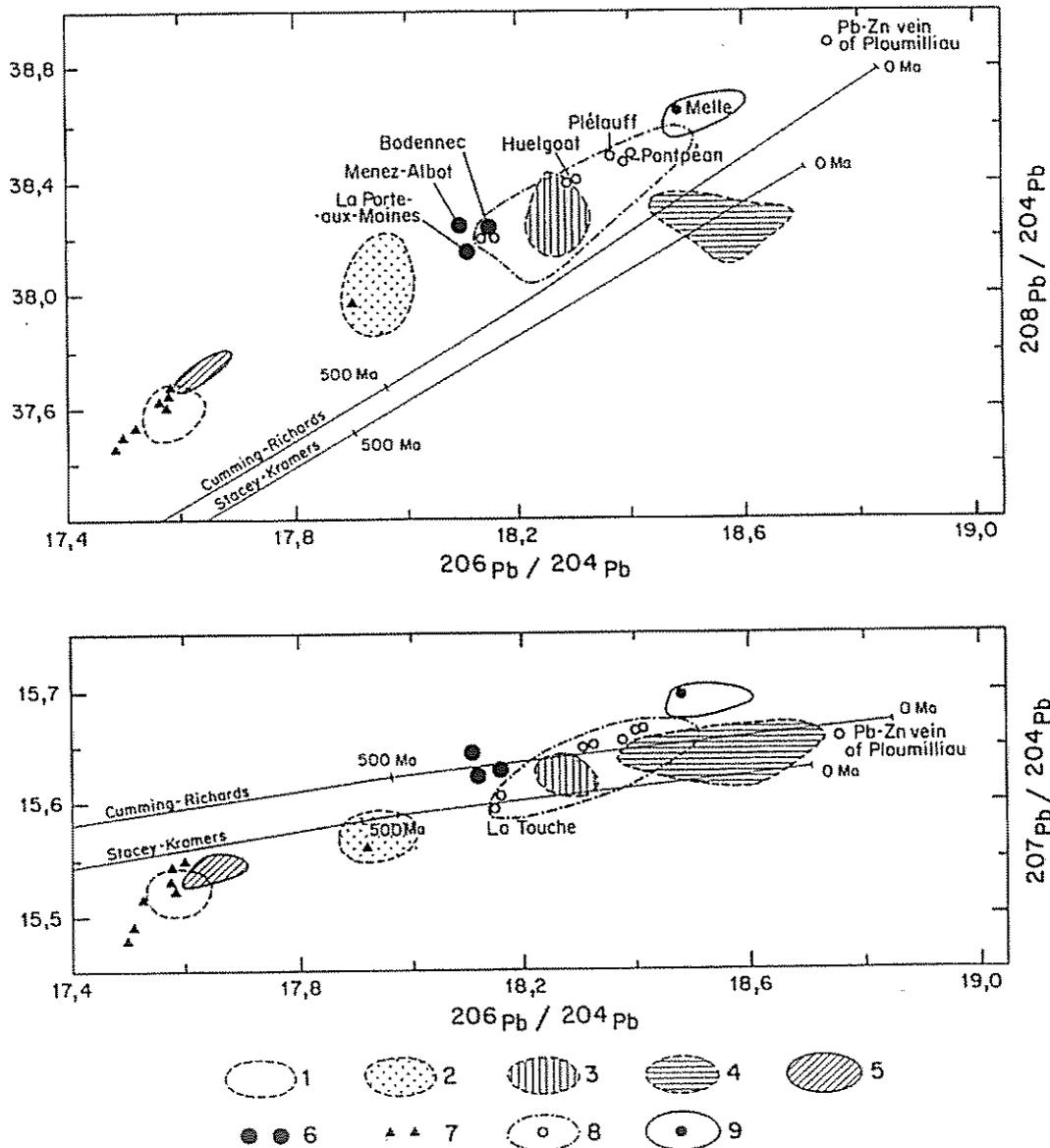
#### **1.2.2.5. Conclusion**

Le niveau actuel de contamination des eaux superficielles par Zn, Pb, Cu ou les éléments associés, par l'héritage minier du bassin versant de la rade de Brest, n'affecte pas la potabilité des eaux de surface dès l'aval de ces sites (2 km au maximum).

### **1.3. DONNEES ISOTOPIQUES**

Les données sur la composition isotopique du plomb ont été recueillies car elles présentent une importance significative : la composition isotopique du plomb est variable en fonction de son origine. Les variations dépendent de l'âge du plomb primaire. On peut ainsi distinguer dans certains cas une origine minière ou industrielle (âge des minerais régionaux ou âge des minerais à l'origine du plomb industriel).

Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant de la Rade de Brest



- Les données ci-dessus, concernant les minerais bretons, pourront être comparées si nécessaire à des mesures isotopiques effectuées sur des prélèvements en aval. Pour que ces mesures soient utilisables pour identifier l'origine du plomb rencontré en aval, il sera nécessaire de caractériser la composition isotopique du plomb potentiellement rejeté par les autres sources industrielles ou urbaines.

#### 1.4. DONNEES SUR LES BRYOPHYTES

Dans le cadre de l'inventaire de la contamination métallique de son bassin, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne a fait effectuer un suivi des teneurs en métaux de mousses aquatiques sur 50 sites. L'un de ces sites se trouve sur l'Aulne, à Landeleau ; deux sites se trouvent sur l'Elorn, à Pont Ar Bled et La Roche Maurice.

Ces documents (Mouvet, 1992, 1993) sont mis particulièrement en relief dans le rapport préliminaire du Contrat de Baie de la Rade de Brest (Troadec, Le Goff et al., 1997).

« Le niveau de contamination métallique des milieux aquatiques peut être apprécié par l'analyse des teneurs en métaux lourds dans les végétaux aquatiques. (...) Le réseau de suivi RNB de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne met en évidence des contaminations non négligeables des bryophytes (...) notamment dans l'Aulne où la pollution est *importante* en cadmium et en plomb, et *certaine* en zinc. Dans l'Elorn, la pollution par le cadmium, le nickel et le zinc est dite *certaine*. »

Les résultats présentés ci-dessous ont été relevés sur les graphes des rapports :

			Cd	Pb	Zn
Aulne	Landeleau	1990	16 µg/g	320 µg/g	1700 µg/g
Aulne	Landeleau	1991	31 µg/g	460 µg/g	2700 µg/g
Aulne	Landeleau	1992	25 µg/g	330 µg/g	2500 µg/g
Elorn	Roche Maurice	1990			
Elorn	Roche Maurice	1991	16 µg/g	< 50 µg/g	2900 µg/g
Elorn	Roche Maurice	1992	9 µg/g	< 50 µg/g	2000 µg/g
Elorn	Pont Ar Bled	1990	12 µg/g	< 50 µg/g	2200 µg/g
Elorn	Pont Ar Bled	1991	14 µg/g	< 50 µg/g	2400 µg/g
Elorn	Pont Ar Bled	1992	8 µg/g	< 50 µg/g	1600 µg/g

**Tableau 4 : données sur les bryophytes (Mouvet, 1992, 1993)**

Ces résultats confirment l'existence d'une contamination métallique aux points concernés. Cette contamination a été reconnue dans l'analyse des eaux, sans toutefois franchir le seuil de potabilité. Pour être interprétables par rapport à l'origine de cette contamination, les mesures sur bryophytes devraient être effectuées en plusieurs points des cours d'eau concernés, en amont et en aval des sources potentielles.

## 1.5.DONNEES SUR LES ACTIVITES HUMAINES POTENTIELLEMENT POLLUANTES

La présente phase se limitant à une étude documentaire, il n'a été examiné que le seul recueil objectif d'informations disponible sur le bassin versant de la rade, à savoir l'inventaire des IHR du département du Finistère, en cours d'achèvement par le BRGM.

Dans le guide « Gestion des sites (potentiellement) pollués » (version I, annexe 3, ed. BRGM, 1997), les activités industrielles, agricoles et urbaines sont classées en fonction des différents polluants qu'elles sont susceptibles d'émettre. Le polluant retenu ici est le plomb.

Certaines activités sont identifiées comme susceptibles d'être polluantes en plomb, d'après une étude de référence. On les désigne ici comme « activité d'un type connu comme pouvant éventuellement polluer en plomb ».

Dans l'inventaire des IHR, les différentes activités historiques ou actuelles sont inventoriées par commune et par type. Aucun élément objectif ne nous autorise, sans étude complémentaires, à les hiérarchiser. La présente étude se limite donc à reporter le nombre d'activités « d'un type connu comme pouvant éventuellement polluer en plomb » et le nombre d'activités « d'un type connu comme susceptible de polluer en plomb » ayant fonctionné sur le territoire de chaque commune. Les résultats sont représentés sur la planche 4 sous forme de classes de nombres d'activités. Cette approche présente l'inconvénient de donner la même importance à des activités de faible ou grande importance, plus ou moins polluantes. Seule l'étude de terrain (phase 2) permettra d'affiner cette approche.

*Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant  
de la Rade de Brest*

Sur la planche 4, les communes présentant le plus grand nombre d'activités apparaissent en teinte vive, celles présentant un petit nombre d'activités en teinte pastel et celles où aucune activité n'a été identifiée lors de l'inventaire IHR apparaissent en blanc.

On note que la partie la plus orientale du bassin versant se trouve sur le département des Côtes d'Armor, pour lequel l'inventaire des IHR n'a pas été effectué.

## **2. Premier bilan sur ces données**

Plusieurs zones contenant des sources de métaux lourds sont identifiées dans le bassin versant de la rade de Brest, à partir des seules données des points de prélèvements hydrogéochimiques disponibles.

**Aucune des sources présentes dans ces zones ne donne lieu à une pollution affectant la potabilité des eaux de surface. La composition de l'ensemble des eaux analysées est conforme avec une utilisation après traitement minéral pour la consommation humaine, et la plupart des eaux est conforme avec une utilisation sans traitement.**

Toutefois, la présence de concentrations de métaux lourds, et notamment plomb-zinc, est confirmée en plusieurs points du cours de l'Elorn et de l'Aulne, que ce soit par les analyses d'eau ou de bryophytes.

Ces données restent incomplètes : on dispose de données relatives à l'Elorn et à l'Aulne, mais pas pour tous les petits cours d'eau côtiers ni pour les rejets directs à la rade (eaux usées ou stations d'épuration des communes littorales, activités industrielles côtières).

Les contaminations en plomb-zinc enregistrées sur le bassin de l'Elorn sont plus faibles que celles de l'Aulne, et plus accidentelles. La plus grande partie des contaminations de l'Aulne correspond à son cours inférieur, en aval de Châteaulin. Les deux points les plus aval étant accessibles à la marée, il n'est pas rigoureusement démontré que la source de ces contaminations se trouve dans les eaux de surface. En amont, il existe un contenu faible mais notable de métaux jusqu'au confluent de l'Hyères. Les prélèvements effectués plus haut sur l'Hyères (Stanger Carhaix) et l'Aulne (Huelgoat) présentent un contenu en Pb-Zn faible ou non mesurable.

Pour situer ces valeurs dans l'absolu, elles ont été rapportées aux données disponibles sur les débits des cours d'eau, extraites de la base de données nationale pour l'hydrométrie et l'hydrologie (Ministère de l'Environnement)

Bien qu'aucun point de mesure de débit ne corresponde exactement à un point d'analyse, il a été tenté à titre indicatif de multiplier les médianes des teneurs en métaux et les débits, pour avoir un ordre de grandeur des flux de métaux (tableau 5).

Pour faire un bilan métaux pertinent, il manque des données de débit sur les parties aval de l'Aulne, ainsi que des analyses sur la Douffine et la Mignonne.

On se limitera à observer :

- pour l'Elorn, que le flux de métaux s'accroît à l'aval, avec la traversée des zones plus urbanisées, reflétant des apports progressifs de métaux au cours de la descente, et
- pour l'Aulne, que ce flux ne s'accroît pas dans le secteur de Châteauneuf du Faou (de Landeleau vers Pont Pol Ty Glas), où il aurait plutôt tendance à diminuer.

Site	Rivière	Débit médian	Analyse	Pb voisin	Pb/an	Zn voisin	Zn/an
KERFORNEDIC COMMANA	L' ELORN	0.06 m3/s					
LE DRENNEC SIZUN	L' ELORN	0.36 m3/s	Goasmoal	0.8 µg/l	9 kg/an	13.0 µg/l	148 kg/an
PLOUDIRY (KERFAVEN)	L' ELORN	1.30 m3/s	Penguilly	1.2 µg/l	49 kg/an	19.0 µg/l	779 kg/an
PONT AR BLED PLOUEDERN	L' ELORN	1.60 m3/s	Pont Ar Bled	1.5 µg/l	76 kg/an	22.0 µg/l	1110 kg/an
PONT MEL IRVILLAC	LA MIGNONNE	0.26 m3/s	Non connu				
SAINT-HERNIN	L' HYERES	0.74 m3/s	Stanger Carhaix	1.0 µg/l	23 kg/an	5.0 µg/l	117 kg/an
LE GOASK EN SCRIGNAC	L' AULNE	0.17 m3/s	Non connu				
LANDELEAU (PONT TRIFFEN)	L' AULNE	2.40 m3/s	Moulin Neuf Stanger	10.0 µg/l	757 kg/an	25.0 µg/l	1892 kg/an
PT POL TY GLASS	L' AULNE	2.30 m3/s	Bizernic	6.0 µg/l	435 kg/an	5.0 µg/l	363 kg/an
PONT COBLANT	L' AULNE	Non connu					
KERBRIANT EN SAINT SEGAL	LA DOUFFINE	0.43 m3/s	Non connu				

**Tableau 5: débits des cours d'eau et évaluation des transports de métaux**

### 3. Données à acquérir et stratégie d'étude

#### 3.1. DONNEES A ACQUERIR

Pour quantifier les flux de métaux correspondants dans les cours d'eau, il serait nécessaire de disposer des débits des cours d'eau au voisinage des points de prélèvement.

Le transport de métaux dans les cours d'eau peut s'effectuer sous plusieurs formes :

- En solution,
- En suspension stable (colloïdes, etc)
- Sous forme solide (particules transportées à plus ou moins longue distance).

Les données hydrogéochimiques, obtenues sur eau non filtrée, couvrent les deux premières formes de transport. La troisième ne peut être abordée que par l'analyse des sédiments fluviaux.

Pour connaître l'évolution des activités polluantes au cours du temps, il n'est pas possible de remonter à la composition des eaux avant 1991. Par contre, les sédiments présents dans le cours des rivières ont enregistré les dépôts antérieurs. Pour déterminer plus précisément la nature, l'amplitude et l'origine des apports en métaux, il est proposé d'acquérir des données sur le contenu en métaux des sédiments fluviaux aux points clés des deux bassins.

*Un profil sédimentaire se compose de fines couches successives laissées par les dépôts de particules en suspension. Il peut être continu (des plus récentes, superficielles, aux plus anciennes, profondes) et/ou tronqué, lorsque des phases d'érosion arrachent des sédiments au fond de la rivière. Ces phases d'érosion amènent un transport de solides vers l'aval, y compris les éventuels dépôts métallifères.*

### **3.2. STRATEGIE D'ETUDE**

Pour analyser les sédiments avec une perspective historique, il est envisagé de réaliser les prélèvements par microcarottage, et d'analyser les sédiments à plusieurs profondeurs. L'eau de surface sera recueillie et analysée au point de prélèvement. Les échantillons seront filtrés.

Les points de prélèvement envisagés se situent aux principaux nœuds du réseau hydrographique, de part et d'autre des émissaires des sources potentielles de métaux. On envisage ainsi de recueillir des sédiments et des eaux aux points suivants :

- Sur la Penfeld, en aval de Kerleguer,
- Sur la rivière de Kerhuon, en aval de Guipavas,
- Sur l'Elorn, en aval de Pont Ar Bled,
- Sur la Doufine, en amont et aval de Pont de Buis,
- Sur l'Aulne, en aval de Châteaulin, bien que l'influence marine doive y être prise en compte,
- Sur l'Aulne, en amont de Châteaulin (Pont Coblant ou Pont-Pol Ty Glas),
- Sur l'Aulne, en amont de Châteauneuf du Faou (Bizernic),
- Sur l'Aulne, en aval et en amont du confluent avec l'Hyères (Spézet et Landeleau),
- Sur l'Hyères, en aval de Carhaix (St Hernin).

On peut envisager si nécessaire en complément un point sur la Mignonne en aval d'Irvillac. Les prélèvements d'eau devront accompagner aussi étroitement que possible les mesures de débit à réaliser.

L'examen des prélèvements et une analyse multiélémentaire d'orientation permettront de sélectionner les échantillons (lieu et cote) devant faire l'objet d'analyses approfondies. L'identification des sources de métaux s'appuiera particulièrement sur la reconnaissance des signatures élémentaires au sein des eaux et des sédiments, ainsi que sur les signatures isotopiques, si les sources industrielles peuvent être distinguées des sources minières.

## **Références**

Chauris L et Marcoux E. (1994) - Metallogeny of the Armorican Massif. - J.D. Keppie (Ed.) : Pre-Mesozoic geology in France and Related Areas - Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Mouvet, C. (1992) – Etude des métaux lourds sur les mousses aquatiques. Campagne 1991. Agence de l'Eau Loire Bretagne, R 35614 BRGM, 47 p.

Mouvet, C. (1993) – Etude des métaux lourds sur les mousses aquatiques. Campagne 1992. Agence de l'Eau Loire Bretagne, R 37733 BRGM, 39 p.

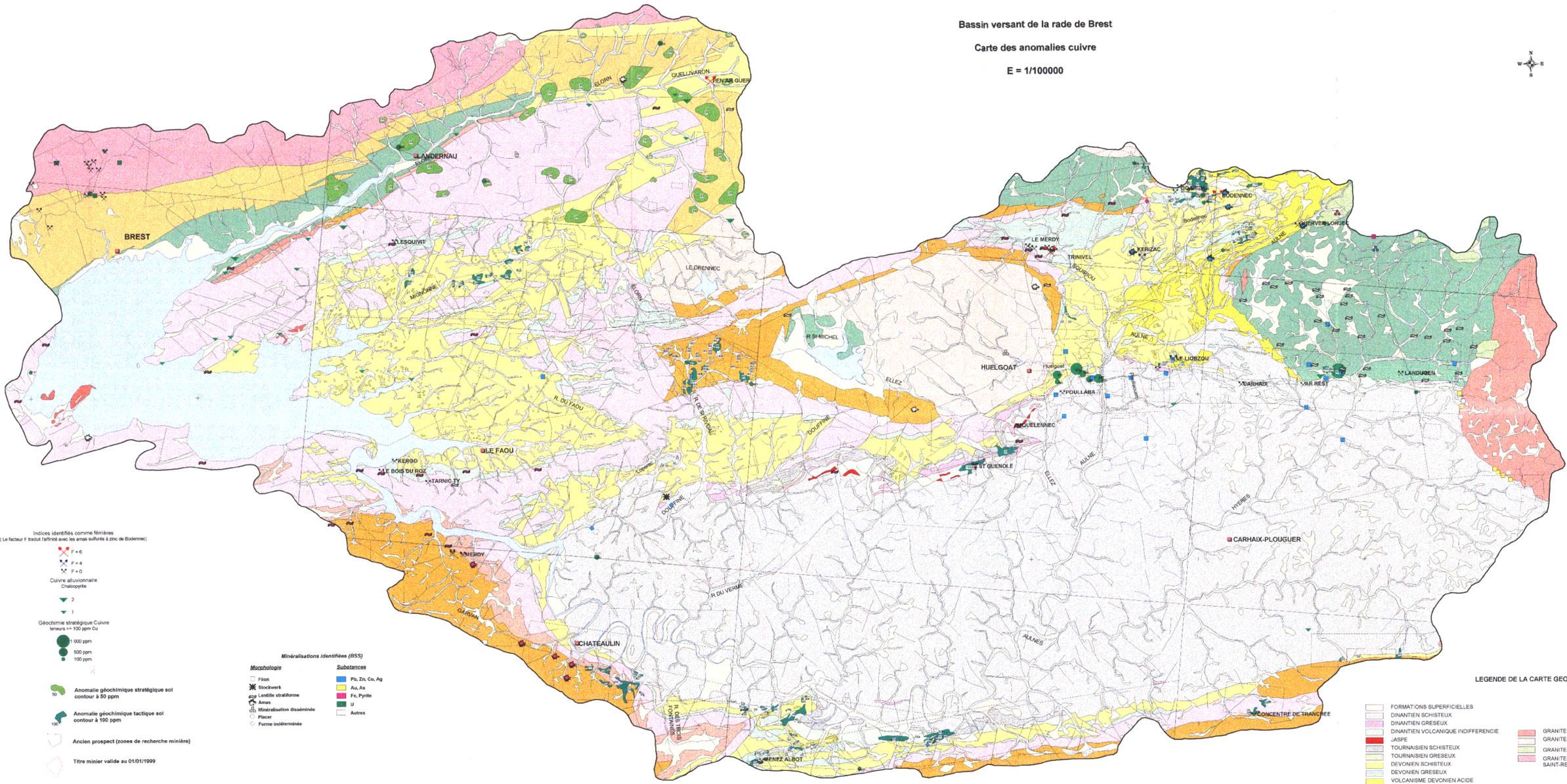
Troadec, P. et Le Goff, R. (coordonnateurs), et al. (1997) – Etat des lieux et des milieux de la Rade de Brest et de son bassin versant. Phase préliminaire du Contrat de Baie de la Rade de Brest. Edition Communauté Urbaine de Brest, 335 p., 88 cartes.

**BRGM**  
**Service Géologique Régional de Bretagne**  
4 rue du Bignon – 35000 RENNES  
Tél. 02.99.86.00.30.- Fax. 02.99.86.00.18.

Bassin versant de la rade de Brest

Carte des anomalies cuivre

E = 1/100000



Indices identifiés comme témoins  
(Le facteur F traduit l'effet des anomalies sulfatées à pros de Brest)

- F = 6
- F = 4
- F = 0

Cuivre alluvionnaire  
Chalcopryte

- 2
- 1

Géochimie stratégique Cuivre  
teneurs >= 100 ppm Cu

- 1000 ppm
- 500 ppm
- 100 ppm

Anomalie géochimique stratégique sol  
contour à 50 ppm

Anomalie géochimique tactique sol  
contour à 100 ppm

Ancien prospect (zones de recherche minière)

Titre minier valide au 01/01/1999

Minéralisations identifiées (BSS)

Morphologie

Substations

Feon

Pb, Zn, Cu, Ag

Stockwerk

Au, As

Lentille stratiforme

Fe, Pyrite

Amas

U

Minéralisation disséminée

Autres

Pincer

Forme indéterminée

BRGM  
SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL  
DE BRETAGNE  
4, rue du Bignon 35000 RENNES  
Tél. 99 66 10 30 - Fax 99 86 00 18

LEGENDE DE LA CARTE GEOLOGIQUE

- FORMATIONS SUPERFICIELLES
- DINANTIEN SCHISTEUX
- DINANTIEN GREBEUX
- DINANTIEN VOLCANIQUE INDIFFERENCIE
- JASPE
- TOURNAISIE SCHISTEUX
- TOURNAISIE GREBEUX
- DEVONNIEN SCHISTEUX
- DEVONNIEN GREBEUX
- VOLCANISME DEVONNIEN ACIDE
- VOLCANISME DEVONNIEN BASIQUE
- SILURO-DEVONNIEN
- SILURIEN
- ORDOVICIEN
- ORTHOIGNEISS CAMBRO-ORDOVICIENS
- BRICQVIERIEN
- GRANITE CARBONIFERE
- GRANITE BRETON
- GRANITES BRIOVIERIENS
- GRANITES DE SAINT-REMAN-KERSANT

90000 100000 110000 120000 130000 140000 150000 160000 170000 180000

1110000

1110000

1100000

1100000

1090000

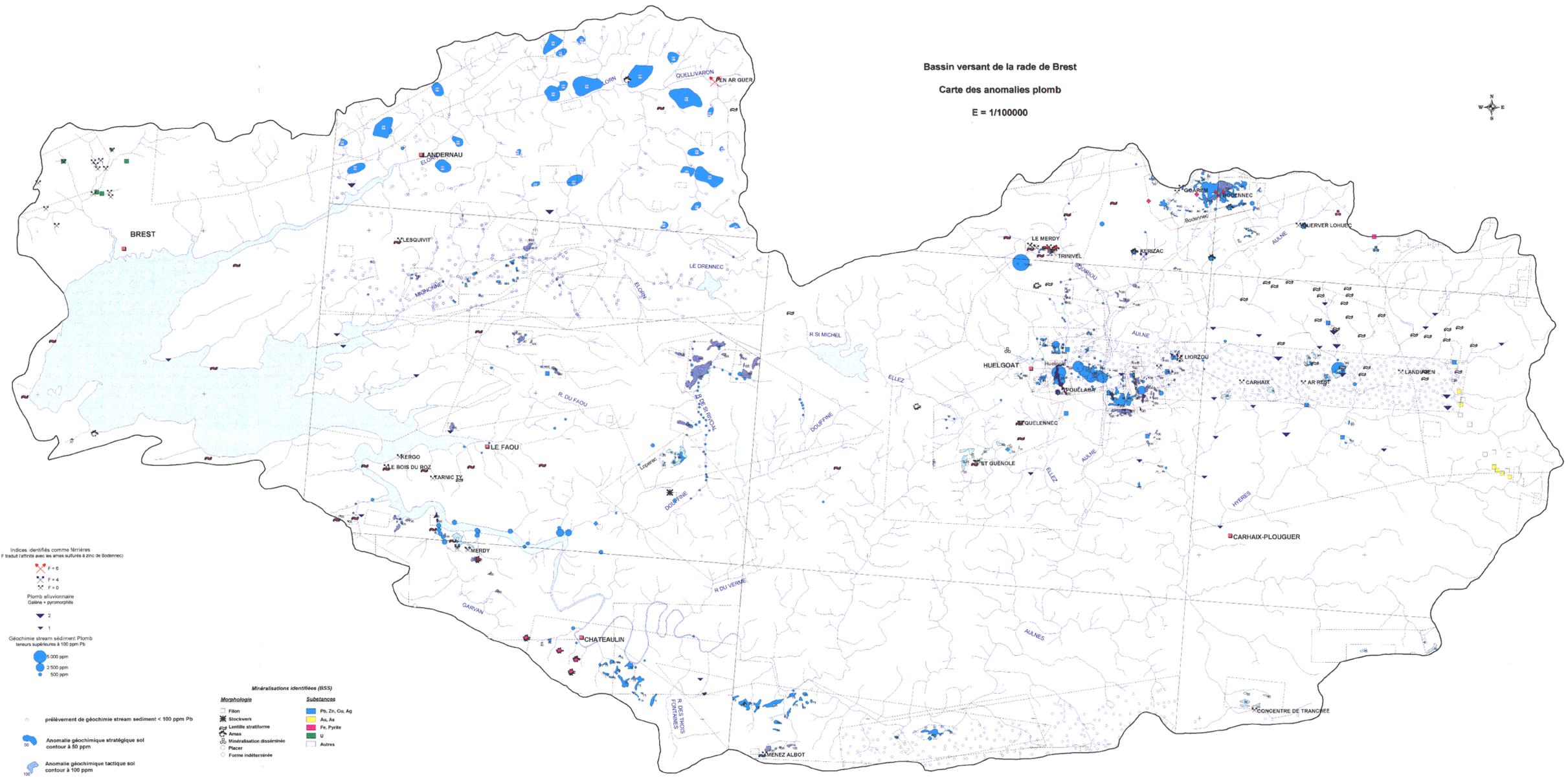
1090000

1080000

1080000

1070000

1070000



Bassin versant de la rade de Brest  
Carte des anomalies plomb  
E = 1/100000



- Indices identifiés comme ferrifères (Le facteur F traduit l'atténuation avec les anas sulfures à zinc de Bodennec)
  - F = 6
  - F = 4
  - F = 0
- Plomb alluvionnaire (Caltre + anémopelte)
  - 2
  - 1
- Géochimie stream sédiment: Plomb (teneurs supérieures à 100 ppm Pb)
  - 5000 ppm
  - 2500 ppm
  - 500 ppm
- prélèvement de géochimie stream sédiment < 100 ppm Pb
- Anomalie géochimique stratégique sol (contour à 50 ppm)
- Anomalie géochimique tactique sol (contour à 100 ppm)
- Ancien prospect (zone de recherche minière)
- Titre minier valide au 01/01/1999

- Minéralisations identifiées (BSS)
- | Morphologie               | Substances     |
|---------------------------|----------------|
| Filon                     | Pb, Zn, Cu, Ag |
| Stockwork                 | Au, As         |
| Lentille stratiforme      | Pb, Pyrite     |
| Anas                      | U              |
| Minéralisation disséminée |                |
| Piacer                    |                |
| Forme indéterminée        |                |

Bassin versant de la rade de Brest

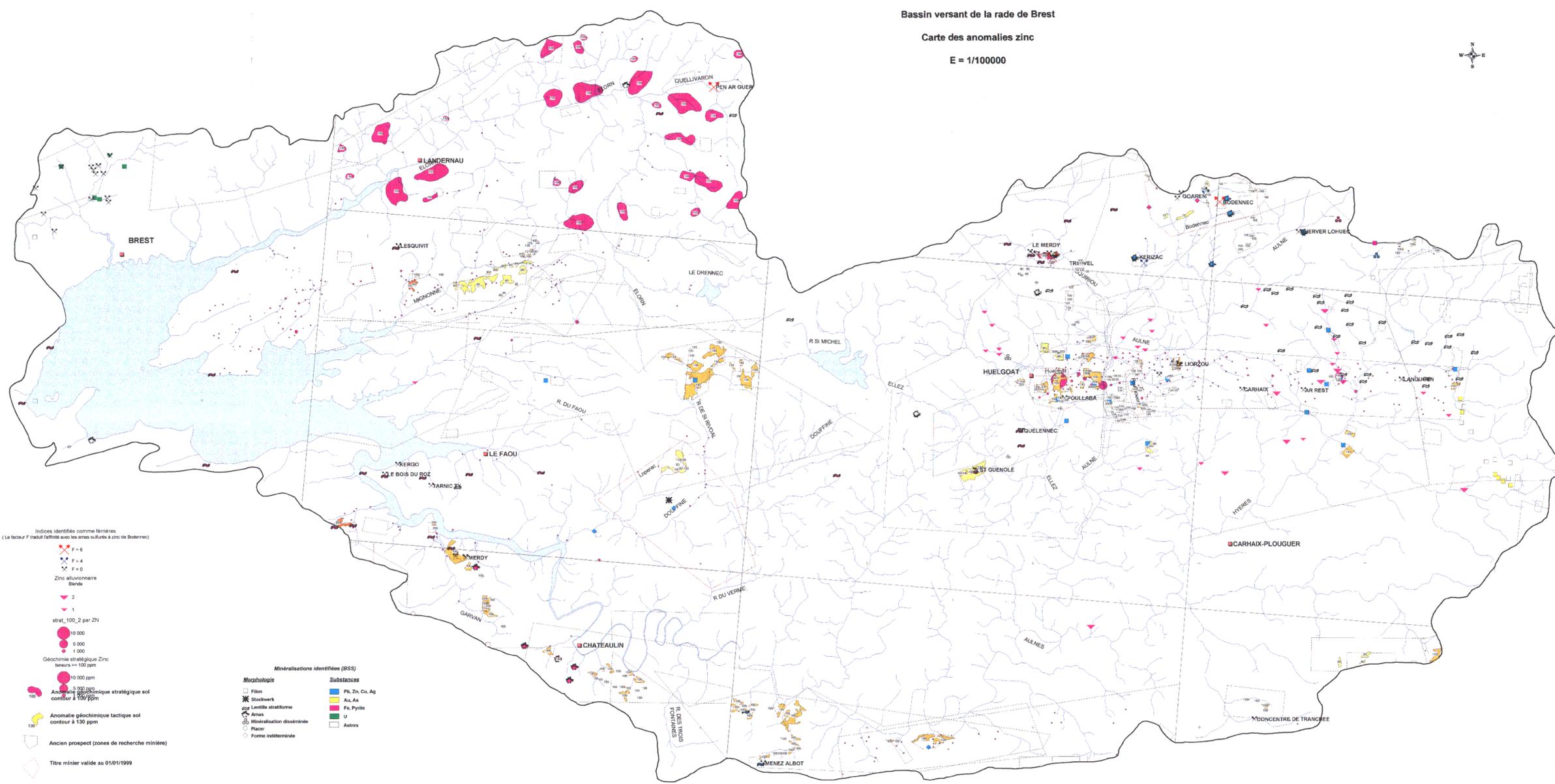
Carte des anomalies zinc

E = 1/100000



1110000  
1100000  
1090000  
1080000  
1070000

1110000  
1100000  
1090000  
1080000  
1070000



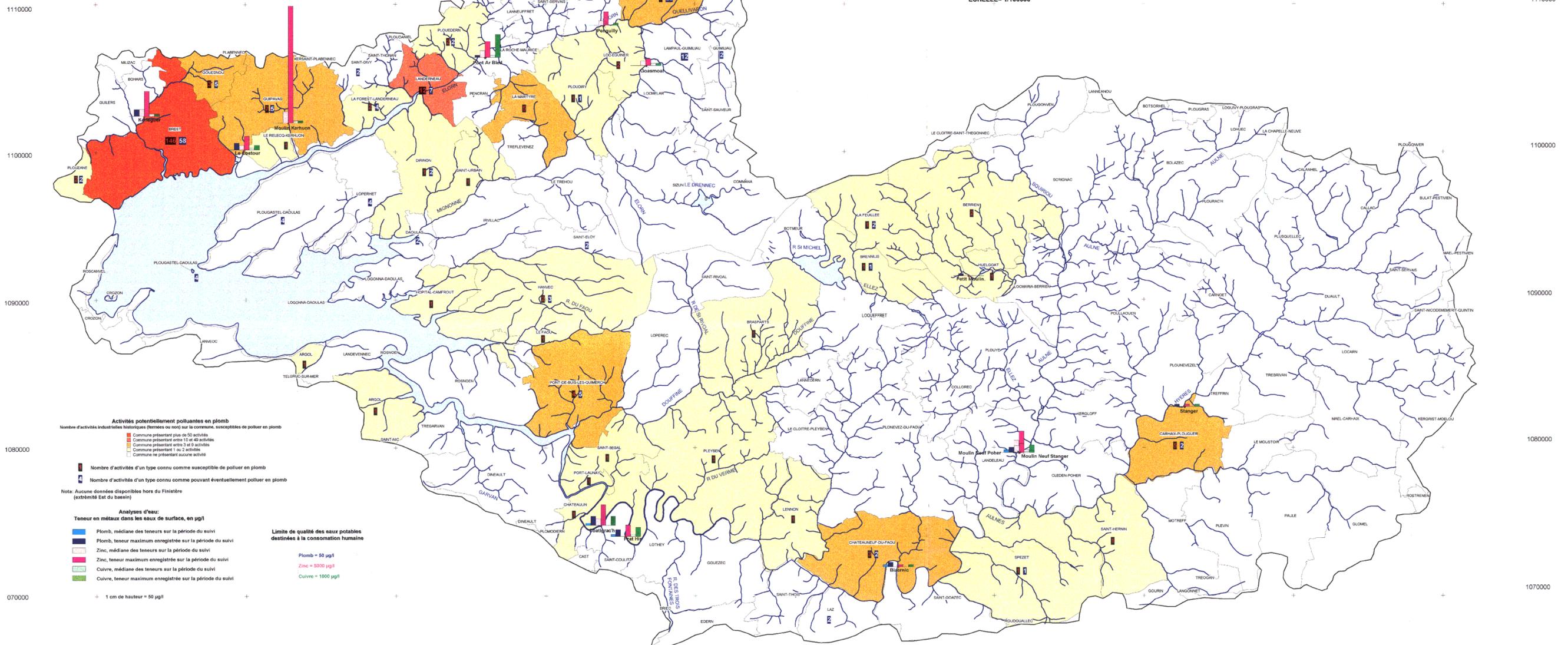
- Indices identifiés comme fermiers  
(Le facteur F traduit l'effort avec les années sulfatés à zinc de Bodennec)
- F = 6
  - F = 4
  - F = 0
- Zinc alluvionnaire  
Blende
- 2
  - 1
- strat\_100\_2 par ZN
- 10 000
  - 5 000
  - 1 000
- Géochimie stratégique Zinc  
teneurs >= 100 ppm
- 10 000 ppm
  - 5 000 ppm
- Anomalie géochimique stratégique sol  
contour à 100 ppm
- 100
  - 130
- Anomalie géochimique tactique sol  
contour à 130 ppm
- Ancien prospect (zones de recherche minière)
- Titre minier valide au 01/01/1999

- Minéralisations identifiées (BSS)
- Morphologie
- Filon
  - Stockwerk
  - Lentille stratiforme
  - Arauc
  - Minéralisation disséminée
  - Placer
  - Forme indéterminée
- Substances
- Pb, Zn, Cu, Ag
  - As, Au
  - Fe, Pyrite
  - U
  - Autres

BRGM  
SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL  
DE BRETAGNE  
4, rue du Signon - 35000 RENNES  
Tél. 09 98 00 30 - Fax 02 99 00 18

90000 100000 110000 120000 130000 140000 150000 160000 170000 180000

**BASSIN VERSANT DE LA RADE DE BREST**  
**DONNÉES GÉOCHIMIQUES SUR LA QUALITÉ DES EAUX DE SURFACE ET**  
**REPARTITION DES ACTIVITÉS POTENTIELLEMENT POLLUANTES EN PLOMB PAR COMMUNE.**  
 ECHELLE= 1/100000



BRGM  
 SERVICE GÉOLOGIQUE REGIONAL  
 DE BRETAGNE  
 4, rue du Bignon - 85000 RENNES  
 Tél. 02 98 00 30 - Fax 02 98 00 18

90000 100000 110000 120000 130000 140000 150000 160000 170000 180000