



18697 RM

Agence de l'eau
Rhin-Meuse

agence de l'eau rhin-meuse

Etude des sources de pollution métallique sur le cours d'eau de l'Andlau



Etude des sources de pollution métallique sur le cours d'eau de l'Andlau

Etude réalisée pour le compte de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse

Auteur: Centre d'Analyses et de Recherches

Département Hydrologie et Environnement

76, route du Rhin

67400 ILLKIRCH

Editeur: Agence de l'eau Rhin-Meuse

Juillet 1995

125 francs

30 exemplaires

© 1995 - Agence de l'eau Rhin-Meuse

Tous droits réservés



S O M M A I R E

page:

PROBLEMATIQUE	5
OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	6
LES GRANDES LIGNES DE LA DEMARCHE ADOPTÉE	6
I. PREMIÈRE PARTIE	8
1. LE DEGRÉ DE CONTAMINATION METALLIQUE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE L'ANDILAU	9
1.1. INFORMATIONS RECUEILLIES AUPRES DE LA DIRE ET DE LA DIREN CONCERNANT LES SOURCES DE POLLUTION METALLIQUE CONNUES	9
1.1.1. Au niveau de l'Andlau	9
1.1.2. Au niveau des affluents de l'Andlau	12
1.1.2.a. La Kimeck	12
1.1.2.b. Le Dachtstach	13
1.1.2.c. La Scheer et la Scheer Neuve	13
1.2. RESULTATS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENT DE SEDIMENTS ET DE BRYOPHYTES AQUATIQUES REALISEES PAR L'AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE (198~1993)	13
2. LA ZONE D'ÉTUDE	17
2.1. CONTEXTE LITHOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	17

3. METHODES D'INTERPRETATION DES RESULTATS	20
3.1. DEFINITION DE LA NOTION DE FACTEUR DE POLLUTION	20
3.2. DEFINITION DE LA NOTION DE FACTEUR DE CONTAMINATION	22
3.3. DEFINITION DE LA NOTION DE FACTEUR DE CONTAMI- NATION PAR SECTEUR GEOCHIMIQUE	23
3.4. IMPACT DES METAUX LOURDS SUR DES SYSTEMES AQUATIQUES	24
II. DEUXIEME PARTIE	25
4. LE DEGRE DE POLLUTION PAR LES METAUX LOURDS REVELE A L'AIDE DES SEDIMENTS	26
4.1. METAUX LOURDS ET SEDIMENTS	26
4.2. LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT DES SEDIMENTS	26
5. RESULTATS ET DISCUSSION	36
5.1. LE DEGRE DE POLLUTION ACTUEL DE L'ANDLAU	37
5.1.1. La pollution par le cuivre et par le nickel	37
5.1.2. La pollution par le chrome	39
5.1.3. La pollution par le mercure	41
5.2. LE DEGRE DE POLLUTION ACTUELLE DE LA KIRNECK	42
5.2.1. La pollution par le chrome	42
5.2.2. La pollution par le mercure,	42
CONCLUSION	44

III. TROISIEME PARTIE 45

6. LE DEGRE DE POLLUTION PAR LES METAUX LOURDS REVELE PAR LES BRYOPHYTES 46!

6.1. LA METHODE DES MOUSSES AQUATIQUES 47

7. RESULTATS ET DISCUSSION 48

7.1. LE DEGRE DE POLLUTION ACTUEL DE L'ANDIAU 55

7.1.1. La pollution par le cuivre et par le **nickel** 55

7.1.2. La pollution par le chrome 57

7.1.3. La pollution par le mercure 59

7.2. LE DEGRE DE POLLUTION ACTUELLE DE LA KIRNECK 59

7.2.1. La pollution par le chrome 59

7.2.2. La pollution par le mercure, le plomb et le zinc 61

CONCLUSION GENERALE 63

BIBLIOGRAPHIE 70

ANNEXES 73

PROBLEMATIQUE

L'ANDLAU est une rivière qui a subi d'importantes pollutions par des éléments métalliques en recevant les rejets de tanneries et d'ateliers de traitement de surface ainsi que des apports par son affluent, la KIRNECK présentant le même type de contamination.

Les sources de pollution du bassin de l'Andlau sont regroupées pour l'essentiel au niveau des agglomérations d'ANDLAU-EICHHOFFEN et de BARR ainsi qu'au niveau de FEGERSHEIM (LANDRAGIN 1988). Malgré le raccordement des installations classées à la station d'épuration du SIVOM du coin de BARR ou à la station d'épuration de FEGERSHEIM, les pollutions "historiques" par des métaux lourds (surtout Cr, Cu, Ni) persistent dans les rivières. Fixés en grande partie au niveau des sédiments. Ces éléments représentent toujours un risque de contamination pour l'eau et pour les organismes vivants de la rivière.

Dans une rivière, l'évolution spatio-temporelle d'une contamination par des métaux lourds est influencée par différents facteurs:

- leur fixation au niveau des sédiments
- leur persistance dans les cycles bio-géochimiques du milieu naturel (intégration des métaux lourds dans des cycles),,
- les processus d'adsorption (fixation) / désorption (relargage) à l'interface sédiment - eau,
- le déplacement amont - aval des sédiments contaminés, lors des crues (remise en suspension en amont, dépôt dans des secteurs situés à l'aval), impliquant le déplacement d'un (ou des) pi(c)s de pollution.

OBJECTIFS DE L'ETUDE

Ce travail visait à :

- collecter **auprès** des administrations **compétentes** (DRIRE, DIREN, Agence de l'eau Rhin-Meuse) et regrouper des **données** existantes sur les sources de pollution connues, les installations **classées** du bassin de l'**ANDLAU**.

☞ **dégager** une vue d'ensemble du **degré** de contamination des **rivières** par les **métaux** lourds **à l'échelle** du bassin versant.

☛ **vérifier** ou infirmer l'existence de pollutions chroniques **et/ou** ponctuelles des cours d'eau du bassin de l'**ANDLAU**.

LES GRANDES LIGNES DE LA DEMARCHE ADOPTEE

Il s'agissait tout d'abord de recueillir des informations sur les sources de pollution par des **métaux** lourds connues **auprès** de l'administration (DRIRE, DIREN, Agence de l'eau Rhin-Meuse). Ces **données** devaient permettre de définir l'emplacement des points de **prélèvement**, dans un premier temps pour des **sédiments et**, dans un **deuxième** temps pour les bryophytes aquatiques; en fonction des sources de pollutions **recensées**.

Afin de disposer d'une vue d'ensemble des pollutions historiques **et/** ou **récentes** du bassin de l'**ANDLAU**, des **prélèvements** de **sédiments** ont été effectués en fonction des **critères** suivants:

▫ l'utilisation de stations de **référence** reflétant le bruit de fond naturel pour les secteurs **géochimiques** du bassin.

▫ la localisation des points de **prélèvement** en fonction des sources de pollution connues (tronçon de **rivière** amont et tronçon aval de **la source de pollution**).

- le **degré de** la pollution globale **des cours d'eau du bassin de l'ANDLAU** **révélé** par les teneurs en **métaux** lourds des **échantillons** de **sédiments** **prélevés** au niveau du cours aval de chaque **rivière**.

Sur-la base des **résultats** obtenus à l'aide des **sédiments**, des points de **prélèvement** des bryophytes aquatiques ont **été sélectionnés**. Des dosages de **métaux** lourds sur des mousses aquatiques **permettant ensuite d'apprécier** la **proportion** biodisponible des **éléments recherchés**, ainsi **que** le passage **éventuel** de pics de pollution **récents**.

Première partie:

**ETAT DES "CONNAISSANCES SUR
LA CONTAMINATION METALLIQUE
DE L'ANDIAU ET DE LA KIRNECK**

INFORMATIONS RECUEILLIES AUPRES DE LA

DRIRE ET DE LA DIREN

1. LE DEGRE DE CONTAMINATION METALLIQUE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE L'ANDLAU

1.1. INFORMATIONS RECUEILLIES AUPRES DE LA DRIRE ET DE LA DIREN CONCERNANT LES SOURCES DE POLLUTION METALLIQUE CONNUES

Selon la **législation** actuellement en vigueur (loi du 19 **décembre** 1917 **modifiée** par la loi du 19 juillet 1976) relative aux **Établissements** dangereux, insalubres ou incommodes", nous disposons des informations suivantes sur les sources de pollution du bassin de **L'ANDLAU** obtenues **auprès** de l'administration (DRIRE, Direction **Régionale** pour l'Industrie et la **REcherche** d'Alsace; DIREN, Direction **Régionale** pour l'**ENvironnement**).

Les entreprises **concernées** par cette **législation** comprennent des tanneries, des usines de traitement de surface, **d'émaillerie** et des ateliers de peinture utilisant des **procédés de décapage** acide de cuves en aluminium avant la peinture.

Pour **L'ANDLAU** et ses affluents, ces types d'entreprises peuvent **représenter** des sources de contaminations avec les **éléments métalliques** suivants: Cr, Cu, Ni, Cd, Zn, Sn et Al.

1.1.1. AU NIVEAU DE L'ANDLAU

STOKO FRANCE : ANDLAU - EICHHOFFEN

Cette entreprise de traitements de surface, **installée** depuis le **début** des **années soixante-dix** à ANDLAU (auparavant, elle **était installée** à BARR), produit des eaux **résiduaires** contenant du Cu, du Ni, du **Zn** et du Sn.

En 1972, l'entreprise avait obtenu l'autorisation de **déposer** des boues de sa station **d'épuration** à la **décharge** publique **d'ANDLAU**. Selon une **étude** (IRH), ces **dépôts ne présenteraient** pas de risque de contamination **à condition** que le pH des pluies ne **soit pas inférieur** à pH 4. **A** l'heure actuelle, les boues de cette station **d'épuration** vont en **décharge** de **classe 1 (JEANLAINCOURT)**.

Il faut rappeler ici que des dépôts de boues **contaminés** représentent dans tous les cas un risque de contamination des eaux de surface **et/ou** souterraines, au moins **à** long termes. Le risque est dû au lessivage **et/ou à l'érosion** menant **à** la dispersion des **éléments** toxiques dans le milieu naturel.

L'**évolution** des **teneurs métalliques** des eaux **usées** de STOCK0 FRANCE au cours de ces **années**, au niveau du **décanneur**, est **illustrée** par le tableau 1. Les eaux résiduaires au niveau du **décanneur** de la station **d'épuration** de **l'entreprise**, malgré leur dilution **préalable**, contenaient souvent des **concentrations en métaux totaux supérieures à 15 mg/l**, valeur limite fixée par la loi du 19 juillet 1976.

La société STOCK0 FRANCE a **récemment** investi dans un traitement tertiaire permettant de pallier aux dysfonctionnements de la station **d'épuration**.

TABLEAU 1:
TENEURS EN METAUX **LOURDS** DES EAUX RESIDUAIRES DE
STOCK0 FRANCE AND LAU :

Date ou période de prélèvement:	Cu mg/l (← 100)	Fe mg/l (⇒ 100)	Ni mg/l (⇒ 100)	Zn mg/l (⇒ 100)	Sn mg/l (⇒ 100)	pH
11/01/80	1.3	0	8	0	-	↓
16/09/80	6.5	1.3	6	0.3	↓	↓
29,30/07/87	7.9	0.8	7.6	0.3	2.8	7.7
15/09/88	4.2	0.7	3.8	0.7	6.3	6.7
14,15/09/89	3.5	0.1	4.9	0.13	2.2	↓
moy. 02/91*	55.5 (5.8)	-	57.2 (6.0)	-	-	-
moy. 02/91** P	3.7 (0.4)	-	5.9 (0.63)	-	-	-
moy. 06/91**	1.8 (0.14)	-	2.2 (0.17)	-	-	-
23/03/94**	2.8 (0.18)	2.3 (0.15)	3.3 (0.22)	0.1 (0.01)	2.6 (0.17)	8.8
30/06/94* (de 8h à 12h)	7.2	2.9	6.1	0.2	3.2	8.7
11/12/94	5.1	2.9	1.5	0.05	0.5	8.5

* entrée station d'épuration

** rejet dans le milieu naturel (sortie station)

Il faut rappeler ici que des **dépôts** de boues **contaminées** **représentent** dans tous les cas un risque de contamination des eaux de surface **et/ou** souterraines, au moins **à long termes**. Le risque est dû au lessivage **et/ou à l'érosion** menant **à la dispersion des éléments** toxiques dans le milieu naturel.

L'**évolution** des **teneurs métalliques** des eaux **usées** de STOCK0 FRANCE au cours de ces **années**, au niveau du **décajeteur**, est **illustrée** par le tableau 1. Les eaux résiduaires au niveau du **décajeteur** de la station **d'épuration de l'entreprise**, malgré leur dilution **préalable**, contenaient souvent des **concentrations en métaux totaux supérieures à 15 mg/l**, valeur limite fixée par la loi du 19 juillet 1976.

La société STOCK0 FRANCE a **réemment** investi dans un traitement tertiaire permettant de pallier aux dysfonctionnements de la station **d'épuration**.

TABLEAU 1:
TENEURS EN METAUX LOURDS DES EAUX RESIDUAIRES DE
STOCK0 FRANCE A ANDLAU

Date ou période de prélèvement:	Cu mg/l (=> 10/l)	Fe mg/l (=> 10/l)	Ni mg/l (=> 10/l)	Zn mg/l (=> 10/l)	Sn mg/l (=> 10/l)	pH
11/01/80	1.3	0	8	0	-	11
16/09/80	6.5	1.3	6	0.3	6	6
29,30/07/87	7.9	0.8	7.6	0.3	2.8	7.7
15/09/88	4.2	0.7	3.8	0.7	6.3	6.7
14,15/09/89	3.5	0.1	4.9	0.13	2.2	11
moy. 02/91*	55.5 (5.8)	-	57.2 (6.0)	11	-	-
moy. 02/91**	3.7 (0.4)	-	5.9 (0.63)	11	-	-
moy. 06/91.*	1.8 (0.14)	-	2.2 (0.17)	11	.	.
23/03/94***	2.8 (0.18)	2.3 (0.15)	3.3 (0.22)	0.1 (0.01)	26 (0.17)	8.8
30/06/94† (de 8h à 12h)	7.2	2.9	6.1	0.2	3.2	8.7
11/12/94	5.1	2.9	1.5	0.05	0.5	8.5

ent de station d'épuration
* * rejet dans le milieu naturel (sortie station)

† NOUVELLES TANNERIES HAAS & ANDLAU - EICHHOFFEN

Installées depuis 1974 à ANDLAU - EICHHOFFEN, les rejets de ces tanneries contenaient surtout du Cr et ont provoqué des pollutions importantes chroniques et ponctuelles (par exemple dans les années cinquante) de l'ANDLAU.

Depuis le début des années quatre-vingt, cette tannerie est raccordée à la station d'épuration du SIVOM. De plus, un nouveau procédé de tannage et de retannage a été adopté par l'entreprise. En 1982, les concentrations des rejets en Cr avaient diminué de plus de 95 % par rapport aux concentrations rencontrées dans les années soixante-dix.

Le flux moyen de la pollution produite par l'entreprise est, selon les résultats de 3 bilans établis par l'IRH (Rapport 1988), de 3,3 kg Cr/j et dépasse les charges limites autorisées fixées à 3,0 kg Cr/j.

• PAIN à LIPSHEIM

Cette entreprise d'émaillerie de fourneaux est raccordée à la station d'épuration de FEGERSHEIM et peut constituer une source de rejets métalliques.

TABLEAU 2: TENEURS EN METAUX LOURDS DES EAUX RESIDUAIRES DE PAIN A LIPSHEIM (sortie de station)

Date du prélèvement	Fe mg/l (=>Vg/l)	Zn mg/l (=>Vg/l)	Ni mg/l (=>Vg/l)	pH
01/02/94 (de l'Etat)	15300 (0.12)	0.15 (0.001)	0.4 (0.003)	7.7
30/05/94 (de l'Etat)	5.6 (0.04)	0.01 (ε)	0.7 (0.005)	7.8

• SPITZER EUROVRAC à FEGERSHEIM

Il s'agit d'une entreprise de peinture procédant à un décapage acide préalable de cuves en Al avant peinture. Les eaux de rinçage peuvent de ce fait contenir de l'Al.

• LES TANNERIES EMILE HAAS

Ces tanneries existaient depuis 1891 à BARR et ont contribué à la contamination de la KIRNECK avec du Cr jusque dans les années soixante-dix.

1.1.2.b. Le DACHSBACH

Un affluent du DACHSBACH peut éventuellement recevoir des apports de Cr par les établissements ZIMMER, 'Technicien du cuir', installés à GOXWILER. Selon le dossier à la DRIRE, une pollution n'a pas pu être constatée jusqu'alors.

1.1.2.c. La SCHEER et la SCHEER NEUVE

En ce qui concerne ces rivières, nous ne disposons d'aucune indication sur des sources de contamination métallique.

1.2. RESULTATS DES CAMPAGNES DE PRELEVEMENTS DE SEDIMENTS ET DE BRYOPHYTES AQUATIQUES REALISEES PAR L'AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE (1989-1993)

Ce suivi réalisé par l'Agence de l'Eau Rhin - Meuse comprend deux points de prélèvements dans l'ANDLAU dont l'un à SAINT PIERRE et l'autre à FEGERSHEIM.

Ces points montrent des teneurs élevées et fluctuantes en Cr, Cu, Ni et Zn dans la traction fine des sédiments (Tableaux 4, 5). Cela révèle que le niveau de contamination varie d'une année à l'autre et que le point aval peut montrer une contamination importante en un métal tandis qu'on peut observer une diminution de la contamination du sédiment au niveau du point amont, pour rencontrer une situation inversée l'année suivante. On peut observer cette situation pour les teneurs en Cr des sédiments provenant de SAINT PIERRE et de FEGERSHEIM pour les années 1989 et 1990 (ROECK et al. 1990, AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE 1991, 1992, 1993, 1994) de même que pour le Cu et pour le Ni (1989 et 1991, Tableau 4).

L'évolution des teneurs métalliques des sédiments (fraction fine $< 20 \mu\text{m}$), et celle de l'eau suivi à l'aide des bioindicateurs bryophytes, est reflétée par les teneurs consignées dans les Tableau 4 et 6. Les valeurs de référence standard (teneur rencontrée dans une rivière non polluée) pour chaque élément et pour chaque support analytique permettent d'évaluer le degré de contamination de l'ANDLAU au niveau de ces deux points de prélèvement.

Le Tableau 4 consigne les teneurs en éléments métalliques des sédiments prélevés au niveau de deux points de prélèvement dans l'ANDLAU à 'SAINT PIERRE et à FEGERSHEIM. Les valeurs reflètent l'évolution des concentrations en Hg, Cr, Cu, Ni et Zn entre 1989 et 1993 (ROECK et al. 1990, AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE 1991, 1992, 1993, 1994).

La variabilité spatiale et temporelle du degré de pollution, exprime par le Facteur de Pollution FP (cf chapitre 2), est élevée. A titre de comparaison, nous indiquons des teneurs de bruit de fond naturel citées par FÖRSTNER & WITTMANN (1981, Tableau 5).

TABLEAU 4:
EVOLUTION DES TENEURS EN METAUX DES SEDIMENTS DE L'ANDLAU
Hg, Cr, Cu, Ni et Zn; fraction $< 20 \mu\text{m}$

site	SAINTPIERRE					FEGERSHEIM				
	a10	20	15	125	75	a20	20	15	125	75
réf. standard (SOALAFBEM 1964)										
Année	Hg ($\mu\text{g/g}$) (ms)	Cr ($\mu\text{g/g}$) (ms)	Cu ($\mu\text{g/g}$) (ms)	Ni ($\mu\text{g/g}$) (ms)	Zn ($\mu\text{g/g}$) (ms)	Hg ($\mu\text{g/g}$) (ms)	Cr ($\mu\text{g/g}$) (ms)	Cu ($\mu\text{g/g}$) (ms)	Ni ($\mu\text{g/g}$) (ms)	Zn ($\mu\text{g/g}$) (ms)
1989	0.39	637.7	2763	103.6	294.9	1.00	2743	426	34.2	207.8
1990	0.27	42.3	212.5	100.1	134.5	0.42	867.8	179.3	7.9	2722
1991	1.13	654.7	169.3	199.1	1029.6	0.89	426.6	427.0	246.9	671.4
1992	3.94	316.3	388.4	66.3	344.2	0.61	120.3	333.9	124.2	263.4
1993				280.2	364.3	1.17	1093.0	201.1	91.6	3622

TABLEAU 5:
TENEURS DE "BRUIT DE FOND" EN **METEAUX LOURDS DE LA**
CROUTE **TERRESTRE** (d'après **FÖRSINER & WITTMANN** 1981)

	Hg (mg/kg) (ms)	Cr (mg/kg) (ms)	Cu (mg/kg) (ms)	Ni (mg/kg) (ms)	Zn (mg/kg) (ms)
rochers:					
Granites	0.08	22.0	30.0	15.0	60.0
Schistes	0.40	90.0	45.0	68.0	95.0
Sédiments:					
Grès	0.03	35.0	15.0	20	16.0
Carbonates	0.04	11.0	4.0	20.0	20.0

Dans le cas du Cu, ainsi que dans celui du Ni, au point de **prélèvement** de SAINT PIERRE, les teneurs en ces **métaux** dans les mousses aquatiques **dépassent** chaque **année celles rencontrées** dans les **sédiments** (Tableaux 4 et 6). Ici le Cu, comme le Ni, semblent être en grande partie en solution dans l'eau et donc disponibles pour les organismes aquatiques **représentés** par les bryophytes.

TABLEAU 6:
TENEURS EN Cr, Cu, Ni et **Zn** DES MOUSSES PROVENANT DE
L'ANDLAU (données 1989 à 1993)

St*:	SAINTPIERRE				FEOERSHEIM			
	7	19	20	200	7	19	20	200
valeur de référence standard	Cr mg/kg (ms)	CU mg/kg (ms)	Ni mg/kg (ms)	Zn mg/kg (ms)	Cl mg/kg (ms)	CU mg/kg (ms)	Ni mg/kg (ms)	Zn mg/kg (ms)
Année:								
1989	61.7	244.7	1079.5	376.2	396.3	100.7	551.9	447.7
1990	114.9	919.5	54.9	54.9	164.9	67.1	278.7	397.1
1991	48.6	1457.0	1214.1	253.4	99.0	57.5	2020	m3.9
1992	42.2	6263	6022	306.2	46.7	82.9	1089	413.6
1993	56.9	1388.2	2525.9	1042.3	643	M 1	69.1	409
Station de référence 1a°	6.1	53.0	13.6	269.6	6.1	53.0	13.6	m.6
Station de référence 1b°°	4.9	24.6	3.7	1020	4.9	24.6	17	182.0

En ce qui concerne les teneurs en Cr, Cu, Ni et Zn des bryophytes aquatiques, on remarque que les teneurs en Cr des mousses aquatiques sont presque toujours plus faibles que celles observées dans la fraction fine des sédiments, excepte en 1989 au point de prélèvement à FEGERSHEIM.

Cette répartition des teneurs entre bryophytes et sédiments indique que le Cr est en grande partie fixe au niveau des sédiments qui sont déplacés lors des crues vers l'aval ce qui explique les teneurs élevées en ce métal à FEGERSHEIM. L'apparition de ces fortes teneurs est différée dans le temps et reflète ainsi le déplacement d'un pic de pollution de l'amont vers l'aval.

A FEGERSHEIM, la répartition des teneurs dans les sédiments et les bryophytes est différente: les teneurs en Cu et Ni des deux supports analytiques sont proches et, parfois, les teneurs du sédiment sont supérieures à celles des mousses. Il est possible que cette situation soit due à la plus grande distance de ce point de prélèvement par rapport à la source de pollution initiale de sorte qu'une plus grande proportion de Cu et de Ni soit adsorbée au niveau des sédiments et non disponible pour les mousses aquatiques.

Il est également possible que des caractéristiques physico-chimiques des sédiments interviennent sur la mobilité des éléments métalliques au niveau de l'ANDLAU: ces caractéristiques sont dues à l'origine géologique et lithologique de ceux-ci, ainsi qu'à la géologie et lithologie des secteurs parcourus par la rivière.

En effet, de par le fait que la géochimie de ce secteur lithologique influe sur le "bruit de fond naturel" en métaux lourds des sédiments et des mousses aquatiques, il a semblé intéressant d'effectuer un prélèvement de sédiment et, lors de la troisième phase un prélèvement de bryophyte, au niveau du cours amont de l'ANDLAU (1 b⁷⁷). Ceci a permis d'évaluer les teneurs de bruit de fond naturel de ce secteur à formations cristallines (granitiques) du massif vosgien.

Dans cette partie, un pH faible des précipitations, insuffisamment tamponne par les substrats du lit de la rivière, risque d'entraîner des abaissements momentanés du pH de l'eau de la rivière. Une diminution du pH, par contre, favorise une mise en solution des éléments métalliques, qui sont, sous cette forme, biodisponibles pour les organismes aquatiques, et qui produisent donc un "bruit de fond naturel" élevé également pour les mousses aquatiques.

Les points de prélèvements de sédiments en amont et à l'aval des sources de pollution connues visent à vérifier s'il existe des apports métalliques actuels.

Des **prélèvements** en amont des confluences de chaque affluent de l'ANDLAU **intègrent d'éventuelles** sources contaminations **métalliques** diffuses et donnent une **idée** sur l'apport global de contaminations **métalliques** par chaque affluent. Pour l'ANDLAU, un **prélèvement** analogue a **été réalisé** en amont de sa confluence avec l'ILL et à l'aval de la station **d'épuration** de FEGERSHEIM.

La connaissance du **degré** de contamination **métallique** globale de chaque **rivière** a permis d'orienter le choix des sites de **prélèvements** ou de transferts de bryophytes aquatiques dans la **3ème** phase de ce travail: le **degré** de contamination des affluents **proche du** bruit de fond naturel dispensait d'un **prélèvement** de mousses aquatiques. Des **degrés** de contamination **élevés** en trois points (2, 7, 13) ont **entraîné** des **prélèvements supplémentaires** au niveau de l'ANDLAU et de la KIRNECK. Cela nous a permis d'affiner les profils longitudinaux de ces deux cours d'eau en effectuant des **prélèvements** de bryophytes plus en amont par rapport aux sites fortement **contaminés**.

2. LA ZONE D'ETUDE

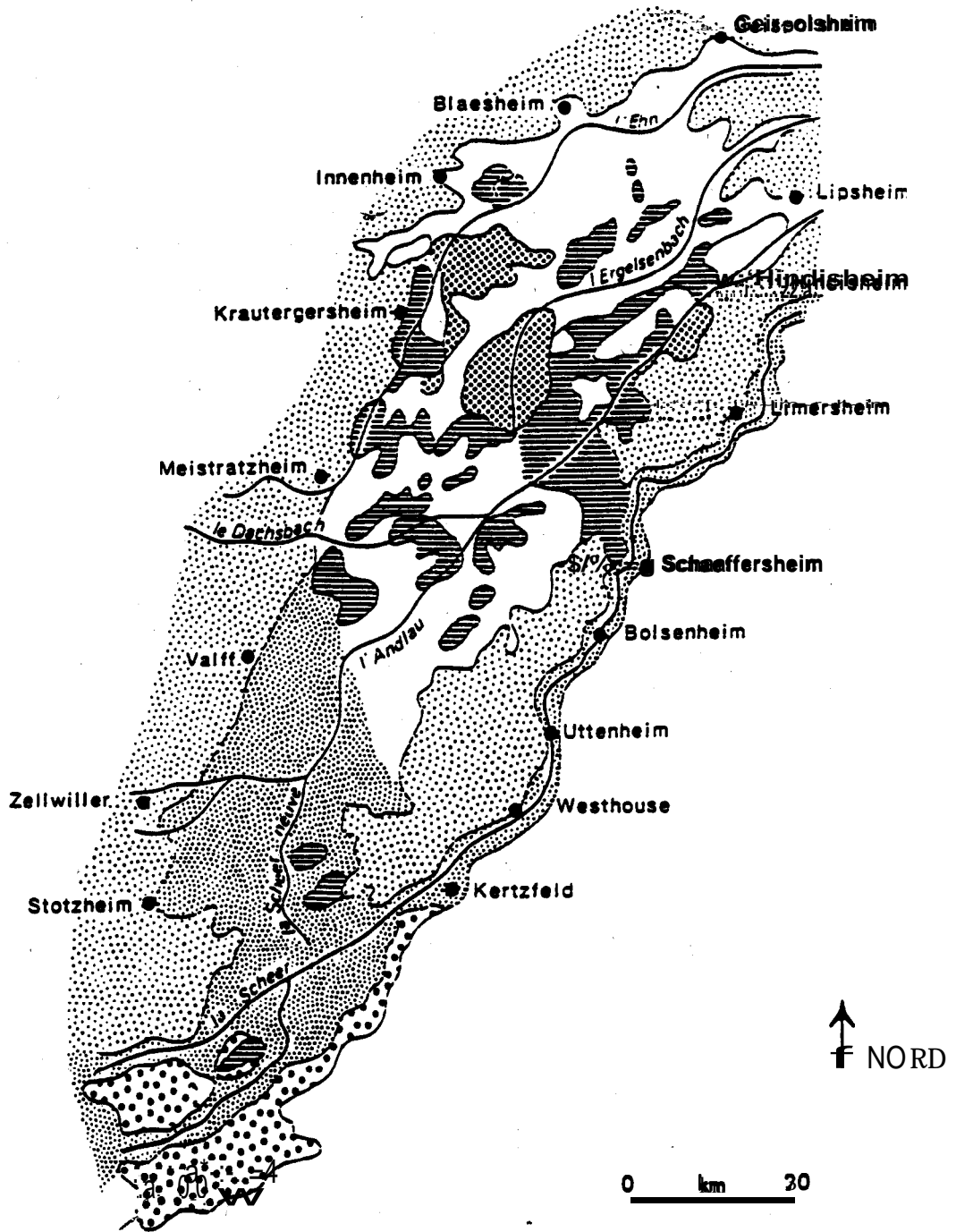
2.1. CONTEXTE LITHOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE






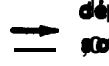
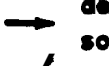
Du point de vue lithologique et **hydrogéologique**, le bassin versant de l'ANDLAU est **hétérogène**. L'ANDLAU, **rivière à régime** hydrologique pluvial **océanique**, avec une **légère** tendance nivale en amont du Hohwald, prend sa source à plus de **1060** m d'altitude, sur le versant Est du massif du Champ du Feu et suit un parcours de 42 km avant de se jeter dans l'ILL à hauteur de FEGERSHEIM. Elle traverse deux secteurs **géologiques très différents**:

- entre sa source en amont du Hohwald et la commune d'Andlau, la **rivière** coule dans un lit **constitué** de matériaux cristallins (mica noir, feldspath, quartz, **magnétite**) du **massif** vosgien (ENCYCLOPEDIE DE L'ALSACE 1982, **PICARD** 1992). Dans ce secteur, la **rivière** est typiquement **tormentelle** avec une pente moyenne de **63 %**.

Les versants de la rive gauche **s'étendent** dans le **granite porphyroïde** d'Andlau, tandis que ceux de la rive droite **sont caractérisés par les schistes de** **Villé** et par les schistes de Steige **métamorphisés** (ENCYCLOPEDIE DE L'ALSACE 1982).

FIGURE 1: ESQUISSE GEOMORPHOLOGIQUE DU BRUCHE DE L'ANDLAU
(d'après SCHNITZLER-LENOBLE 1989)



-  tourbes méso-trophiques de bas - fonds
 -  loessruisselé de la plaine de l'Enn et l'Andlau
 -  champ d'inondation de la Scheer et de l'Andlau
 -  sables grossiers vosgiens quaternaires acides
 -  loess wurmien recouvrant à l'Est les cailloutis rhénans (tamassé d'Erstein), à l'Ouest le glacis de la tamassé de Niederm. au Nord le hrst du Glockelsberg
 -  dépôts argile - limoneux
 -  dépôts limono - sableux
- soils d'anneau sur gley réduit
soils d'hydromull sur gley oxydé

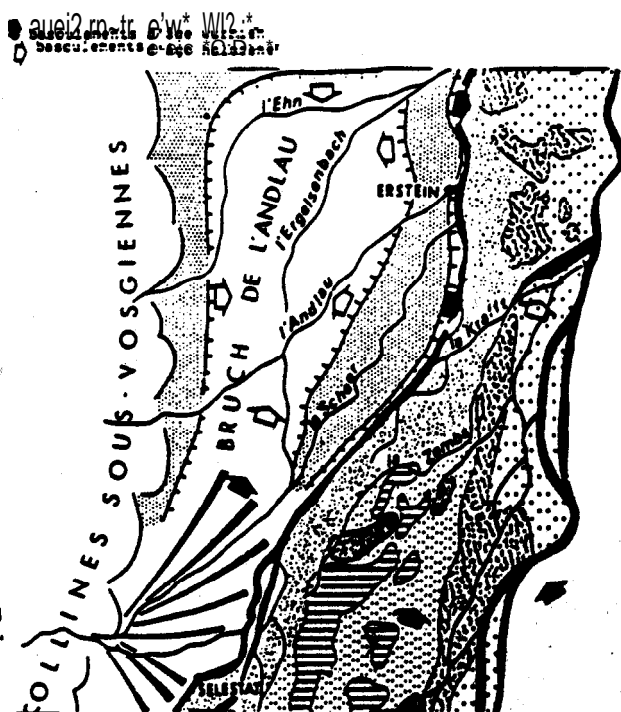
A l'aval de la commune d'Andlau, la rivière entre dans la plaine rhénane et le lit est caractérisé par des matériaux fins constitués d'alluvions sablo-argileuses: sables fins vosgiens entre VALFF et STOTZHEIM et dépôts loessiques entre VALFF et HINDISHEIM (Figure 1 ↓ SCHNITZLER-LENOBLE 1989). Dans ce secteur, la pente moyenne est seulement de l'ordre de 1 ‰.

Le secteur aval du bassin, dénommé "Bruch" de l'ANDLAU et situé à l'aval de VALFF après la confluence de l'ANDLAU et de la KIRNECK, s'individualisa par rapport au lit majeur glaciaire du Rhin vers la fin de la dernière époque du Würm à la suite d'un affaissement du sol dû à un jeu de mouvements tectoniques (Figure 2) qui a également permis l'entaille du Rhin vers l'Est (VOGT 1978, 1992; SCHNITZLER-LENOBLE 1989).

Le soubassement du Bruch de l'ANDLAU est constitué de graviers et de galets alpins calcaires, déposés par le Rhin glaciaire lors de ses crues.

Par la suite, le secteur du Bruch fut délimité par un anneau de terrasses produisant des conditions hydrographiques particulières. En effet, ce secteur, mal draine, fonctionnait comme une "trappe à sédiments" pour les matériaux fins holocènes charriés par les rivières vosgiennes de ce bassin versant: l'ANDLAU, la SCHEER, l'EHN, le DACHSBACH, le ROSENMEER, la KIRNECK.

FIGURE 2: PHENOMENES TECTONIQUES QUATERNAIRES (d'après VOGT)



Dans ce secteur, un processus de **sédimentation** compensait l'affaissement tectonique du **fossé rhénan** ce qui explique que les **matériaux** du soubassement **rhénan** se trouvent enfouis sous les **dépôts** de sables vosgiens (acides) et de **colluvion** loessique des terrasses **d'ERSTEIN** et de **NIEDERNAI**. Dans le secteur Est du **Bruch**, on trouve les alluvions **rhénanes** à environ 1 m de profondeur. Dans la partie Ouest l'épaisseur des **dépôts** atteint **jusqu'à 3,5 m** (**SCHNITZLER-LENOBEE 1989**).

- Les **matériaux** alluvionnaires montrent des origines et des **caractéristiques géochimiques différentes** suivant un axe Sud-Nord, provenant:
 - des Vosges (sables fins acides)
 - des terrasses de Niedemai et **d'Erstein**
 - du Bruch Nord (**matériaux** limoneux calcaires)

Globalement, on peut **différencier** 2 secteurs: une partie sableuse au Sud du **Bruch**, une partie limoneuse **très** calcaire **située** au Nord de ce dernier.

Le niveau de la nappe **phréatique** du **bassin** suit **celui** du **régime océanique** des **rivières** vosgiennes avec des hautes eaux en **période** froide et des basses eaux en **été**.

3. METHODES D'INTERPRETATION DES RESULTATS

Afin **d'évaluer** le **degré** de contamination ou de pollution d'un site **donnés**, il faut disposer de teneurs de **référence** **représentant** au mieux le "bruit de fond naturel" pour les **métaux** **recherchés**.

3.1. DEFINITION DE LA NOTION DE FACTEUR DE POLLUTION

Le Facteur de Pollution (FP) exprime, pour un **élément** et un substrat **donnés**, le rapport entre une concentration de **référence** standard ("valeurs de **référence standard**", Tableau 7) **caractéristique** d'un cours d'eau non **pollué** et la teneur **relevée** dans le support analytique en question, (dans notre cas la fraction **< 20 µm des sédiments** et les bryophytes aquatiques). Ces concentrations de

références ont été obtenues à l'aide de traitements de données effectués sur des teneurs rencontrées dans divers pays et pour des secteurs lithologiques et géochimiques différents (MOUVET 1986).

$$X_1 \leq X_s$$

X_s = valeur de référence standard du métal en pour un site non pollué

$$FP = \frac{X_1}{X_s}$$

X_1 = teneur du métal trouvé dans le support analytique prélevé à une station donnée

FLP (M1 8 Mg)

M/A/M4 = classification suivant la grille d'interprétation de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse

TABLEAU 7: VALEURS DE REFERENCE STANDARD (mg.kg⁻¹, ms) POUR LE Hg, Cr, Cu, Ni, ET LE Zn DANS DES SEDIMENTS (≤ 20 mm) ET DANS DES MOUSSES AQUATIQUES

Elément	Hg	Cr	CU	Ni	Pb	Zn
Sédiments (fraction < 20 µm)	0.10	20.0	15.0	12.5	20.0	75.0
Bryophytes. W - W -	0.08	7.0	10.0	20.0	19.0	200.0

TABLEAU 7: FACTEURS LIMITES DE POLLUTION (FLP) UTILISES DANS L'INTERPRETATION DU DEGRE DE POLLUTION D'UNE RIVIERE

Support analytique	Facteur Limite de Pollution			
	M ₁ (situation normale)	M ₂ (pollution certaine)	M ₃ (pollution importante)	M ₄ (pollution exceptionnelle)
matières en suspension, sédiments < 20 µm	55	5810	10 & 20	220
bryophytes aquatiques	56	6 & 18	18 & 54	54

3.2. DEFINITION DE LA NOTION DE FACTEUR DE CONTAMINATION

Le Facteur de Contamination (FC) exprime, selon MOUVET (1986), pour un support analytique et un métal donné, le rapport entre la concentration rencontrée en un point de prélèvement amont, non pollué, de la rivière étudiée et un point aval. Les concentrations métalliques rencontrées dans cette partie sont les "teneurs de référence amont" (X_{am}) du cours d'eau représentent le bruit de fond naturel, intègrent les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et des sédiments reflétant les facteurs géochimiques du secteur.

X_{am}

X_{am} = valeur de référence du métal pour un rite amont non pollué

$$FC = \frac{X_1}{X_{am}}$$

X₁ = teneur du métal trouvé dans le support analytique prélevé à une station donnée

3.3. DEFINITION DE LA NOTION DE FACTEUR DE CONTAMINATION PAR SECTEUR GEOCHIMIQUE

De plus, pour des cours d'eau comme l'ANDLAU, il peut être utile d'introduire la notion de **Facteur de Contamination par secteur géochimiques (FG)** basée sur la "concentration de **référence géochimique**". Cette dernière intègre les **caractéristiques lithologique et géologique des secteurs (paramètres physico-chimiques différents) parcourus par la rivière**. Dans le cas de l'ANDLAU, afin de tenir compte **des différences géochimiques** de la zone amont et de la zone aval, deux stations de **référence (1a, 1b, Figure 3) ont été** choisies dont l'une dans le secteur **à formations cristallines** et l'autre dans le secteur **à matériaux colluvionnaires**.

- Pour le secteur **à formation cristallines**:

X_{cris}

X_{cris}^* = valeur de référence du métal pour un site amont non pollué représentant les formations cristallines

$$FG_{cris} = \frac{X_1}{X_{cris}}$$

X_1 = teneur du métal trouvé dans le support analytique prélevé à une station donnée

- Pour le secteur **à matériaux fins**:

X_{coll}

X_{coll}^* = valeur de référence du métal pour un site amont non pollué représentant le secteur à matériaux colluvionnaires

$$FG_{coll} = \frac{X_1}{X_{coll}}$$

X_1 = teneur du métal trouvé dans le support analytique prélevé à une station donnée

3.4. IMPACT DES METAUX LOURDS SUR DES SYSTEMES AQUATIQUES

Afin de donner une **indication** de l'action de ces deux **métaux** sur le "compartiment des organismes vivants" d'un **système** aquatique, nous indiquons quelques seuils de toxicité cités dans **FÖRSTNER & MÜLLER** (1974): pour les **bactéries**, des concentrations **élevées** en Cu et en Ni dans l'eau peuvent nuire au bon fonctionnement des stations **d'épurations** biologiques (1.0 **mg/l** pour le Cu et à 6.0 **mg/l** pour le Ni) et à la **capacité d'autoépuration** d'un cours d'eau (Cu: 0.01 **mg/l**, Ni: 0.1 **mg/l**).

Pour les poissons, le seuil de toxicité se situe entre 0.08 et 0.8 **mg/l** pour le Cu et entre 25 à 55 pour le Ni.

Selon **FÖRSTNER & MÜLLER (1974)**, le Cr a un effet **négatif** sur les stations **d'épuration** biologique à partir de concentrations de 2.0 à 5.0 **mg/l** et il inhibe l'**autoépuration** des **rivières** à partir de concentrations de l'ordre de 0.3 **mg/l**. Le **Cr⁶⁺** provoque un blocage enzymatique chez les **bactéries** qui agit sur la division cellulaire de ces derniers.

Pour les poissons, le seuil de toxicité se situe entre 15 et 80 **mg/l**. **BRÉMOND & VUICHARD (1973)** indiquent l'action toxique du **Cr⁶⁺** sur les **macroinvertébrés**. Une pollution par ce **métal** peut donc avoir des **conséquences néfastes** pour la faune piscicole: la destruction de la faune benthique servant d'aliment aux poissons risquerait d'entraîner, de façon indirecte, la disparition en partie de la faune piscicole.

Deuxième partie:

LE DEGRE DE POLLUTION
PAR DES METAUX LOURDS
REVELE PAR LES
SEDIMENTS

4. LE DEGRE DE POLLUTION PAR LES METAUX LOURDS REVELE A L'AIDE DES SEDIMENTS

4.1. METAUX LOURDS ET SEDIMENTS

Des **métaux** qui atteignent un **système** aquatique sont rapidement incorporés dans les sédiments, mais des **paramètres** physico-chimiques et biologiques peuvent influencer sur la transformation de leur forme chimique et sur leur remobilisation (**FÖRSTNER & WITTMANN** 1981). Pour un tronçon de **rivière** **donné** et **après** une pollution ponctuelle, les teneurs **métalliques** diminuent avec le temps. Cette diminution locale est due au **déplacement** amont - aval des sédiments contaminés, notamment lors des hautes eaux (**RAMADE** 1981).

L'augmentation importante de la vitesse du courant lors des crues produit une remise en suspension des sédiments contaminés, sédiments qui se **déposent** ensuite, lors de la **décru**e, dans des secteurs aval. De cette **manière** on peut observer le **déplacement** d'un pic de pollution de l'amont vers l'aval. **L'évolution** d'un **tel** déplacement **dépend** de l'importance et de la **durée** des crues (**CARBIENER** 1978, **RAMADE** 1981). Il s'agit donc d'un effet de dispersion vers les **différents** compartiments qui entraîne une diminution des concentrations en **métaux** lourds des **sédiments**. Les **métaux** lourds, une fois introduits dans les cycles **biogéochimiques**, y persistent et atteignent, **à** moyen ou long **termes**, les **océans**.

A noter que **l'état** des connaissances sur l'impact des micropolluants persistants, **tel**s les **métaux** lourds, au niveau des **systèmes** aquatiques marins reste toujours lacunaire.

4.2. LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT DES SEDIMENTS

Le choix des points de **prélèvement** de **sédiments** a **découlé étroitement** de la localisation des installations **classées** du bassin hydrographique de l'ANDLAU.

Les stations de **référence** mises **à** part, les **prélèvements** ont **été effectués** en amont et **à** l'aval des sources de pollution "historiques" **et/ou** actuelles connues. Afin de disposer d'informations sur le **degré** de la pollution globale des affluents de **l'ANDLAU**, des **prélèvements** ont **été réalisés** au niveau du **cours** aval de ces derniers (Figure 3).

Les techniques de **prélèvement**, de **minéralisation** et d'analyses sont **consignées** dans **l'Annexe 17**.

FIGURE 3: CARTE SCHEMATIQUE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE L'ANISAU

Visualisation des secteurs lithologiques, des sources de pollutions connues, des stations de pompage et des points de prélèvement de sédiments

..a

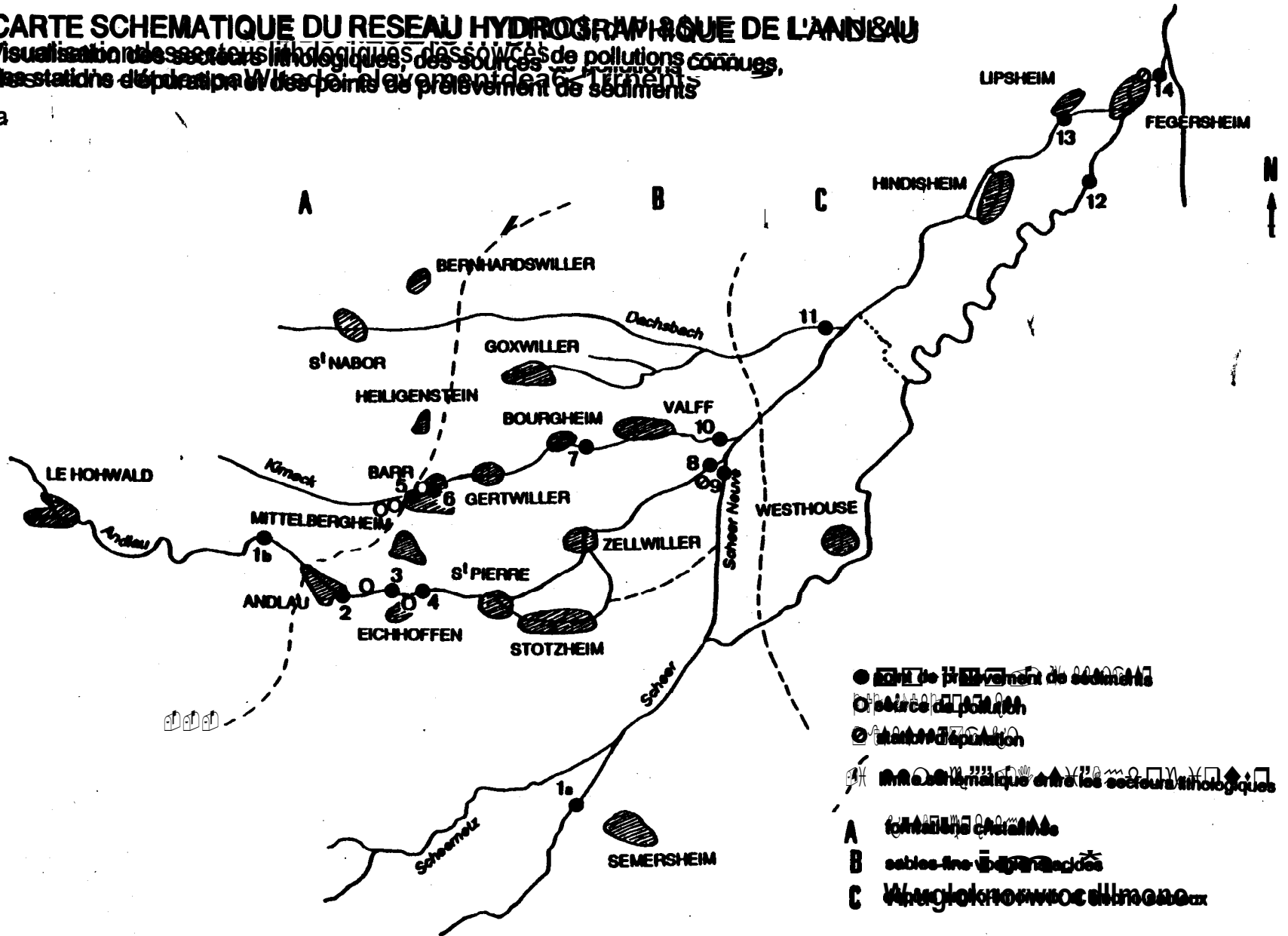


TABLEAU 8a:
GRANULOMETRIE DES LA FRACTION FINE DES SEDIMENTS DE L'ANDLAU
Pourcentages ramené au sédiment brut

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT 17/18 MARS 1994

SITE	< 63 μ m > 40 μ m (%)	< 40 μ m > 20 μ m (%)	< 20 μ m > 2 μ m (%)	< 2 μ m (%)
1a* SCHEER, pont D1129	22.4	19.6	1.3	a6
1b* ANDLAU, écluse commune d'Andlau	1.2	a6	a2	a1
2 ANDLAU, amont Sticco France	a9	a7	1.0	a1
3 ANDLAU, amont Nouvelles Tanneries Haas	10.6	19.7	6.4	1.0
4 ANDLAU, amont Industrie de la Boisson	20	1.4	a9	a1
5 KERNER, amont Biscuiterie	11	14.8	1.0	a9
6 KERNER, amont Industrie Dagle/S.A.	9.3	21.5	9.9	1.5
7 KERNER, amont Bourgeois	9.3	24.9	1.3	1.4
8 ANDLAU, aval station d'épuration à VERT	9.4	16.6	1.7	2.1
9 SCHEER NEUVE, amont de la confluence avec l'ANDLAU	13.5	12.7	7.4	1.2
10 KERNER, amont de la confluence de l'ANDLAU	6.3	7.0	3.1	2.2
11 DAGERSBACH, amont de la confluence de l'ANDLAU	13.1	m.4	15.7	2.0
12 SCHEER, aval de Seltzheim	17.1	27.6	1.5	2.2
13 ANDLAU, amont de la confluence de l'Andlau	31.2	19.6	5.9	a9
14 ANDLAU, amont de la confluence de l'Andlau	10.5	14.1	23.9	1.8

TABLEAU 9:

 TENEURS EN EAU, EN CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT) ET EN METAUX **LOURDS** DES SEDIMENTS,

Fraction < 20 µm (Hg, Cd, As, Cr, Pb, Cu, Ni, Zn)

 CAMPAGNE DE PRELEVEMENT **17/18** MARS 1994

SITE		Moisture du sédiment brut (%)	COT (%)	Hg µg/g (m.a.)	Cd µg/g (m.a.)	As µg/g (m.a.)	Cr µg/g (m.a.)	Pb µg/g (m.a.)	Cu µg/g (m.a.)	Ni µg/g (m.a.)	Zn µg/g (m.a.)
1a*	SCHBERBühl D 139	61.2	30.1	a34	a49	6.79	35.85	47.17	50.94	1121	181.13
1b**	ANDLAU, amont commun de Altdorf	19.2	27.4	a49	0.70	3.59	31.63	57.59	25.07	19.51	136.60
2	ANDLAU, amont de St. Schick France	33.5	55.5	1.51	as2	10.28	55.87	53.87	43.96	21.95	317.24
3	ANDLAU, amont Nouvelle-Tesschen Hase	64.6	54.5	0.70	0.50	15.98	31.47	87.90	240.15	94.40	188.80
4	ANDLAU, amont Nouvelle-Tesschen Hase	21.9	30.6	0.73	0.41	21.33	39.09	70.35	19152	54.72	145.32
5	KIRNECK, aval confluent avec la ...	47.3	41.2	0.40	0.55	13.73	31.61	57.38	21.74	15.81	140.12
6	KIRNECK, aval, confluent de Gernmann S.A.	67.0	63.7	0.47	a73	11.65	63.16	87.18	44.48	20.46	236.63
7	KIRNECK, aval Elggenstein	47.4	45.0	1.86	0.98	20.07	630.01	100.44	75.17	28.68	312.33
8	ANDLAU, aval station d'épuration de Valf	48.1	40.0	a67	a46	1271	230.18	94.08	126.10	66.05	238.19
9	SCHBERNBUE, amont de ce confluent avec l'ANDLAU	47.6	33.5	0.18	0.41	1294	67.13	61.72	68.21	47.64	179.73
10	KIRNECK, amont de ce confluent avec l'ANDLAU	41.7	37.7	0.75	a62	25.70	1053.59	85.38	58.85	19.96	208.83
11	DACHSBACH, amont de ce confluent avec l'ANDLAU	66.2	37.6	a39	a23	11.33	53.64	17.85	14.1	17.85	83.86
12	SCHBERBühl Hase	60.2	33.0	a n	a36	20.98	45.74	25.85	27.84	21.87	157.09
13	ANDLAU, amont de la zone industrielle de Lipheim	63.7	62.5	a64	0.75	9.33	834.97	80.55	100.57	81.53	26130
14	ANDLAU, aval station d'épuration de Elggenstein	62.9	52.7	0.95	0.61	16.46	339.07	72.78	76.08	33.08	172.02

*, ** stations de référence

TABEAU 10: TENEURS EN CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT), EN METAUX LOURDS ET FACTEURS DE DECONTAMINATION DES SEDIMENTS PAR SECTEUR GEOCHIMIQUE (Fraction < 20 µm: Hg, Cd, As, Cr)

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT 17/18 MARS 1994

SITE		COT (mg/g)	Hg µg/g (m.s.)	FG Hg	Cd µg/g (m.s.)	FG Cd	As µg/g (m.s.)	FG As	Cr µg/g (m.s.)	FG Cr
1b*	ANDLAU, amont commune d'Andlau	27.4	0.49		0.70		3.59		31.83	
2	ANDLAU, amont Stocko France	55.5	1.11	2.28	0.52	0.74	10.28	2.86	55.87	1.76
3	ANDLAU, amont Nouvelles Tanneries Haas	54.5	0.70	1.44	0.50	0.71	15.98	4.45	31.47	0.99
4	ANDLAU, aval Nouvelles Tanneries Haas	30.6	0.73	1.50	0.41	0.59	24.33	6.78	39.09	1.23
5	KIRNECK, aval anciennes tanneries	41.2	0.40	0.81	0.55	0.79	13.73	3.83	31.61	0.99
6	KIRNECK, aval tanneries Degermann S.A.	65.7	0.47	0.97	0.73	1.04	11.65	3.25	63.16	1.98
1a*	SCHEER, pont D 129	30.1	0.34		0.49		6.79		35.85	
7	KIRNECK, aval Bourgheim	45.0	1.86	5.50	0.98	1.99	20.77	3.06	630.01	17.57
8	ANDLAU, aval station d'épuration à Vahl	40.0	0.67	1.97	0.46	0.94	12.71	1.87	230.18	6.42
9	SCHEER NEUVE, amont de sa confluence avec l'ANDLAU	33.5	0.18	0.52	0.41	0.84	12.94	1.91	67.13	1.87
10	KIRNECK, amont de sa confluence avec l'ANDLAU	37.7	0.75	2.22	0.82	1.66	25.70	3.78	1053.59	29.39
11	DACHSBACH, amont de sa confluence avec l'ANDLAU	37.6	0.39	1.16	0.23	0.47	11.33	1.67	53.54	1.49
12	SCHEER à Ichtratzheim	33.0	0.17	0.50	0.36	0.73	20.98	3.09	45.74	1.28
13	ANDLAU, amont de la Zone Industrielle de Lipsheim	62.5	0.64	1.88	0.75	1.52	9.33	1.37	834.97	23.29
14	ANDLAU, aval station d'épuration de Fegersheim	52.7	0.95	2.82	0.61	1.25	16.46	2.42	339.07	9.46

* stations de référence pour le secteur à matériaux fins argilo-sablonneux
 ** station de référence du secteur à formations cristallines

TABLEAU 10a:
TENEURS EN CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT), EN METAUX LOURDS ET FACTEURS
DE CONTAMINATION PAR SECTEUR GEOCHIMIQUE (FG) (Fraction < 20 µm, Pb, Cu, Ni, Zn)

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT 17/18 MARS 1994

SITE		COT (mg/g)	Pb µg/g (m.s.)	GPb	Cu µg/g (m.s.)	GCu	Ni µg/g (m.s.)	FGNi	Zn µg/g (m.s.)	FGZn
1b**	ANDLAU, amont du canal d'Andlau	27.4	57.50		25.67		19.51		135.00	
2	ANDLAU, amont Secteur Forêt	55.5	33.87	0.98	43.90	1.71	21.95	1.13	317.24	2.33
3	ANDLAU, amont Nouvelle Zone Industrielle	54.5	67.90	1.18	240.85	9.36	94.40	4.84	188.80	1.39
4	ANDLAU, aval Nant des Tanneurs	30.6	70.35	1.22	191.52	7.46	54.72	2.80	140.62	1.09
5	KIRNECK, aval papeteries Henricis	41.2	57.30	1.00	21.74	0.85	15.81	0.81	140.12	1.03
6	KIRNECK, aval tanneries Degermann S.A.	63.7	87.18	1.52	44.48	1.73	20.46	1.05	23663	1.74
1a*	SCHEER, post D 129	30.1	47.17		50.94		13.21		181.13	
7	KIRNECK, aval Bourgeois	45.0	140.44	298	75.17	1.48	2a.æ	217	312.53	1.73
8	ANDLAU, aval station d'épuration à Valff	40.0	94.08	1.99	126.10	2.51	66.0s	5.00	238.19	1.32
9	SCHEER NEUVE, amont de la confluence avec l'ANDLAU	33.5	61.72	1.31	68.21	1.34	47.64	3.61	106.11	0.59
• □	KIRNECK, amont de la confluence avec l'ANDLAU	37.7	85.38	1.81	50.86	1.00	19.98	1.51	288.83	1.59
11	DACHSBACH, amont de la confluence avec l'ANDLAU	37.6	17.85	0.38	14.m	0.28	17.85	1.35	83.88	a46
12	SCHEER à l'épuration	33.0	25.85	0.55	27.84	0.55	21.67	116.61	157.09	0.67
13	ANDLAU, amont de la Zone Industrielle de Linsheim	62.5	80.55	1.71	100.57	3.74	81.53	6.17	194.50	1.07
14	ANDLAU, aval station d'épuration de Degenheim	52.7	72.70	1.54	76.08	1.49	33.68	2.50	172.02	0.95

* station de référence pour le secteur à matériaux fins argilo-sableux

** station de référence du secteur à formations cristallines

TABLEAU 11: ck
TENEURS EN CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT), EN METAUX LOURDS ET FACTEURS DE POLLUTION
DES SEDIMENTS (Fraction < 20µm: Hg, Cd, As, Cr)

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT 17/18 MARS 1994

STB		COT (mg/g)	Hg µg/g (m-2)	FR Hg	Cd µg/g (m-2)	FR Cd	As µg/g (m-2)	FR As	Cr µg/g (m-2)	FR Cr
1a*	SCHNEER, pont D112	211	0.34	3.4	0.49	1.0	6.79	a9	35.85	1.8
1b*	ANDLAU, amont commune d'Andlau	27.4	a49	4.9	0.70	1.4	359	0.5	31.83	1.6
2	ANDLAU, amont Stobin, France	55.5	1.15	11.5	0.52	1.0	1028	1.4	59.87	2.8
3	ANDLAU, amont Nœux, France	34.5	a70	7.0	0.50	1.0	1598	2.1	31.47	1.6
4	ANDLAU, amont Nœux, France	30.6	a73	7.3	0.41	a s	24.33	12	39.09	20
5	KIRNECK, aval de la commune de Kirneck	41.2	a40	4.0	0.55	1.1	13.73	1.6	31.61	1.6
6	KIRNECK, aval de la commune de Kirneck S.A.	63.7	a47	4.7	a73	1.5	11.65	1.6	63.16	3.2
7	KIRNECK, aval de Kirneck	45.0	1.86	18.6	0.98	20	20.77	26	630.01	315
8	ANDLAU, aval de la commune d'Andlau	40%	a67	6.7	0.46,	a9	1271	1.7	230.18	11.5
9	SCHNEERHEUVE, amont de la commune de Schneerheuve	335	0.98	1.7	0.41	0.8	1294	1.7	67.13	34
10	KIRNECK, amont de la commune de Kirneck	37.7	a73	7.5	0.42	1.6	2s.m	3.4	1053.39	327
11	DACHSBACH, amont de la commune de Dachsbach	37.6	a39	3.9	a23	0.5	11.33	1.5	53.54	27
12	SCHNEER, aval de la commune de Schneer	33.0	0.17	1.7	0.36	0.7	20.98	2.8	43.74	23
13	ANDLAU, amont de la commune de Andlau	62.5	0.64	6.4	0.7s	1.5	9.33	1.2	en.97	41.7
14	ANDLAU, aval de la commune de Andlau	52.7	0.95	9.5	0.61	1.2	16.46	2.2	399.07	17.0

*, ** stations de référence

TABLEAU 11a:
TENEURS EN CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT), EN METAUX LOURDS ET FACTEURS DE POLLUTION
DES SEDIMENTS (Fraction < 20 µm: Pb, Cu, Ni, Zn)

CAMPAGNE DE PRELEVEMENT 17/18 MARS 1994

SITE		COT (mg/g)	Pb µg/g (µg/g)	FP Pb	Cu µg/g (µg/g)	FP Cu	Ni µg/g (µg/g)	FP Ni	Zn µg/g (µg/g)	FP Zn
1a*	SCHEER, post D 129	30.1	47.17	24	50.94	3.4	13.21	1.1	181.1	24
1b**	ANDLAU, amont communal d'Andlau	27.4	57.50	29	25.67	1.7	19.51	1.6	136.0	1.8
2	ANDLAU, amont Stoeckel France	SS5	s3.87	27	43.90	29	21.95	1.8	317.2	4.2
3	ANDLAU, amont Naxdorf, Fribourg, Hain	54.5	67.90	3.4	240.15	16.0	94.40	7.6	183.8	2s
4	ANDLAU, amont Naxdorf, Tannenberg, Hain	30.6	70.35	35	19152	12.8	s4.72	4.4	148.5	20
5	KIRNECK, aval Embsay, Moselle	41.2	57.30	29	21.74	1.4	15.81	1.3	140.1	1.9
6	KIRNECK, aval Embsay, Moselle	65.7	87.18	4.4	44.48	3.0	20.46	1.6	n6.6	3.2
7	KIRNECK, aval Embsay, Moselle	45.0	140.44	7.0	75.17	5.0	23.68	23	312.5	4.2
8	ANDLAU, aval station de traitement à Naxdorf	10.0	94.08	4.7	128.10	US	66.65	5.3	238.2	3.2
9	SCHEER NEUVE, amont de sa confluence avec l'ANDLAU	335	61.72	3.1	68.21	4.5	47.64	3.6	109.7	24
10	KIRNECK, amont de sa confluence avec l'ANDLAU	37.7	85.38	4.3	59.86	34	19.98	1.6	200.8	39
11	DACHSBACH, amont de sa confluence avec l'ANDLAU	37.6	17.85	0.9	14.28	1.0	17.M	1.4	83.9	1.1
12	SCHEER, aval de la station de traitement	33.0	25.85	1.3	27.84	1.9	21.87	1.7	157.1	21
13	ANDLAU, amont de la Zone Industrielle à Luptim	625	80.55	4.0	19057	127	81.53	65	261.3	3.5
14	ANDLAU, aval de la station de traitement de Fegenheim	52.7	7278	3.6	76.00	5.1	33.08	26	1720	23

*, ** stations de référence

5. RESULTATS ET DISCUSSION

Les analyses des sédiments **prélevés** le 17 et 18 mars **1994**, **après** une **période prolongée** de hautes eaux et **après** 15 jours de situation hydrologique normale et stable, dans l'**ANDLAU** et ses confluent **révèlent** la situation suivante: Parmi les 8 **éléments** pris en **considération** et dont les teneurs sont consignés dans les tableaux 9,10 et **11**, **3 éléments** (Cd, As, **Zn**) ont **été** rencontrés **à** des concentrations **reflétant une** situation normale (MI), si **on se** base sur la grille **d'interprétation** utilisant le FLP (Tableau 7a) habituellement **appliquée** par **l'Agence** de l'eau Rhin-Meuse.

Les sédiments sont **plutôt** sableux **à** limoneux (Tableaux 8, **8a**). La fraction fine $\leq 20 \mu\text{m}$ est peu abondante et les taux des **matière** organique **reflétés** par le Carbone Organique Total (COT) sont relativement faibles: ils se situent entre 2.7 et 5.6 % de la **matière sèche** du **sédiment** (Tableau 8, Annexes 1 **à** 15). Les teneurs de **référence** par secteur géochimique, **malgré** un taux relativement **élevés**, indiquent également une absence de pollution pour Cd, As et le Zn.

Quant au Pb, les **FP's** **reflètent** également une situation normale, excepté le point de **prélèvement** dans la KIRNECK **à** l'aval de Bourgheim (7) avec un FP de 7.0 (valeur de **référence** standard: 20.0 **mg-kg⁻¹, m.s.; M2**) indiquant une pollution certaine.

Les **métaux** lourds qui **présentent** les concentrations les plus **élevées** dans l'**ANDLAU** et ses confluent sont: le Hg, le Cr, le Cu et le Ni (Tableaux 10, **11**), **éléments** qui seront sujet **à** une discussion plus **détaillée** cidessous.

Le **degré** de pollution des sédiments pour certains points de **prélèvement** reflète bien la **corrélation** entre des sources de pollution connues et les teneurs **métalliques rencontrées**. Il s'agit vraisemblablement de pollutions **métalliques** "historiques" **très** persistantes dans les **systèmes** aquatiques ce qui explique que **les teneurs** en **métaux** lourds des sédiments soient (encore) **élevées** et cela **malgré** la **suppression**, depuis le **début** des **années** quatre-vingt des rejets directs dans la **rivière**.

A noter que les "teneurs de **référence géochimique**" obtenues pour les stations 1 a et 1 b sont relativement **élevées**. Par **conséquence**, les FP (Tableau **11, 11 a**) sont plus **élevés** que les FG (Tableaux 10, **10a**).

5.1. LE DEGRE DE POLLUTION ACTUEL DE L'ANDLAU

5.1.1. LA POLLUTION PAR LE CUIVRE ET PAR LE NICKEL

Le profil longitudinal des teneurs en cuivre (Cu) ainsi que celui du nickel (Ni) des **sédiments** provenant de l'ANDLAU **révèle** un pic important de ces deux **métaux** lourds à l'aval du point de la station 2 (Cu FG: 9.4, Ni FG: 4.8, Figures 4, 5). Entre ces deux stations se trouve l'installation **classée** de STOCK0 FRANCE, une entreprise de traitement de surface utilisant, entre autres, des bains contenant du Cu et du Ni. **L'établissement** rejette ses eaux industrielles **après** traitement dans l'ANDLAU.

On constate que, par rapport aux teneurs **métalliques relevées** à la station 4, à l'aval des NOUVELLES TANNERIES HAAS (Figure 4, 5), la teneur en Ni à l'aval de la station **d'épuration** à Valff (8) augmente, tandis que celle en Cu diminue. Cette faible teneur en Cu pourrait s'expliquer par soit par une plus grande **mobilité** du Cu dans ce **système** aquatique entraînant donc une dispersion rapide, soit par une **élimination** plus efficace de cet **élément** lors du traitement des eaux **usées**.

Un **deuxième** secteur **caractérisé** par d'importantes teneurs en Cu et en Ni est localisé, à hauteur de LIPSHEIM et en amont de la Zone Industrielle de cette commune (13). La distribution des secteurs contaminés semble indiquer deux sources de pollution **différentes**, car il n'y a pas de **continuité** des teneurs en Cu et en Ni le long du profil amont-aval de la rivière. toutefois, une source de pollution pour ces deux **métaux** dans le secteur de LIPSHEIM-FEGERSHEIM n'est pas connue et la combinaison des **métaux** (Cu, Ni) au niveau de ce tronçon de la **rivière** est la **même** qu'au niveau du secteur amont à EICHHOFFEN.

En effet, il semble plutôt s'agir de deux pics de pollution provenant d'une **même** source. Dans ce cas, les pics des concentrations en Cu et en Ni de ces deux secteurs **représentent** :

- des pollutions **récentes** de l'ANDLAU (station **3**), à l'aval de STOCK0 FRANCE.

FIGURE 4: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES SEDIMENTS PAR LE CUIVRE (Cu)

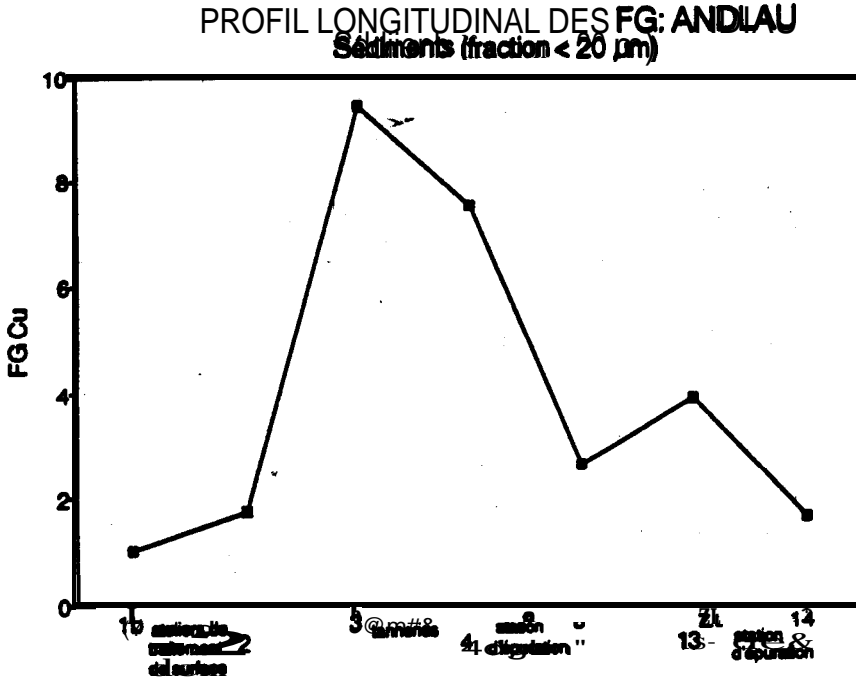
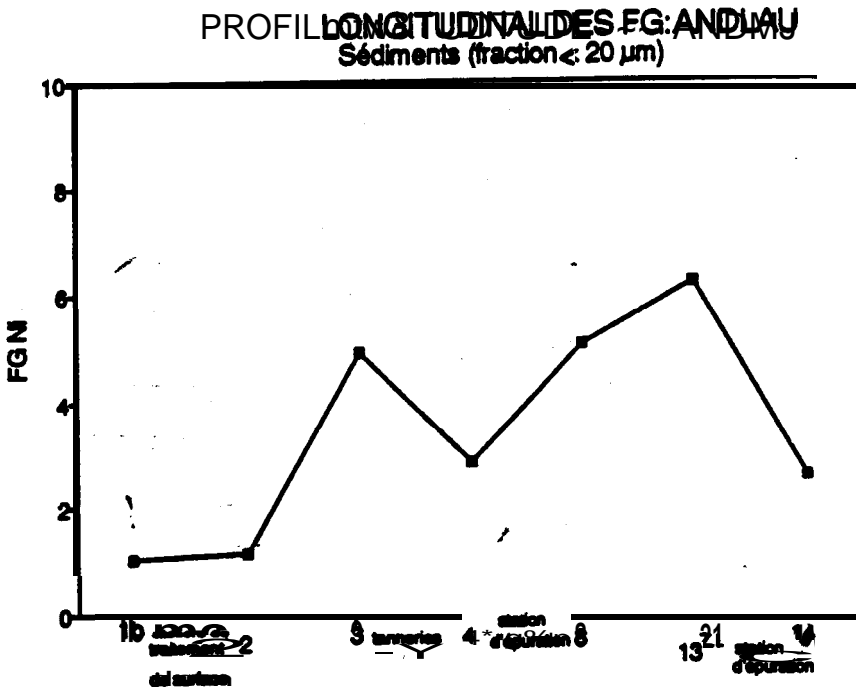


FIGURE 5: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES SEDIMENTS PAR LE NICKEL (Ni)



- des pollutions historiques, **intégrées** d'abord dans **les** sédiments qui ont **été déplacés** successivement avec les crues de l'amont vers l'aval (remise en suspension des particules lors des hautes eaux suivie du **dépôts** des sédiments dans des secteurs aval).

La station **d'épuration de Fegersheim** (14) n'apporte pas de **quantités supplémentaires** en Cu ou en Ni.

6.1.2. LA POLLUTION PAR LE CHROME

Le profil longitudinal des teneurs en chrome (Cr) des sédiments est **caractérisé** par des faibles teneurs au niveau des stations 1 b, 2, 3 et 4 **indiquant** une situation normale (MI).

A l'aval de la station **d'épuration** du "**SIVOM** du coin de Ban" (8), la situation est **différente**: on remarque une augmentation d'un facteur 7 des teneurs en Cr par rapport **à** la teneur **rencontrée à la** station 1 b en amont de la commune **d'Andlau** (Figure 6). Le FG **s'élève à** 6.4 par rapport **à** la station de **référence** au niveau de la SCHEER (1a) indiquant ainsi une pollution **certaine des** sédiments. Cette station **d'épuration** reçoit les eaux **usées** de certaines installations **classées** du bassin amont de l'ANDLAU, **c'est-à-dire** les eaux **usées** domestiques de l'entreprise de traitements de surface et toutes les eaux **usées** des tanneries **à** Andlau-Eichhoffen et **également** des tanneries **à Barr.**

Selon le rapport **d'activité** du SDEA (1 991), cette station **d'épuration** a atteint ses limites fonctionnelles. En raison des teneurs **élevées** en Cr, les boues produites par cette station sont impropres **à** toute valorisation agricole (SDEA 1991). En effet, il est tout **à** fait probable que les eaux contiennent encore, **après traitement, des** teneurs importantes en **Cr entraînant** une augmentation des concentrations au niveau des **sédiments à** l'aval de la station **d'épuration** (8).

FIGURE 6: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES SEDIMENTS PAR LE CHROME (Cr)

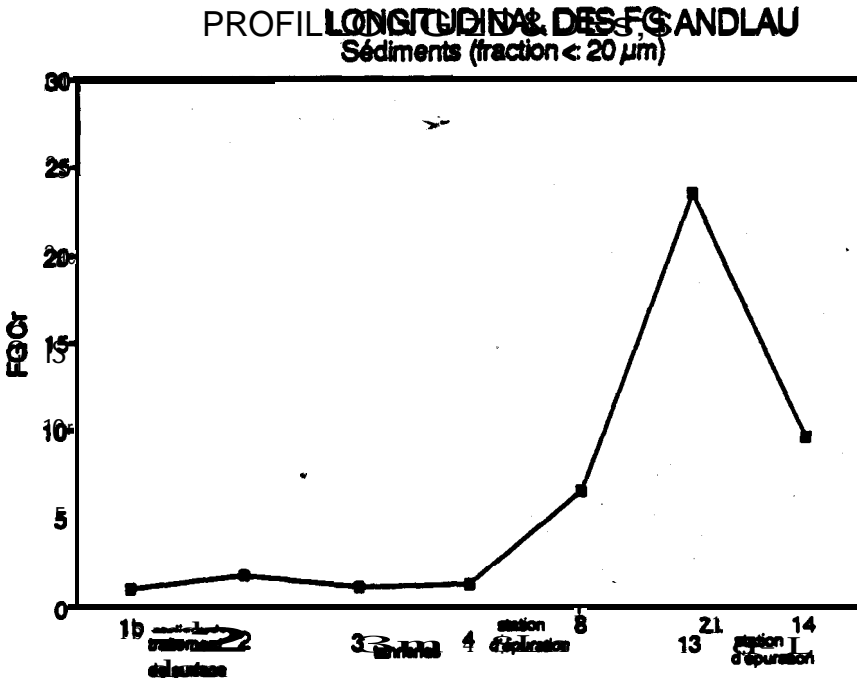
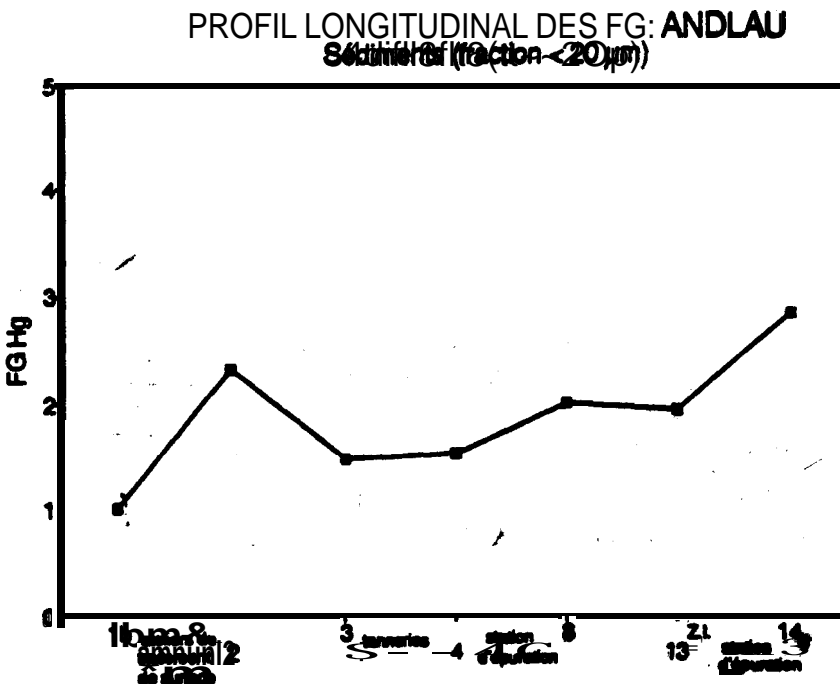


FIGURE 7: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES SEDIMENTS PAR LE MERCURE (Hg)



La concentration maximale de Cr pour les stations **étudiées** est **relevée à** la station 13 à Lipsheim.

Comme pour le Cu et pour le Ni, il est fort possible qu'il s'agisse d'un pic d'une ancienne pollution provenant du secteur amont et illustrant bien le **déplacement** spatio-temporel d'un pic de pollution "historique" (**RAMADE** 1981).

5.1.3. LA POLLUTION PAR LE MERCURE

Le taux de mercure (Hg), **déjà** relativement **élevée** au niveau de la station de **référence** (1 b) **située** en amont de la commune **d'ANDLAU**, **reflète** une asituation normale, pour ce tronçon amont de la **rivière**.

Néanmoins, il n'est pas certain que cette valeur de **référence élevée** soit **réellement représentative** du "bruit de fond naturel" de ce secteur. D'une part, certains secteurs de la plaine du Rhin **supérieur** ont **été affectés**, au **cours** de ce **sibote**, par des pollutions **mercurielles** (**CARBIENER** 1978) dont la forme volatile, **transportée** par voie **atmosphérique** (**LINDQVIST** 1991), est susceptible d'affecter ensuite d'autres secteurs des **vallées**, notamment les secteurs amont, provoquant ainsi une contamination des **rivères dès** la source.

D'autre part, les secteurs de schistes parcourus par **l'ANDLAU** pourraient contribuer à des teneurs de bruit de fond relativement **élevées** (**FÖRSTNER & WITTMANN** 1981) dans cette **rivière**.

Le **sédiment prélevé à** l'aval de la commune **d'Andlau** (2) et en amont de l'usine de traitement de surface **STOCKO FRANCE** (3) montre un taux de Hg **élevé**: **1.1 µg/g** (ms) (Figure 7). Le FG est de 2.3 indiquant une a situation normal **■** tandis que le FP de 11.5 indique une pollution importante (Mg); difficile à **évaluer** si les concentrations **élevées** en Hg sont d'origine anthropique ou d'origine naturelle. Parmi les installations **classées** de ce secteur, aucune n'est susceptible de provoquer des pollutions par le Hg et la question est de savoir s'il s'agit d'une pollution ancienne ("pollution historique") **ou/et** d'une pollution actuelle. Il serait **également** important de savoir quel type d'entreprise (ou de **dépôt, décharge...**) du bassin amont de **l'ANDLAU** aurait pu ou peut **représenter** une source de pollution par ce **métal** lourd.

Le point de **prélèvement à** l'aval de la station **d'épuration** de **FEGERSHEIM** (14) **révèle** des teneurs **élevées** de Hg (**0.95 µg/g** ms). Le FG est de 2.8 tandis que le FP **s'élève à** 9.5. Une contamination pourrait avoir son origine au niveau de la Zone Industrielle de Lipsheim.

5.2. LE DEGRE DE POLLUTION ACTUEL DE LA KIRNECK

5.2.1. LA POLLUTION PAR LE CHROME

En ce qui **concerne** la **KIRNECK**, la situation par rapport **à** une pollution par le chrome (Cr) est comparable **à celle** de **l'ANDLAU** (Figure 8).

Les fortes teneurs en Cr des **sédiments**, **très** certainement dues aux anciennes tanneries et **reflétées** par la teneur en Cr **rencontrée à** la station 5 dans la partie amont de la commune de BARR et **à** l'aval des tanneries DEGERMANN S.A. (8) n'apparaissent **qu'à** l'aval de la commune de BOURGHEIM (7). Le **sédiment** du tronçon aval de cette **rivière**, **situé** en amont de sa confluence avec **l'ANDLAU** (10), est **encore** plus fortement pollue que celui de la station plus en amont (Figure 8).

On peut estimer que le **degré** de pollution des stations 7 et 10 est "très important" avec un FG de 17.6 **à** la station 7 et avec un FG de **29.4** **à** la station 10. Il semble s'agir ici, **comme** pour la pollution par le Cu et le Ni, d'un pic de pollution qui se **déplace** de l'amont vers l'aval. Au niveau du **cours** aval de la **KIRNECK**, la pente, et par **conséquence** la vitesse du courant sont **très** faibles. En effet, le transport des **sédiments pollués** vers l'aval ne s'effectue que **très** lentement. De plus, la **solubilité** du Cr **dépend** de son **degré** d'oxydation. Les sels de Cr **3+** sont totalement solubles dans l'eau, sauf l'hydroxyde et le carbonate. Les sels hexavalents sont en partie solubles dans l'eau, mais ils sont toxiques pour **la** faune, comme, par exemple, pour les **macroinvertébrés** (BREMOND & VAUCHARD 1973).

Les **sédiments pollués** de cette **rivière** provenant du secteur de **Barr** **représentent, encore à** l'heure actuelle, une source de pollution importante pour l'ANDLAU.

5.2.2. LA POLLUTION PAR LE MERCURE.

Le **profil** longitudinal des teneurs **mercurielles (Hg)** des **sédiments reflète** une situation **inquiétante** au niveau du tronçon aval de la KIRNECK (Figure 9). Par rapport **à** la teneur **rencontrée à** la station de **référence** dans la SCHEER (1a), les **concentrations** augmentent d'un facteur de 5 entre **BARR** (5) et le secteur aval de **BOURGHEIM** (7) pour **atteindre** un FG de 5.5 indiquant l'existence d'une source de pollution.

FIGURE 8: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES SEDIMENTS PAR LE CHROME (Cr)

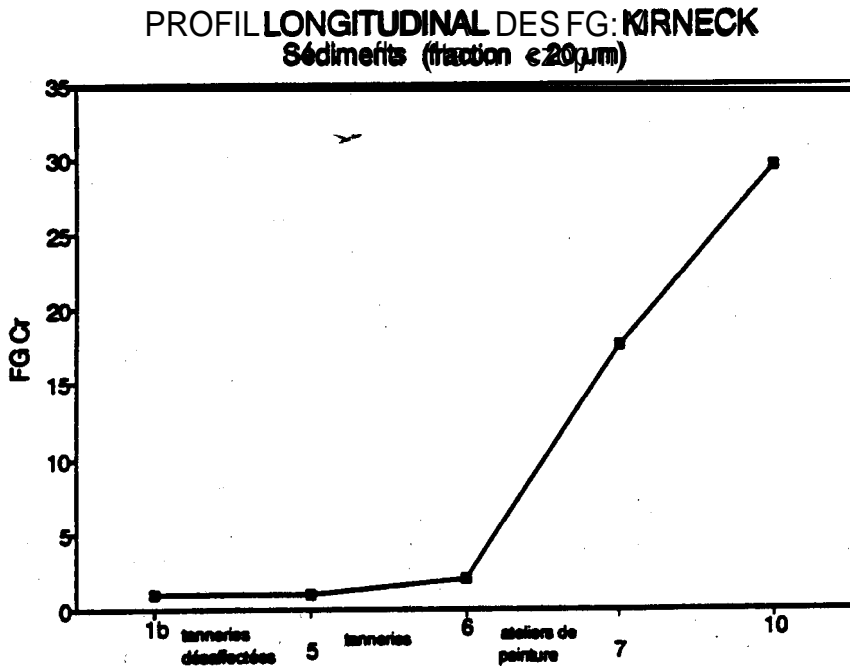
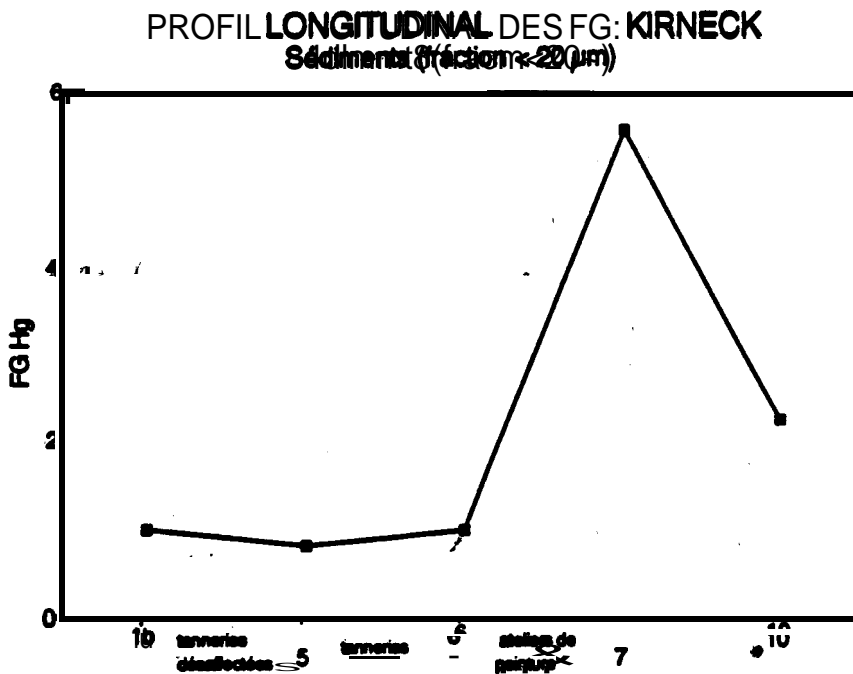


FIGURE 9: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES SEDIMENTS PAR LE MERCURE (Hg)



Vers l'aval, la situation s'améliore: le **sédiment prélevé** au niveau du **cours** aval de cette **rivière** (10) **présente** une teneur de $0.75 \text{ } \mu\text{g Hg.g}^{-1}$ (ms) ce qui **correspond** FG de 2.2. De ce fait, les **sédiments pollués** de la KIRNECK **représentent** une source de contamination par ce **métal très** toxique.

Malheureusement, **comme** dans le cas du **cours** amont de l'ANDLAU, les informations **recueillies auprès** des **administrations compétentes**, ne nous permettent pas d'identifier une source de pollution et, de nouveau, se pose la question de savoir s'il s'agit d'une pollution **récente ou/et** "historique".

CONCLUSION

En **résumé**, on peut dire que le raccordement de certaines installations **classées** (tanneries) à la station **d'épuration** depuis le **début** des **années quatre-vingt** a permis de **réduire**, de façon significative, le **degré** de pollution du tronçon amont de l'ANDLAU ainsi que **celui** de la KIRNECK **néanmoins** on remarque **également**, que les pollutions "historiques" persistent **encore** et ne se dispersent que **très** lentement.

Les teneurs **mercurielles** de certains **sédiments** provenant de l'ANDLAU et de la KIRNECK indiquent une situation **inquiétante** quant au **degré** de pollution par cet **élément très** toxique, d'autant plus que l'origine de cette pollution ne peut pas **être expliquée** sur la base des informations recueillies **auprès** de l'administration.

Les **résultats** d'analyse pour deux confluent de l'ANDLAU (SCHEER, SCHEER **NEUVE**, DACHSBACH) **reflètent** une **situation** globale **normale** quant à une pollution par **des métaux** lourds.

Vers l'aval, la situation **s'améliore**: le **sédiment prélevé** au niveau du **cours** aval **de** cette **rivière** (10) **présente** une teneur **de** $0.75 \mu\text{g Hg.g}^{-1}$ (ms) ce qui **correspond** FG de 2.2. De ce fait, les **sédiments pollués** de la KIRNECK **représentent** une source de contamination par ce **métal très** toxique.

Malheureusement, **comme** dans le cas du **cours** amont de l'ANDLAU, les informations recueillies **auprès** des administrations **compétentes**, ne nous permettent pas d'identifier une source de pollution et, de nouveau, se pose la question de savoir s'il s'agit d'une pollution **récente ou/et** "historique".

CONCLUSION

En **résumé**, on peut dire que le raccordement de certaines installations **classées** (tanneries) à la station **d'épuration** depuis le **début** des **années quatre-vingt** a permis de **réduire**, de façon significative, le **degré** de pollution du tronçon amont de l'ANDLAU ainsi que **celui** de la KIRNECK, **néanmoins** on remarque **également**, que les pollutions "historiques" persistent **encore** et ne se dispersent que **très** lentement.

Les teneurs **mercurielles** de certains **sédiments** provenant de l'ANDLAU et de la KIRNECK indiquent une situation **inquiétante** quant au **degré** de pollution par cet **élément très** toxique, d'autant plus que l'origine de cette pollution ne peut pas **être expliquée** sur la base des informations recueillies **auprès** de l'administration.

Les **résultats** d'analyse pour deux confluent de l'ANDLAU (SCHEER, SCHEER **NEUVE**, DACHSBACH) **reflètent** une situation **globale normale quant à** une pollution par **des métaux** lourds.

Troisième partie :

**LE DEGRE DE POLLUTION
PAR DES METAUX LOURDS
REVELE PAR LES
BRYOPHYTES AQUATIQUES**

6. LE DEGRE DE POLLUTION DU BASSIN DE L'ANDLAU PAR DES METAUX LOURDS REVELE PAR LES BRYOPHYTES AQUATIQUES

La démarche adoptée dans cette phase de l'étude se base sur la méthode des mousses aquatiques (MOUVET 1986). Des points de prélèvement de bryophytes ont été déterminés en fonction du degré de contamination relevé par les sédiments provenant des cours d'eau du réseau hydrographique de l'ANDLAU. Pour les tronçons de rivière dépourvus de bryophytes autochtones, des transferts de mousses provenant du cours amont de l'ANDLAU ont été réalisés.

Etant donné que le nombre de stations de prélèvement avait été fixé antérieurement au nombre de 15, nous avons éliminé les stations situées sur les affluents (SCHEER NEUVE, DACHSBACH) n'ayant pas présenté d'anomalies vis-à-vis des 8 éléments recherchés (Hg, Cd, As, Cr, Pb, Cu, Ni, Zn). Nous avons préféré affiner les profils longitudinaux de l'ANDLAU et de la KIRNECK. Ces deux cours d'eau ont présenté des degrés de pollution métallique des sédiments, indiquant des "pollutions certaines" et, au niveau de certaines stations, des "pollutions exceptionnelles".

Dans l'ensemble, les emplacements des points de prélèvement de mousses aquatiques correspondent à la localisation des stations de prélèvement des sédiments (Figures 3, 10).

Dans les sédiments, des concentrations élevées en éléments métalliques avaient été rencontrées au niveau des stations 2, 7 et 13. Elles sont, à l'origine du choix des points de prélèvement supplémentaires dans l'ANDLAU et dans la KIRNECK:

- l'ANDLAU à hauteur du limnigraphe dans la commune d'ANDLAU (2a).
- l'ANDLAU à l'aval de HINDISHEIM représentant le cours moyen de cette rivière (13a).
- la KIRNECK en amont de BOURGHEIM (7a).

Dans la mesure du possible, des bryophytes autochtones ont été utilisés. Des transferts de bryophytes s'avèrent nécessaire au niveau des cours aval de l'ANDLAU et de la KIRNECK

Lors de la campagne de transfert, un échantillon 'moyen a été constitué afin de connaître les teneurs métalliques initiales des mousses aquatiques. La période d'exposition des mousses s'élevait à un mois.

6.1. LA METHODE DES MOUSSES AQUATIQUES

Les principales caractéristiques de la méthode des bryophytes aquatiques, développée et affinée en France par MOUVET (1984, 1986) et MOUVET et al. (1988) résident dans:

- leur capacité d'accumuler des métaux lourds à partir de l'eau. Cela leur confère un rôle d'amplificateur de la contamination de l'eau, même si les concentrations en éléments métalliques de cette dernière sont très faibles, voire en dessous des seuils de détection analytiques sur le support analytique "eau": les mousses rendent ces traces de micropolluants "détectables".

- leur comportement d'accumulation (rapide) et de relargage (plus lent) des métaux lourds permet de suivre l'évolution du degré de contamination par des métaux lourds d'un cours d'eau. Après le passage d'un pic de pollution entraînant une augmentation des teneurs dans les mousses, les teneurs baissent à partir du moment où les concentrations en ions métalliques de l'eau ont diminué. De ce fait, les mousses aquatiques intègrent l'évolution non seulement temporelle ("effet mémoire"), mais aussi spatiale (situation amont-aval) par rapport au degré de pollution d'un rivière par des métaux.

- les teneurs en métaux lourds des mousses aquatiques comparées à celles rencontrées au niveau des sédiments prélevés pour une même station renseignent sur les proportions d'éléments biodisponibles dans un système aquatique donné.

- le mode de vie sédentaire des bryophytes aquatiques permet une localisation précise des sources de pollution &

- la possibilité de transfert des mousses aquatiques donne la possibilité d'étudier des tronçons de rivière susceptibles de recevoir des rejets contaminés en l'absence de mousses autochtones. Le temps d'intégration pour des campagnes de transferts est de l'ordre d'un mois.

Dans le cadre de ce travail, l'utilisation des bryophytes aquatiques vise les objectifs suivant:

- Confirmer et affiner les résultats obtenus à l'aide des sédiments.

Il donnera un aperçu sur le degré de contamination actuel du réseau hydrographique de l'ANDLAU en tenant compte, en particulier, de l'aspect de la biodisponibilité issu de pollutions "historiques" et récentes.

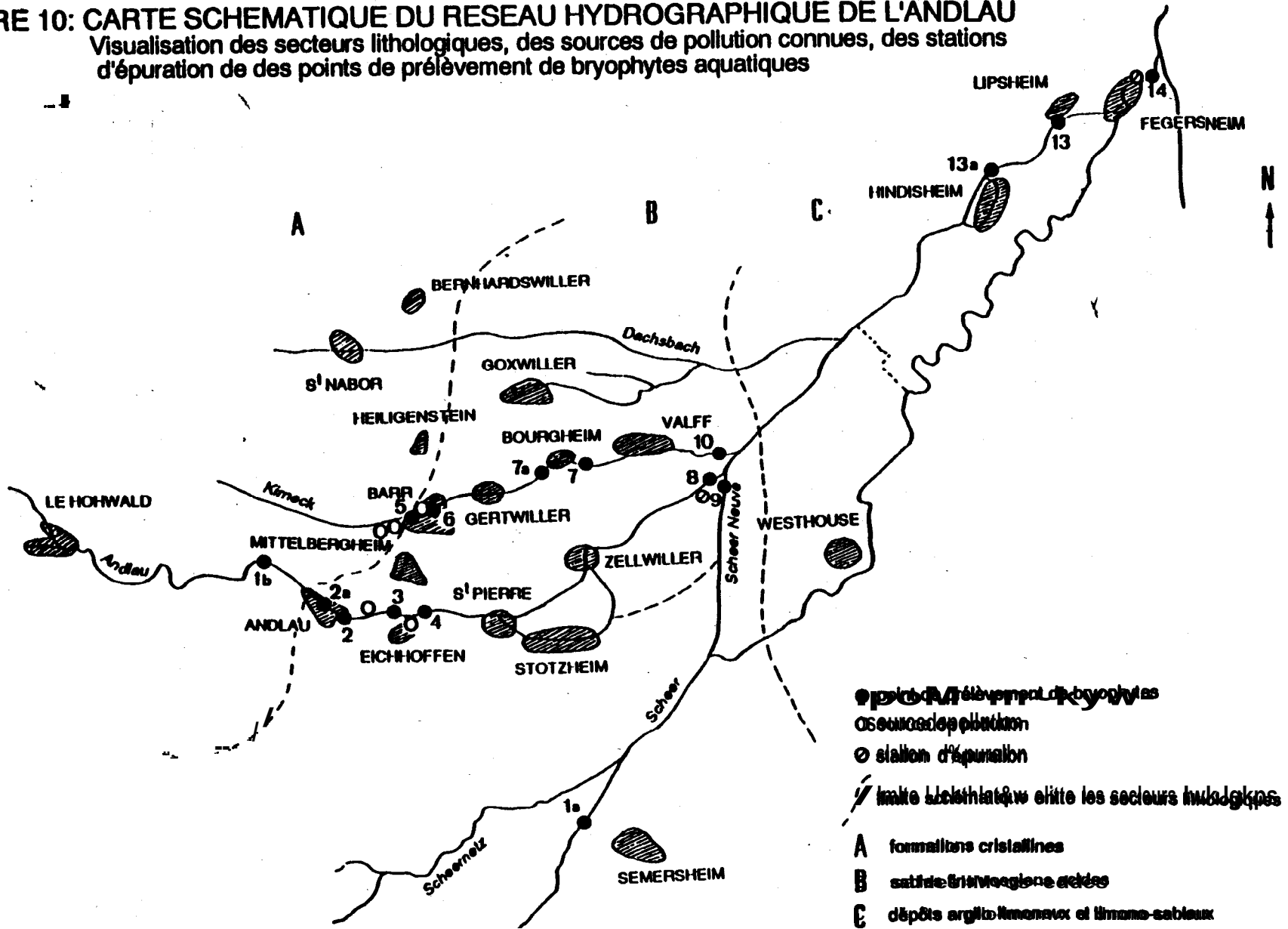
Il faut rappeler que des métaux lourds introduits dans le milieu naturel entrent dans les cycles naturels et y persistent pendant des décennies. Une dégradation naturelle n'existe pas et une diminution des teneurs métalliques n'est due qu'à une dispersion des quantités introduites en un point précis d'un écosystème (FÖRSTNER & WITTMANN 1981).

De par leur toxicité, les micropolluants métalliques représentent un risque important pour l'équilibre écologique des systèmes naturels et indirectement pour la santé de l'homme qui est le chaînon final d'un grand nombre de chaînes trophiques. Au travers d'une contamination des systèmes aquatiques par des métaux lourds, un risque de contamination pour l'homme réside dans la contamination de la "ressource eau" et du poisson dont la chair est susceptible d'accumuler ces éléments.

7. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des dosages effectués sur des échantillons de mousses aquatiques sont consignés dans les tableaux 12, les tableaux 13 et 14 regroupent les Facteurs de contamination par secteur géochimiques (FG) et les Facteurs de Pollution (FP).

FIGURE 10: CARTE SCHEMATIQUE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE L'ANDLAU
 Visualisation des secteurs lithologiques, des sources de pollution connues, des stations
 d'épuration de des points de prélèvement de bryophytes aquatiques



TABEAU 12:
TENEURS EN METAUX LOURDS DES BRYOPHYTES AQUATIQUES
 Teneurs de Hg, Cd, As, Cr, Pb, Cu, Ni et de Zn de la matière sèche (m.s.)

SITE	espèce	date de prélèvement	Hg µg/g (m.s.)	Cd µg/g (m.s.)	As µg/g (m.s.)	Cr µg/g (m.s.)	Pb µg/g (m.s.)	Cu µg/g (m.s.)	Ni µg/g (m.s.)	Zn µg/g (m.s.)
1a	SCHERRENIA D-122	16.6.	0.001	0.33	3.44	6.00	16.66	33.01	13.63	269.6
1b	ANDLAU, amont commun de Andlau	15.7.	a167	0.69	1.44	3.90	15.07	29.90	6.00	200.9
1b	ANDLAU, amont commun de Andlau	16.8.	0.074	0.72	0.62	3.60	a.74	38.15	3.69	142.8
1b	ANDLAU, amont commun de Andlau	16.8.	a001	a46	1.23	4.92	4.06	24.59	3.60	182.0
2a	ANDLAU, l'ouest de Bergheim	16.6.	0.086	1.92	1.10	4.30	13.97	44.07	6.45	325.7
2	ANDLAU, amont de Bergheim	16.6.	0.315	a n	3.78	9. u	4s.63	94.40	15.73	925.1
3	ANDLAU, amont de Bergheim	16.6.	0.102	0.61	1.24	6.18	16.06	1803.81	395.35	150.7
4	ANDLAU, amont de Bergheim	16.8.	0.163	0.92	1.66	726.56	36.87	2267. m	525.08	236.0
5	KIRNECK, amont de Bergheim	16.8.	0.162	0.66	0.71	5.10	15.15	31.31	5.05	296.0
6	KIRNECK, amont de Bergheim	16.8.	0.501	0.50	a0.60	47.06	142.99	44.09	5.96	337.2
7a	KIRNECK, amont de Bergheim	16.8.	a499	1.64	2.73	76.13	207.08	102.06	29.95	2588.5
7	KIRNECK, amont de Bergheim	16.8.	0.501	1.53	a0.60	29.95	76.20	101.50	24.96	945.1
8	ANDLAU, amont de Bergheim	15.9.	0.085	0.25	a0.60	97.37	134.64	69.73	66.73	190.9
16	KIRNECK, amont de Bergheim	16.8.	0.134	a94	3.34	33.43	3267	as.26	10.03	294.2
13	ANDLAU, amont de Bergheim	16.8.	0.059	a n	3.71	34.16	3267	106.92	213.04	398.0
11	ANDLAU, amont de Bergheim	23.9.	0.056	0.37	a0.60	46.26	63.01	40.51	111.97	247.1
14	ANDLAU, amont de Bergheim	15.9.	0.272	0.49	a0.60	27.14	76.92	37.32	15.03	326.5

P.rip.: *Platyhypnidium riparioides* (Hedw.) Dix. A.rip.: *Amblystegium riparium* (Hedw.) Br.Eur.
 F.amt.: *Fossillia ahtipyndica* Hedw.

TABLEAU 13:
TENEURS EN METAUX LOURDS ET FACTEURS DE CONTAMINATION DES BRYOPHYTES PAR SECTEUR GEOCHIMIQUE
 Teneurs en Hg, Cd, As et Cr de la matière sèche (m.s.)

Site	espèce	date de prélèvement	Hg µg/g (m.s.)	FG Hg	Cd µg/g (m.s.)	PCBCd	As µg/g (m.s.)	FGAs	Cr µg/g (m.s.)	FG Cr	
1b*	ANDLAU, amont commune d'Andlau	P.rip.	15.7.	0.167	0.69		1.44		3.99		
1b*	ANDLAU, amont commune d'Andlau	P.rip.	8.8.	0.074	0.76		0.62		2.69		
1b*	ANDLAU, aval commune d'Andlau	P.rip.	16.8.	0.010	0.48		1.23		4.92		
2a	ANDLAU, hauteur limitrophe	F.am.	16.8.	0.006	1.92	4.00	1.4	1.14	9.5	0.87	
2	ANDLAU, aval de Stouffville	F.am.	16.8.	0.345	31.47	0.78	1.63	3.98	3.07	9.11	1.92
3	ANDLAU, amont Nouvelle-France	A.rip.	16.8.	0.198	19.77	0.61	1.27	1.24	1.01	6.88	1.26
4	ANDLAU, aval Nouvelle-France	P.rip.	16.8.	a443	44.25	0.92	1.92	1.66	1.35	724.36	147.27
5	KIRNECK, aval commune de Kirsch	P.rip.	16.8.	0.102	16.16	0.66	1.36	0.71	0.58	5.10	1.04
6	KIRNECK, aval commune de Kirsch	F.rip.	16.8.	0.501	50.05	0.50	1.04	0.60	0.16	47.66	9.69
78	KIRNECK, aval de Reppelheim	F.am.	16.8.	a699	69.88	1.64	3.42	2.73	0.75	78.13	15.88
1a*	SCHNEB, aval de 189	P.rip.	16.8.	0.091	0.33		3.64		6.05		
7'	KIRNECK, aval de Reppelheim	P.rip.	16.8.	0.501	5.50	1.53	4.64	0.60	0.16	29.95	4.94
8'	ANDLAU, aval commune d'Andlau	P.rip.	15.9.	0.055	0.60	0.25	0.76	0.60	0.16	97.37	16.07
10'	KIRNECK, amont de sa confluence avec l'ANDLAU	F.rip.	16.8.	0.134	1.47	0.91	2.85	3.34	a92	33.43	5.32
13a	ANDLAU, aval à Hindelshausen	P.rip.	16.8.	0.059	0.65	a n	2.33	3.71	1.02	34.16	SM
13'	ANDLAU, amont de la Zone Industrielle de Lixheim	P.rip.	239.	0.056	0.62	a37	1.12	0.60	0.00	48.26	7.96
14'	ANDLAU, aval station d'épuration de Pegerheim	P.rip.	15.9.	a272	299	0.49	1.46	0.60	0.16	27.14	4.48

* ** au moins de 1000 g
 ', mousses aquatiques transférées

P.rip.: *Platyhypnidium ripoides* (Hedw.) Dix.
 F.am.: *Fritillaria sibirica* Hedw.
 A.rip.: *Amblyopogon riparius* (Hedw.) Dix.
 F.rip.: *Fritillaria sibirica* Hedw.

TABLEAU 13a:
TENEURS EN METAUX LOURDS ET FACTEURS DE CONTAMINATION DES BRYOPHYTES PAR SECTEUR GEOCHIMIQUE
 Teneurs en Pb, Cu, Ni et Zn de la matière sèche (m.s.)

SITE		espèce	date de prélèvement	Pb µg/g (m.s.)	FG Pb	Cu µg/g (m.s.)	FG Cu	Ni µg/g (m.s.)	FG Ni	Zn µg/g (m.s.)	FG Zn
1b*	ANDLAIN, amont commune de Andlau	P.rip	15.7.	15.07		2990		6.00		200.91	
1b**	ANDLAIN, amont commune de Andlau	P.rip	15.7.	a74		38.15		3.69		142.75	
1b**	ANDLAIN, amont commune de Andlau	P.rip	15.7.	4.06		2459		3.69		181.95	
2a	ANDLAIN, amont de Hilsheim	P.rip	15.7.	13.97	3.44	u m	1.79	6.4s	1.7s	325.67	1. w
2	ANDLAIN, amont de Hilsheim	P.rip	15.7.	45.63	11.26	PI.40	3.84	15.73	4.36	92S.h	5.08
3	ANDLAIN, amont Nouvelle Trinité	A.rip	15.7.	16.06	3.96	103.81	73.36	395.36	107.14	198.73	0.83
4	ANDLAIN, amont Nouvelle Trinité	P.rip	15.7.	36.87	9.06	2267.70	92.22	s2s.u	14240	236.99	1.30
5	KIRNBECK, aval de la commune de Kirnbeek	P.rip	15.7.	15.15	3.73	31.31	1.27	9.85	1.37	295.96	1.63
6	KIRNBECK, aval de la commune de Kirnbeek	P.rip	15.7.	14299	35.22	44.09	1.79	5.96	1.62	337.23	1.85
7a	KIRNBECK, amont de Hilsheim	Finil	15.7.	207.03	sa99	102%	4.18	29.95	8.12	2588.54	14.23
1a**	SCHER, pont D1129	P.rip	15.7.	16.66		53.01		13.63		269.62	
7	KIRNBECK, aval de la commune de Kirnbeek	P.rip	15.7.	78.20	4.69	101.50	1.91	24.96	1.83	945.89	3.51
8	ANDLAIN, amont de la commune de Andlau	P.rip	15.9.	151.64	9.28	89.73	1.69	68.73	5.04	198.9	a71
10	KIRNBECK, aval de la commune de Kirnbeek	P.rip	15.7.	35.11	2.11	85.26	1.61	10.03	0.74	294.22	1.09
13a	ANDLAIN, amont de Hilsheim	P.rip	15.7.	3267	1.96	106.92	202	213.84	15.69	397.96	1.46
13'	ANDLAIN, amont de la Zone Industrielle de Hilsheim	P.rip	23.9.	83.01	4.96	40.54	a76	111.97	8.21	247.1	0.92
14'	ANDLAIN, amont de la commune de Andlau	P.rip	15.9.	76.92	4.63	37.52	0.71	45.83	3.30	326.5	1.21

* : données de référence
 ** : moyennes arithmétiques transférées

P.rip: *Polytrichum commune* (Hedw.) Dur.
 Finil: *Festuca ovina* (L.) Dur.

A.rip: *Aspidoglossum riparium* (L.) Dur.

TABEAU 14:
TENEURS EN METAUX LOURDS ET FACTEURS DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES
 Teneurs en Hg, Cd, As et Cr de la matière sèche (m.s.)

SITE		espèce	date de prélèvement	Hg µg/g (m.s.)	FR-Hg	Cd µg/g (m.s.)	FR-Cd	As µg/g (m.s.)	FR-As	Cr µg/g (m.s.)	FPCR
1a**	SCHEER, point D139	P.rip	16.8	0.091	1.14	0.33	0.33	3.64	1.21	6.06	0.67
1b**	ANDLAU, amont commune d'Andlau	P.rip	15.7	a167	209	0.69	0.69	1.44	0.46	3.99	0.51
1b**	ANDLAU, amont commune d'Andlau	P.rip	6.a	au74	0.92	0.76	a76	0.62	0.21	3.69	0.33
1b**	ANDLAU, amont commune d'Andlau	P.rip	16.8	<0.01	0.06	0.46	0.46	1.23	0.41	4.92	0.70
a	ANDLAU, habitat limnographique	F.aat	16.8	0.606	1.06	1.92	1.92	1.40	0.47	4.36	a61
2	ANDLAU, amont Stoikoffrance	F.aat	16.8	0.315	3.93	a n	a n	3.78	1.26	9.44	1.33
3	ANDLAU, amont Nouvelles Tranchées Haas	A.rip	16.8	0.198	247	0.61	0.61	1.24	a41	6.18	a66
4	ANDLAU, aval Nouvelles Tranchées Haas	P.rip	16.8	a u3	5.53	0.92	a92	1.66	0.55	724.56	10351
5	KIRNECK, aval de la station de Fegersheim	P.rip	16.8	a162	202	0.66	0.66	0.71	0.24	3.10	a73
6	KIRNECK, aval de la station de Fegersheim S.A.	P.rip	16.8	0.501	6.26	0.50	0.50	40.60	0.60	47.66	6.61
7 8	KIRNECK, aval de la station de Fegersheim	F.aat	16.8	0.699	a74	1.64	1.64	273	0.91	78.13	11.16
8 7	KIRNECK, aval de la station de Fegersheim	P.rip	16.8	0.501	6.26	1.33	153	<0.60	<0.20	29.95	4.26
6	ANDLAU, amont de la station de Fegersheim	P.rip	15.9	0.065	0.69	0.25	0.25	40.60	<0.20	9737	13.91
10'	KIRNECK, amont dans la confluence avec l'ANDLAU	P.rip	16.8	0.134	1.67	0.94	0.94	334	1.11	33.43	4.76
13a	ANDLAU, ml de HINGELIM	P.rip	16.8	0.050	0.74	0.77	0.77	3.71	1.24	34.16	4.66
13'	ANDLAU, amont de la zone industrielle de Lippheim	P.rip	23.9	0.066	0.70	0.37	0.37	50.60	<0.20	46.26	6.69
14'	ANDLAU, ml station d'épuration de Fegersheim	P.rip	13.9	0.272	3.40	0.49	0.49	<0.60	<0.20	27.14	3.66

P.rip: *Platyhypnidium riparioides* (Mittw.) Dix.
 F.M.: *Fossils antipyratica* Hedw.

A.rip: *Anthracidium riparium* (Mittw.) Br.Eur.

TABEAU 148:
TEENEURS EN METAUX LOURDS ET FACTEURS DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES
Teneurs en Pb, Cu, Ni, Zn de l'herminette sèche (m.s.)

SITE	espèce	date de prélèvement	Pb (m.s.)	FP Pb	Cu (m.s.)	FP Cu	Ni (m.s.)	FP Ni	Zn (m.s.)	FP Zn
1a*	SCHIBER, post D 129	16.8	16.66	0.88	53.01	2.79	13.63	0.68	289.62	1.35
1b**	ANDLAU, amont commune d'Andlau	15.7	15.07	0.69	29.90	1.57	6.89	0.50	200.91	1.00
1b**	ANDLAU, amont commune d'Andlau	8.8	8.74	0.46	38.15	2.01	2.69	0.43	142.75	0.71
1b**	ANDLAU, amont commune d'Andlau	16.8	4.06	0.21	24.59	1.29	3.69	0.18	101.93	0.91
2a	ANDLAU, bievrier limnigraphie	16.8	13.97	0.74	44.07	2.32	8.45	0.63	306.67	1.63
2	ANDLAU, amont Stocko France	15.9	45.83	2.49	94.40	4.97	15.73	0.57	996.11	4.63
3	ANDLAU, amont Norveilles Tancrottes Haas	15.9	16.06	0.65	1803.81	94.94	395.35	19.22	18873	0.75
4	ANDLAU, aval Norveilles Tancrottes Haas	16.8	36.87	1.94	2267.70	119.35	225.44	28.27	2399	1.18
5	KURNECK, aval sections tancrottes	16.8	13.15	0.80	31.31	1.65	5.06	0.25	299.96	1.48
6	KURNECK, aval sections Dogersman S.A.	16.8	14.99	0.79	44.09	2.32	9.96	0.32	337.23	1.69
7a	KURNECK, amont de Bourghain	16.8	207.03	10.90	102.86	5.41	29.95	1.49	298.54	12.94
7b	KURNECK, aval de Bourghain	16.8	78.20	3.2	101.50	5.34	24.96	1.25	903.09	4.73
8	KURNECK, amont de Epagnac à Vailly	15.9	954.64	8.14	89.73	4.72	67.73	2.48	191.90	0.95
9	KURNECK, amont de sa confluence avec l'ANDLAU	16.8	35.11	0.5	85.26	4.49	10.13	0.89	262.22	1.47
10	KURNECK, aval de Epagnac à Vailly	16.8	32.67	1.72	106.92	5.63	213.84	10.69	397.98	1.99
11	KURNECK, amont de la Zone Industrielle de Lipstein	13.9	83.01	0.7	40.54	2.13	111.97	6.60	207.10	1.24
12	KURNECK, amont de Epagnac de Pogreheim	15.9	76.92	0.5	37.52	1.97	45.63	0.35	328.50	1.63

Les données sont exprimées en mg/kg de matière sèche (m.s.)
 Les facteurs de pollution (FP) sont exprimés en mg/kg de matière sèche (m.s.)
 Les données sont exprimées en mg/kg de matière sèche (m.s.)

7.1. LE DEGRE DE POLLUTION ACTUEL DE L'ANDLAU

7.1.1. LA POLLUTION PAR LE CUIVRE ET PAR LE NICKEL

La distribution des teneurs en ces deux **métaux** le long du **profil** longitudinal de l'ANDLAU (Tableau 12) **révèle** un **degré** de pollution **élevé**. Pour le Cu, on constate une pollution exceptionnelle au niveau des stations 3 (Figures **11, 12**), à l'aval de STOCK0 FRANCE, (FG 73.4) et 4 (FG: 92.2, Tableau 13).

Dans le cas du Ni (Figure 12) dont le "bruit de fond naturel" est **très** faible pour ce secteur **géologique** (3.7 $\mu\text{g Ni/g}$ (ms), station 1 b, Tableau 12). Les stations 3 et 4 **révèlent** une pollution importante pour le Cu et le Ni: Les FG **s'élèvent à** 107.1 et **142,4** respectivement.

Les teneurs en Cu et en Ni dans les bryophytes aquatiques provenant de ces deux stations, surtout en les confrontant aux profils obtenus **à** l'aide des **sédiments** (Figures **3, 4**) **reflètent** une pollution chronique due au relargage de ces deux **métaux à** partir des **sédiments** anciennement pollués par STOCK0 FRANCE. Les **résultats** obtenus **à** l'aide des bryophytes indiquent que la rivière reçoit toujours des rejets contenant du Cu et du Ni qui s'ajoutent aux contaminations a historique **à** des **sédiments**.

Les concentrations en Cu et en Ni des **échantillons** de mousses montrent **également** que ces deux **métaux** sont fortement biodisponibles dans des **systèmes** aquatiques.

Au niveau du cours aval de l'ANDLAU, **représenté** par les stations 8 **à** l'aval de la station **d'épuration** du SIVOM, **13a à** l'aval de la commune de HINDISHEIM, 13 en amont de LIPSHEIM et 14 **à** l'aval de la station **d'épuration** de FEGERSHEIM, les FG se situent entre 0.7 et 2.0 pour le Cu indiquant une "situation normale", alors que pour le Ni **apparaît** une "pollution certaine" au niveau de la station 13a (FG: 15.7).

Ces **résultats** confirment ceux obtenus **à** l'aide des **sédiments** et illustrent le **déplacement** de pics de pollutions "historiques" le long du profil amont - aval.

FIGURE 11: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES PAR LE CUIVRE (Cu)

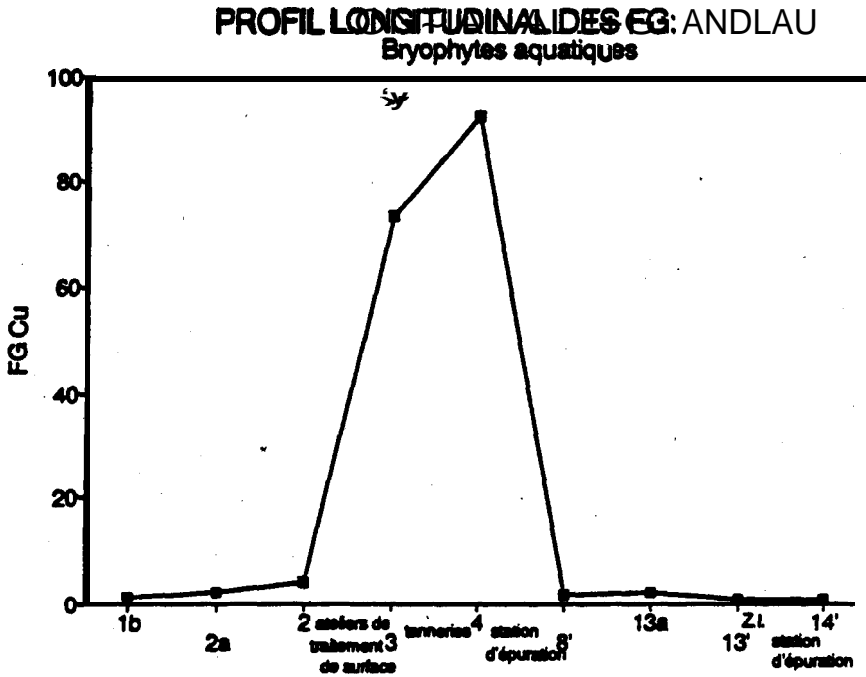
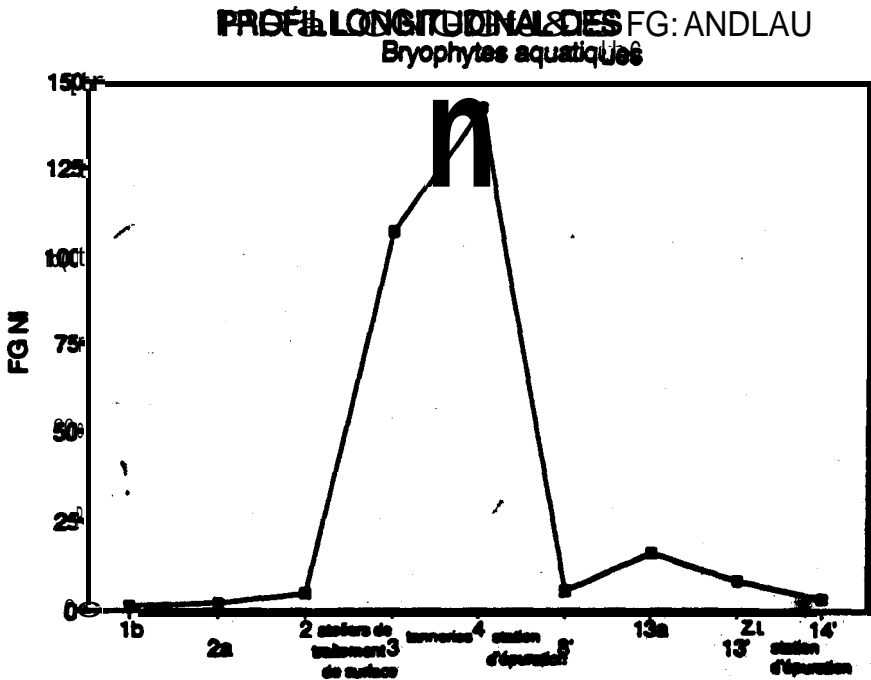


FIGURE 12: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES PAR LE NICKEL (Ni)



LA POLLUTION PAR LE CHROME

Les teneurs en Cr dans les bryophytes aquatiques du cours de l'ANDLAU **situé** en amont des **NOUVELLE TANNERIES HAAS à EICHHOFFEN**, comprenant les stations **1 b, 2a, 2 et 3**, **reflètent** une **situation normale** **avec** des FG allant **de 0.9 à 1.9**.

Le "bruit de fond naturel" pour le Cr est **très** faible: **4.92 µg Cr/g** (ms) au **niveau de** la station de **référence** amont de **l'ANDLAU (1 b)**.

Par contre, le point de **prélèvement** 4 **situé à** l'aval de **NOUVELLES TANNERIES HAAS à EICHHOFFEN** (Figure **13**), est **caractérisé** par une "pollution exceptionnelle". Par rapport **à** la teneur en Cr **rencontrée** au niveau de la station de **référence** amont (1 b), le FG pour la station 4 **révèle** une augmentation d'un facteur **147,3** de la teneur en Cr. La teneur en Cr de la mousse **prélevée à** l'aval de la station **d'épuration à VALFF** (**97.4 µg/g** ms; station 8) **révèle** des apports de Cr avec les eaux provenant de celle-ci.

Le cours aval de l'ANDLAU est **caractérisé** par des teneurs indiquant une **situation normale** **vis-à-vis** d'une pollution par ce **métal**.

En comparant le profil longitudinal obtenu **à** l'aide des mousses aquatiques avec celui **réalisé à** l'aide des sédiments, on constate que les FG des bryophytes (FG: 147.3, station 4) pour le Cr sont nettement **supérieurs à** ceux observés pour les sédiments (FG: 1.2).

Cela pourrait être dû **à** une faible teneur en **matière** organique du **sédiment** en ce point de **prélèvement** (COT: **30.6 mg/g** de la fraction **< 20 µm**, Tableau 7) ou **à** la forte **mobilité** du Cr dans les **systèmes** aquatiques (BREMONT & VUICHARD 1973).

Cette **hypothèse** semble peu probable, car les sédiments provenant d'autres **stations** contiennent des teneurs importantes en Cr pour des teneurs en COT qui ne **dépassent** que faiblement celle des sédiments de la station 4 (Tableau 8).

FIGURE 13: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES PAR LE CHROME (Cr)

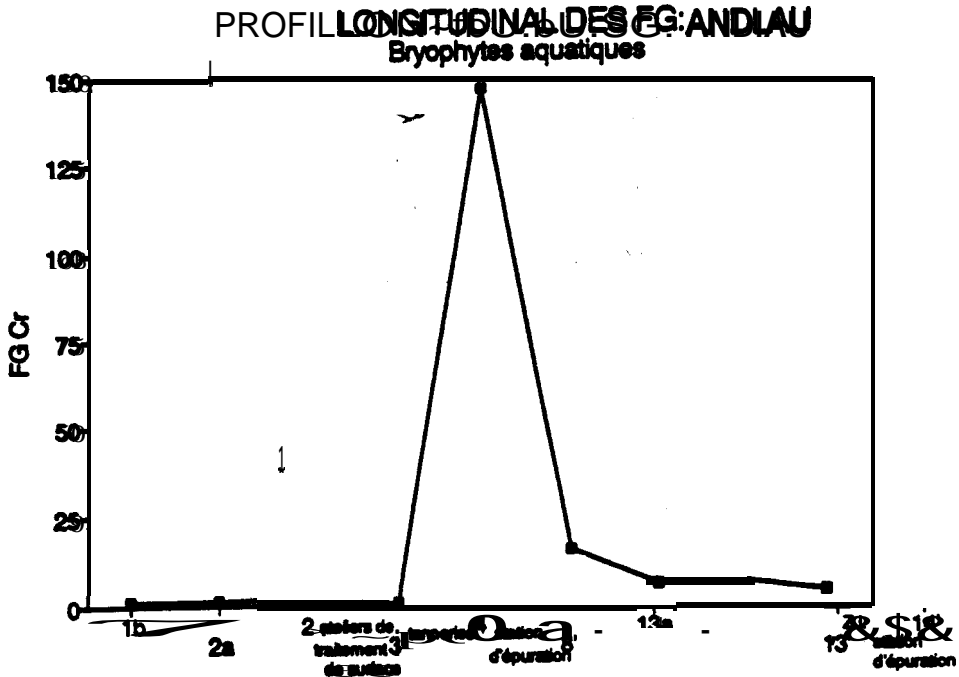
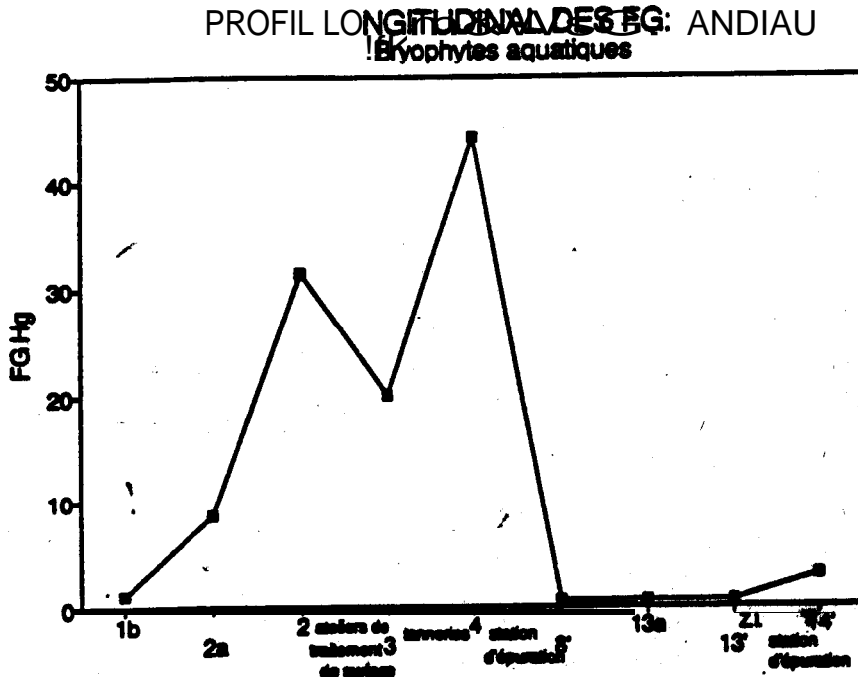


FIGURE 14: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES PAR LE MERCURE (Hg)



7.13. LA POLLUTION PAR LE MERCURE

Le profil longitudinal des teneurs en Hg dans les mousses **aquatiques** ressemble **étroitement à** celui obtenu **à** l'aide des **sédiments** (Figures 7, 14). Pour le cours amont de **l'ANDLAU**, les teneurs des bryophytes **reflètent** une "pollution importante" avec un FG de **44.73 à** la station 4 en se basant sur la teneur **très** faible de la mousse en Hg **prélevée à** la station de **référence** 1 b ($\leq 0.01 \mu\text{g Hg/g}$ (mss)).

Vers l'aval, les teneurs en Hg sont faibles et indiquent une **à** situation normale • . Le FG, un peu plus important, de la station 14 (FG: 3.0) peut indiquer un apport de ce **métal** par la station **d'épuration** de FEGERSHEIM, mais il semble plus probable que des remous de **l'Ill, rivière contaminée** par ce **métal**, apportent du Hg. A noter que **le FP** pour le **sédiment prélevé** lors de la campagne annuelle 1993 pour l'Agence de l'eau Rhin-Meuse **était** de 17.7.

7.2. LE DEGRE DE POLLUTION ACTUEL DE LA KIRNECK

7.2.1. LA POLLUTION PAR LE CHROME

La situation **réflétée** par les teneurs en Cr des bryophytes aquatiques du secteur amont de la **rivière** correspond pour les FG, sur la base de la grille **d'interprétation** des FP, **à** une "situation normale".

Au niveau du cours moyen de la **KIRNECK**, on observe une "pollution certaine" (FG: **9.7**), **à** l'aval des tanneries DEGERMANN S.A. **à** BARR (station 6, Figure 15).

Sur la base de la **méthode** des mousses aquatiques, le cours aval est **caractérisé** par une **à** situation normale • avec des FG de 4.9 et de 5.5 aux points 7 et 10 respectivement. En comparaison avec les FG des **sédiments** de ces stations indiquant une **à** pollution importante • et une **à** pollution exceptionnelle • par cet **élément** (station 7, FG: 17.6; station 10, FG: **29.4**), les FG des mousses aquatiques sont **très** faibles et auraient tendance **à** laisser croire **à** une "situation normale" dans ce secteur. Les **résultats différents** obtenus **à** l'aide de ces deux supports **analytiques différents** **révèlent** plutôt une faible biodisponibilité du Cr dans ce secteur **géologique caractérisé** par des sables fins vosgiens (cf Chap. 2).

FIGURE 15: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES PAR LE CHROME (Cr)

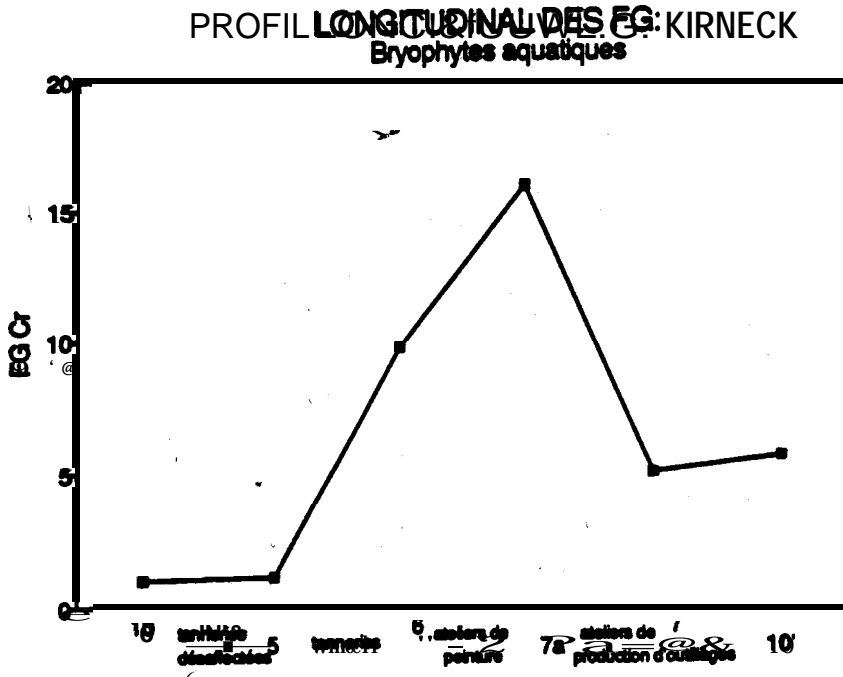
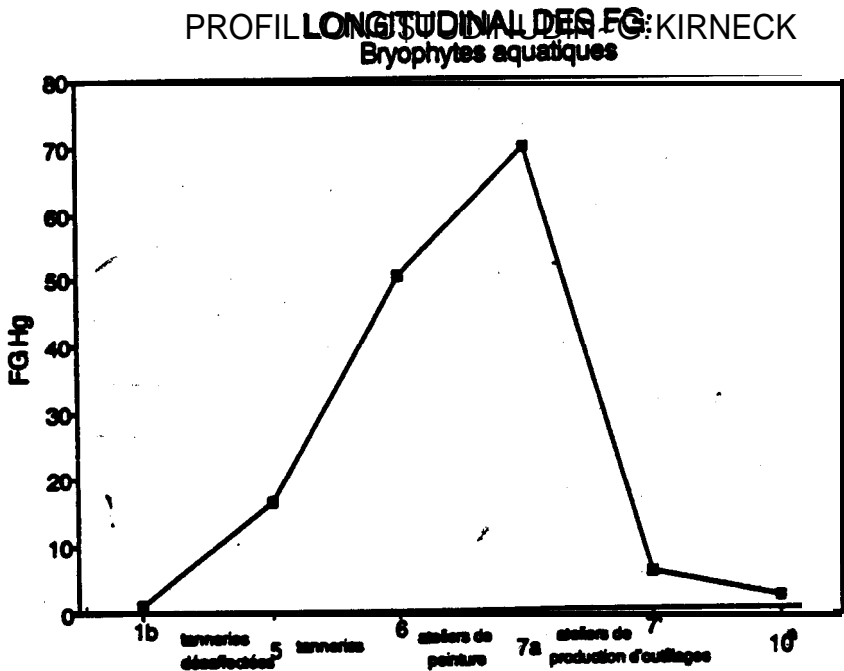


FIGURE 16: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES PAR LE MERCURE (Hg)



7.2.2. LA POLLUTION PAR LE MERCURE, LE PLOMB ET LE ZINC

Les teneurs en Hg des bryophytes aquatiques montrent sensiblement la même distribution spatiale que celle rencontrée pour les sédiments (Figures 9, 16).

La mousse provenant du point de prélèvement supplémentaire 7a, située à l'amont de la commune de Bourgheim, montre une teneur supérieure à celle de la station 7 à l'aval de cette commune. Les FG (69.9 et 4.9 pour les points 7a et 7 respectivement) indiquent une pollution exceptionnelle pour la station 7a et une situation normale pour la station 7.

La source de pollution semble être située en amont de BOURGHEIM et à l'aval du secteur des anciennes tanneries à BARR (station 5). Rien ne permet de déduire s'il s'agit de pollutions "historiques" (relargages à partir des sédiments) ou de pollutions récentes.

Comme pour les sédiments, les teneurs en Pb des bryophytes aquatiques révèlent une pollution du tronçon de la KIRNECK (Tableaux 13, Figure 17) qui se situe à l'aval du secteur des anciennes tanneries à BARR (station 5, FG: 3.7). Les FG les plus importants sont atteints au niveau de la station 7a en amont de la commune de BOURGHEIM (FG Pb: 51.0; Zn: 14.2).

La source de pollution pour le Zn est à rechercher à l'aval de la station 6 située au centre ville de BARR et en amont de BOURGHEIM (Figure 18). A mentionner ici que le tronçon de la KIRNECK, qui est représenté par la station 7a peut être décrit comme une rivière peu profonde (anciennes petites machines agricoles, ustensiles en métal dans la rivière peu profonde).

La pollution par le Pb semble due à des apports de ce métal au niveau du secteur amont de la ville de BARR, comme dans le cas du Hg.

Malheureusement, les informations recueillies auprès des administrations compétentes ne permettent pas d'identifier les sources de pollution.

FIGURE 17: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES PAR LE PLOMB (Pb)

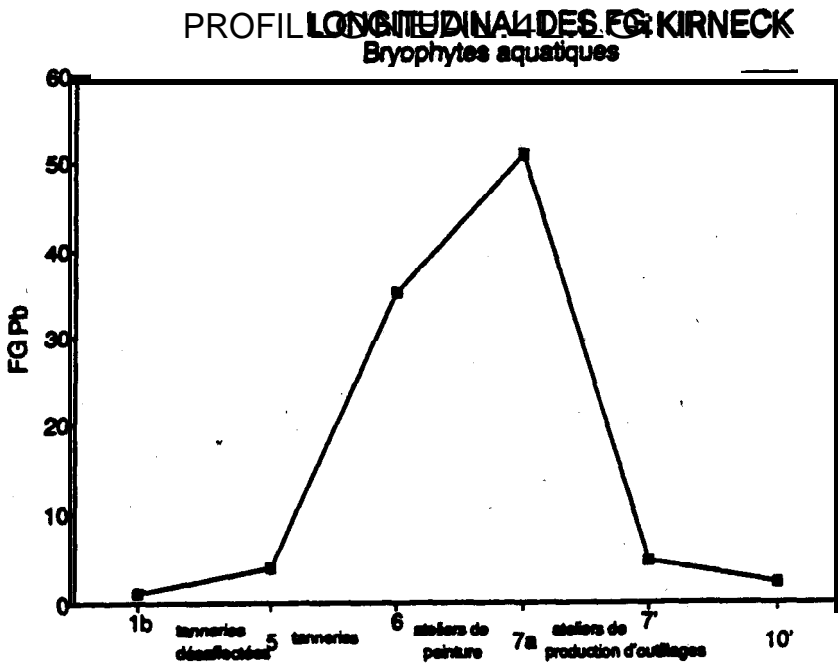
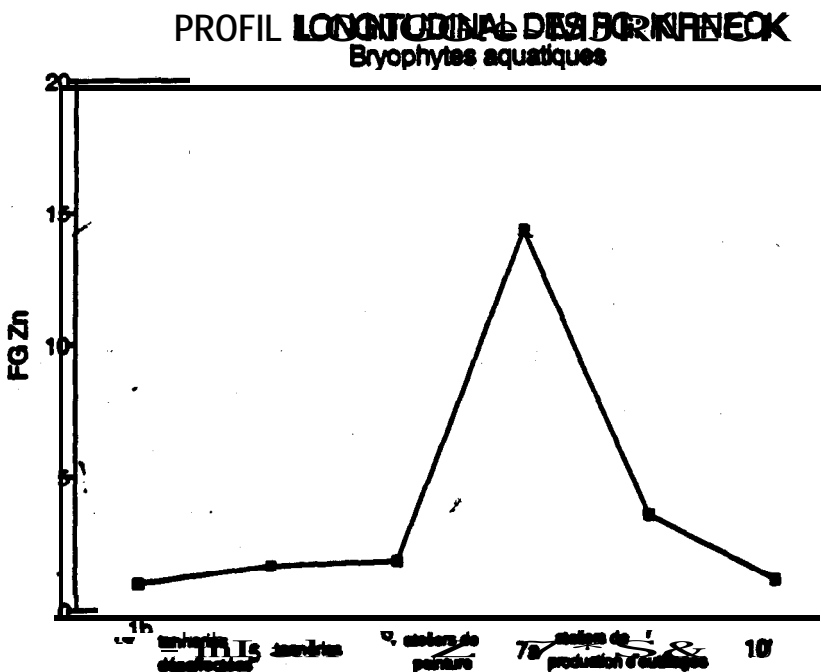


FIGURE 18: PROFIL LONGITUDINAL DU DEGRE DE POLLUTION DES BRYOPHYTES AQUATIQUES PAR LE ZINC (Zn)



CONCLUSION GENERALE

Les teneurs en Cd et en As dans les **sédiments** et les **bryophytes du réseau** hydrographique de l'ANDLAU indiquent l'absence actuelle de sources de pollutions pour ces **éléments**. Dans le cas du Pb et du **Zn**, la situation est comparable, à part quelques restrictions pour l'**ANDLAU** et pour la KIRNECK

Les **éléments présents** dans les cours d'eau de ce bassin à des concentrations **représentant** des pollutions certaines ou exceptionnelles sont: Cr, Cu, Ni et Hg.

Deux affluents de l'**ANDLAU**, le DACHSBACH et la SCHEER (SCHEER NEUVE) **présentent** une situation normale pour les 8 **éléments recherchés**.

Les **résultats** obtenus à l'aide de deux supports analytiques **différents**, à savoir des **sédiments** et des bryophytes aquatiques, **mènent**, quand on les utilise **séparément**, à des **interprétations** divergentes du **degré** de pollution d'une **rivière** par des **métaux** lourds (Figures 19 à 21). Par exemple: selon les **résultats** obtenus à l'aide des **sédiments**, ce sont les stations 7 (KIRNECK à l'aval de BOURGHEIM), 13 (ANDLAU en amont de LIPSHEIM) et 3 (ANDLAU à l'aval de STOCKO FRANCE) qui sont les plus **polluées** par certains **métaux**. En se basant sur les **résultats** obtenus à l'aide des mousses aquatiques, ce sont **plutôt** les stations 7 et 7a (KIRNECK à l'aval et en amont de BOURGHEIM) qui sont le plus fortement **polluées** par des **métaux**.

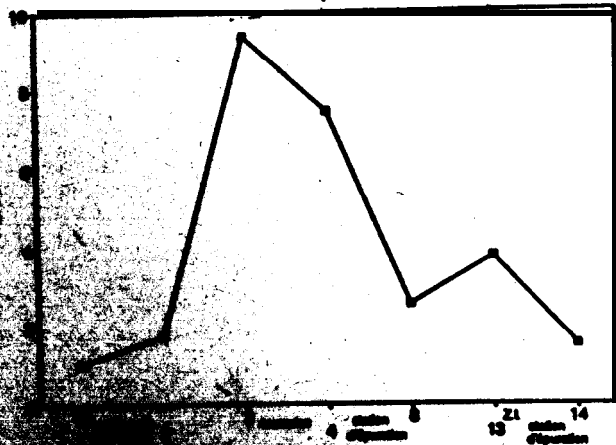
Pour certains points, l'**interprétation** du **degré** de pollution peut varier en fonction du support analytique **utilisé** (par exemple au niveau de l'ANDLAU: station 3, à l'aval de STOCKO FRANCE, et station 4, à l'aval des NOUVELLES TANNERIES HAAS. Pour Cu, Ni et Cr, les teneurs des **sédiments** montrent des valeurs nettement plus **élevées** que **celles** des bryophytes.

Dans l'ensemble, les bryophytes **présentaient** des Facteurs de contamination par secteur **géochimique** (FG) plus importants que les **sédiments**. Cela peut être dû, soit à la grande **mobilité** des ions **métalliques** dans ce **système** aquatique, -soit à des effets de concentration lors des basses eaux en **été**.

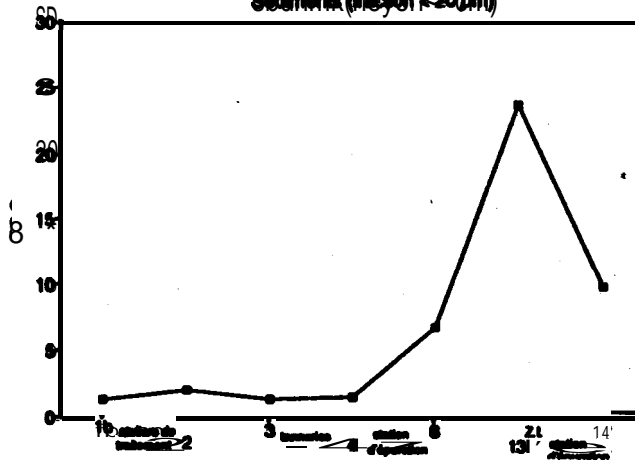
Les **profils** longitudinaux des **sédiments** et des mousses aquatiques **réalisés** pour **évaluer** le **degré** de pollution l'ANDLAU par le chrome **diffèrent** fortement l'un de l'autre.

FIGURE 19: PROFILS LONGITUDINAUX DU DEGRE DE POLLUTION
 FG des sédiments de L'ANDLAU et de la KIRNECK pour les Cu, Ni, Cr et Hg

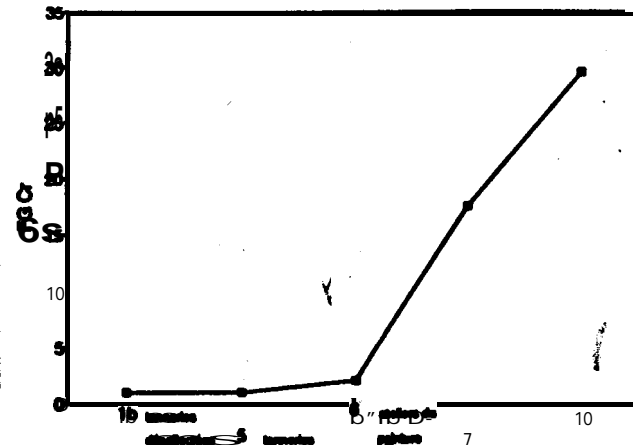
PROFIL LONGITUDINAL DES FG: ANDLAU
 Sédiments (fraction < 20 µm)



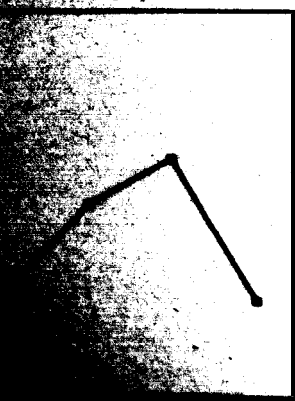
PROFIL LONGITUDINAL DES FG: ANDLAU
 Sédiments (fraction < 20 µm)



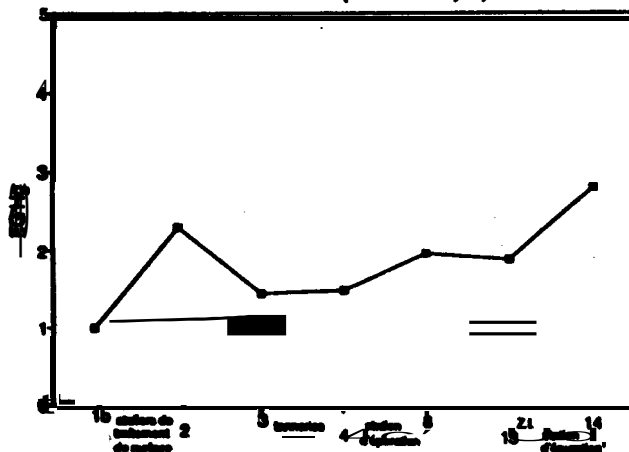
PROFIL LONGITUDINAL DES FG: KIRNECK
 Sédiments (fraction < 20 µm)



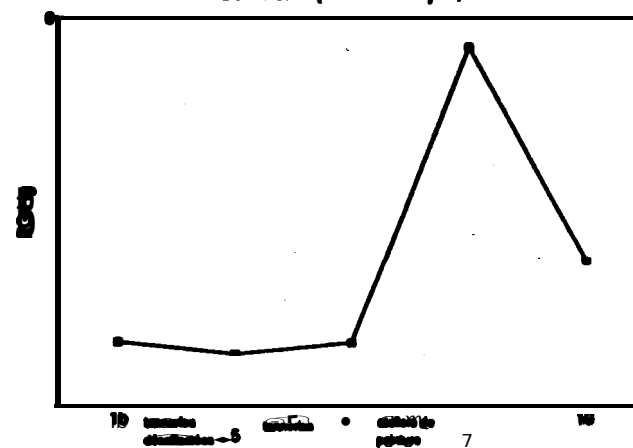
PROFIL LONGITUDINAL DES FG: ANDLAU
 Sédiments (fraction < 20 µm)



PROFIL LONGITUDINAL DES FG: ANDLAU
 Sédiments (fraction < 20 µm)



PROFIL LONGITUDINAL DES FG: KIRNECK
 Sédiments (fraction < 20 µm)



Ils ont permis de **déceler** l'existence de pollutions a historiques par Cr. Au niveau du secteur amont de l'ANDLAU, les teneurs en Cr des bryophytes **prélevés** à l'aval des NOUVELLES TANNERIES HAAS à EICHHOFFEN (station 4) et à l'aval des tanneries DEGERMANN S.A. à BARR (stations **6, 7a**) **révèlent** le passage de pics de pollution **récents**. Les teneurs des **sédiments** (stations 4, 7 (KIRNECK à l'aval de **BOURGHEIM**)) **reflètent** l'existence de pollutions anciennes **et/ou** chroniques par ce **métal**. Cette **interprétation** se trouve **encore consolidée** par les teneurs en Cr des sédiments des secteurs aval, autant de l'ANDLAU que de la KIRNECK (stations 13, **ANDLAU** en amont de LIPSHEIM, et 10, **KIRNECK** à l'aval de VALFF) qui illustrent les **mécanismes** de transport (non continu) des sédiments **contaminés** suivant le gradient amont -aval.

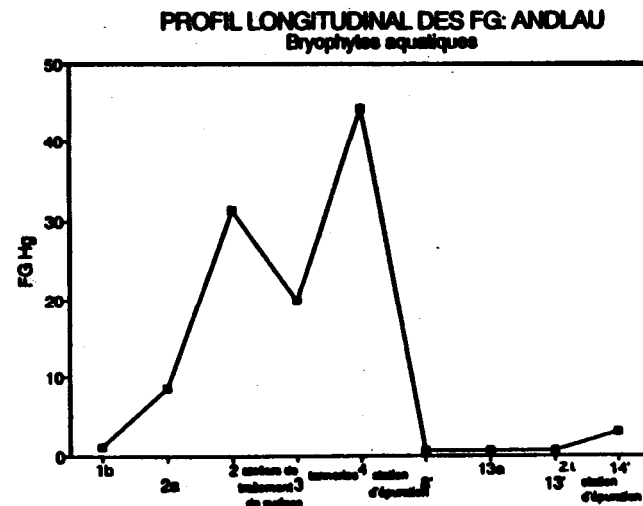
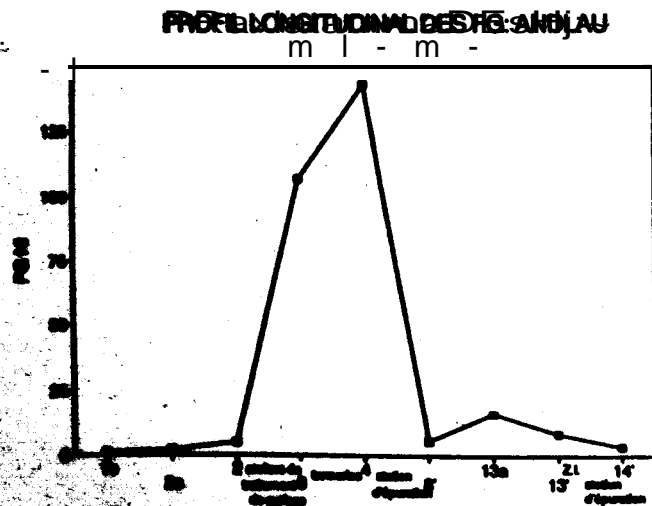
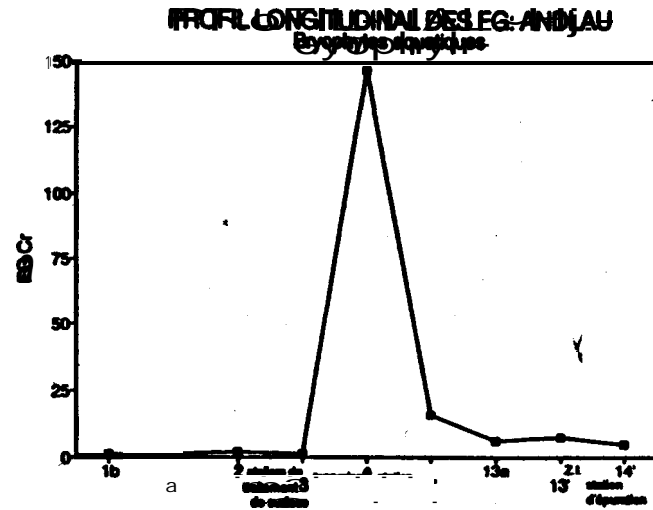
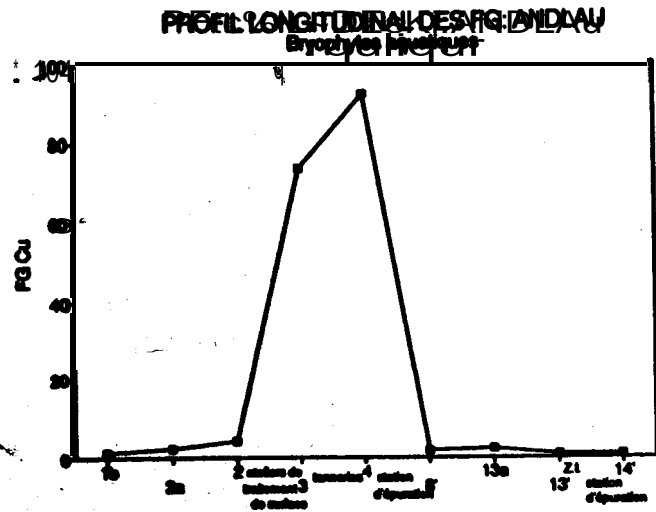
La contradiction apparente au niveau de la station 13 pour le Cr, entre de faibles teneurs dans les bryophytes et des teneurs **élevées** dans les sédiments, peut s'expliquer par la mauvaise biodisponibilité de cet **élément**. Elle n'exclut pas un impact au niveau de la faune benthique **très** sensible au Cr.

On observe le **même phénomène** pour Cu et Ni, avec deux secteurs pollués dont l'un est situé au niveau du cours amont de l'ANDLAU (stations **3, 4**) et l'autre au niveau du cours aval **de la rivière** (stations 13, 138). Les teneurs en Cu et en Ni **rencontrées** à la station 3, à l'aval des ateliers de traitement de **surface** de STOCKO FRANCE, **révèlent la présence** de pollutions **récentes** qui sont **reflétées** par les teneurs **élevées** dans les **bryophytes**, ainsi que des pollutions a historiques traduites par les teneurs importantes en ces **métaux** dans les **sédiments**.

La **présence simultanée** de teneurs importantes en Cu et en Ni dans les sédiments du cours aval **de l'ANDLAU** en amont de LIPSHEIM (station 13) illustrent, une fois de plus, l'existence du **déplacement**, souvent discontinu, des pics de **pollution** dans **l'espace** (distribution-amont-aval) et dans le temps (les **sédiments contaminés** sont transportés plus ou moins vite de l'amont vers l'aval).

Ce **déplacement dépend** de l'**hydraulicité** du cours d'eau, de la géochimie des secteurs **parcourus** et des **mécanismes** de **fixation/relargage** à l'interface **eau-sédiment**.

FIGURE 20: PROFILS LONGITUDINAUX DU DEGRE DE POLLUTION
 FG des Bryophytes aquatiques de l'ANDLAU pour le Cu, Ni, Cr et le Hg



On note également des teneurs élevées en Hg, tant dans les sédiments que dans les mousses aquatiques à hauteur de la commune d'ANDLAU et à l'aval de la commune BARR. Une source de pollution précise n'a pas été identifiée et les teneurs importantes de "bruit de fond naturel" ne suffisent pas à expliquer ces taux de Hg des deux supports analytiques. S'agirait-il de pollutions mercurielles qui atteignent les secteurs amont des vallées, depuis la plaine, par voie atmosphérique?

Comparés aux résultats obtenus à l'aide des sédiments, ceux de la 3^{ème} phase révèlent des pollutions supplémentaires de la KIRNECK par deux métaux. Il s'agit du Pb, du Zn et du Hg rencontrés à des concentrations indiquant une pollution par ces éléments, surtout au niveau de la station 7a située à l'amont de BOURGHEIM. Des apports diffus mis à part, une éventuelle source de pollution, au moins pour le Pb et le Zn, peut être représentée par des ateliers de peinture situés dans ce secteur, mais rien ne nous permet de l'affirmer avec certitude.

Les résultats obtenus à l'aide des analyses effectuées sur des échantillons de sédiments et de bryophytes aquatiques montrent clairement l'existence de rejets, anciens et récents, de métaux lourds dans l'ANDLAU et dans la KIRNECK provenant très certainement des installations classées (Cr, Cu et Ni) ou de sources soit non identifiées ou diffuses (Hg, Pb et Zn).

Les profils longitudinaux réalisés à l'aide des sédiments révèlent:

- l'impact spatio-temporel des pollutions par des métaux lourds, leur persistance dans les cours d'eau.

- la discontinuité des mécanismes de transport de sédiments contaminés au sein d'une rivière.

- la difficulté d'évaluer de façon précise le degré de contamination d'un cours d'eau vis-à-vis des pollutions par des micropolluants persistants, car on risque toujours de prélever en amont ou à l'aval d'un pic de pollution.

Les profils longitudinaux réalisés à l'aide des mousses aquatiques montrent:

- l'existence de pollutions récentes qui n'ont pas pu être détectées à l'aide des sédiments

- des différences en ce qui concerne la biodisponibilité des métaux lourds

FIGURE 21: PROFILS LONGITUDINAUX DU DEGRE DE POLLUTION

FG des bryophytes aquatiques de la KIRNECK pour le Cr, Hg, Pb et le Zn

