

agence de bassin rhône méditerranée corse - service des études générales

31, rue Jules Guesde 69310 Pierre-Bénite tél.: 78 50 16 40



n° 11046

COMPARAISON DE DEUX TRACEURS DE LA POLLUTION METALLIQUE DES COURS D'EAU : LES BRYOPHYTES LES SEDIMENTS

B. ANDRE
C. LASCOMBE

dessins et figures C. LASNIER

Septembre 1985

RESUME

Dans le cadre des réseaux de mesure de la pollution des cours d'eau français, les métaux, auparavant recherchés uniquement dans l'eau, sont, depuis 1981, aussi analysés dans les sédiments qui concentrent la micropollution et en intègrent les variations dans le temps. Cette méthode n'a pas fourni toute l'information qu'on en attendait. Certains auteurs se sont donc intéressés aux compartiments biologiques, et en particulier aux bryophytes aquatiques. La présente étude compare les deux supports : sédiments et mousses, grâce à des prélèvements effectués :

- * En un grand nombre de sites du bassin Rhône-Méditerranée sur un seul passage.
- * Pour quelques stations de Rhône-Alpes, selon un suivi sur trois campagnes.

Au terme de ce travail, il apparaît que les bryophytes présentent de nombreux avantages, en particulier pour une utilisation routinière en tant que traceur de la pollution métallique :

- * Leur échantillonnage est aisé.
- * Le conditionnement et le transport des échantillons est facilité par la légèreté du matériel.
- * Le support est stable et non perturbé par les conditions hydrologiques comme le sont les sédiments.
- * Leur capacité d'accumulation est plus forte que celle des sédiments.
- * Les mousses permettent une localisation précise des apports métalliques et la mise en évidence de pollutions discontinues.

ABSTRACT

In measuring pollution in the rivers of France, metals, previously analyzed only in water, have been, since 1981 analyzed also in sediments which concentrate micropollution and integrate its time variations. This method has not always provided the expected information. Certain authors have therefore become interested in biological compartment and, especially, in aquatic bryophytes. This study compares the two supports, sediments and mosses obtained :

- * In specimens from a large number of sites in the Rhône-Méditerranée basin in one exercise.
- * For a few Rhône-Alpes stations in a follow-up of three campaigns.

As a conclusion to this work, it seems that bryophytes have numerous advantages, in particular in routine use as a marker of metallic pollution :

- * The sampling is easy.
- * The conditioning and the transport of the samples are made easy by the lightness of the material.
- * The support is stable and not disturbed by the hydrological conditions as it is the case with sediments.
- * Their capacity of accumulation is greater than that of sediments.
- * Mosses indicate precisely the metallic in-flow and identify discontinuous pollutions.

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	6
<u>I - PRESENTATION COMPAREE DES DEUX METHODES</u>	8
A/ <u>COMPARAISON DES SUPPORTS</u>	8
B/ <u>COMPARAISON DES PROTOCOLES</u>	10
a/ ECHANTILLONNAGE	10
b/ CONDITIONNEMENT ET CONSERVATION DES ECHANTILLONS	13
c/ TRAVAIL DE LABORATOIRE	13
C/ <u>INTERPRETATION DES RESULTATS</u>	13
a/ DEFINITION DES TENEURS DE REFERENCE	13
b/ DEFINITION DES FACTEURS DE POLLUTION ET DE CONTAMINATION	14
c/ DEFINITION D'UN SEUIL DE SIGNIFICATION	16
<u>II - CADRE DE L'ETUDE</u>	18
A/ <u>RIVIERES ET SITES D'ETUDE</u>	18
a/ ETUDE GENERALE A L'ECHELLE DU BASSIN	18
b/ ETUDE PARTICULIERE DE QUELQUES COURS D'EAU	20
B/ <u>CARACTERISTIQUES DU MATERIEL</u>	22
a/ BRYOPHYTES	22
b/ SEDIMENTS	24

<u>III - RESULTATS ET DISCUSSION</u>	26
A/ <u>INFLUENCE DE L'ECHANTILLONNAGE</u>	26
a/ INCIDENCE DE L'HETEROGENEITE DU MATERIEL SUR LES RESULTATS	26
b/ INCIDENCE SUR LES RESULTATS DE LA LOCALISATION DU PRELEVEMENT	32
c/ CONCLUSION : STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE	38
B/ <u>INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES</u>	40
a/ TYPE HYDROLOGIQUE	40
b/ VARIATIONS DE DEBIT	42
C/ <u>CAPACITE D'ACCUMULATION ET SENSIBILITE DE REPONSE RELATIONS AVEC LES REJETS ET LES VALEURS DANS L'EAU</u>	46
a/ CAPACITE D'ACCUMULATION	46
b/ SENSIBILITE DE REPONSE	48
c/ CONFRONTATION AVEC LES DONNEES DE REJETS	48
d/ CONFRONTATION AVEC LES DONNEES SUR L'EAU	52
<u>CONCLUSION</u>	56
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	58
A/ <u>BRYOPHYTES</u>	58
B/ <u>SEDIMENTS</u>	60
C/ <u>COURS D'EAU DE RHONE-ALPES : GENERALITES</u>	62

INTRODUCTION

Depuis les années 60, les pouvoirs publics ont le souci d'améliorer la qualité des eaux en France. Ainsi, une partie de la macropollution des cours d'eau (matière organique, matières en suspension...) a été notablement réduite grâce à la mise en place de dispositifs d'épuration.

Cette pollution voyante masque le plus souvent d'autres contaminations beaucoup plus insidieuses et dont les effets sont susceptibles de s'exercer à court et à long terme : il s'agit de micropollution dont la caractéristique principale est qu'elle met en cause des polluants chimiques présents en faible concentration dans un milieu donné. Ces substances sont généralement peu dégradables, difficiles à éliminer et susceptibles d'accumulation dans les chaînes alimentaires.

Une forte diversité de produits est concernée, dont les métaux : éléments très stables, ayant un fort caractère biocumulatif, leurs effets toxiques ont été mis en évidence par des cas de contaminations célèbres (Maladies d'Itai-Itai pour le cadmium, de Minamata pour le mercure...). Les risques qu'ils représentent pour la santé humaine et l'environnement justifient pour la plupart d'entre eux leur classement parmi les substances prioritaires à risque toxique élevé (LARBAIGT, 1983).

Les gestionnaires de l'eau s'intéressent de plus en plus aux micropollutions, et tentent de réduire les rejets polluants. En complément de cette action administrative et technique, ils doivent avoir une connaissance de l'état de contamination du milieu naturel et de son évolution.

Pour cela, se pose un problème de méthode analytique. Jusqu'à ces dernières années, les micropolluants étaient recherchés dans l'eau. Cette solution présente l'avantage de traduire l'état de pollution du vecteur primaire de contamination et de donner des résultats directement utilisables pour le contrôle de certains usages de l'eau (alimentation humaine par exemple). En revanche, cette façon de procéder présente deux difficultés :

- * Représentativité de l'échantillonnage : Du fait du caractère discontinu des rejets, les concentrations en métaux dans l'eau, plus encore que d'autres formes de pollution se caractérisent par une forte variabilité spatiale et temporelle ; il n'est donc pas aisé d'obtenir un échantillon représentatif d'un état de pollution moyen.
- * Identification des éléments : Les concentrations observées varient de 0,1 µg/l à quelque 100 µg/l . Les procédés analytiques de routine sont souvent de sensibilité insuffisante, et fournissent une majorité de valeurs inférieures aux seuils de détection.

L'attention s'est alors portée sur des compartiments intégrateurs du milieu aquatique et concentrateurs éventuels des micropolluants, susceptibles de compléter ou de remplacer les analyses sur eau.

Il s'agit :

- * De compartiments "inertes" : - matières en suspension
- sédiments
- * De compartiments biologiques : - végétaux (phytoplancton, périphton, algues macroscopiques, phanérogames, bryophytes)
- animaux (invertébrés dont mollusques, poissons...)

La méthode d'analyse des métaux à partir des sédiments a été développée en France par différents auteurs dont : VERNET et coll. (1976), ROFES (1980), ROBBE (1981 et 1984), BELAMIE et coll. (1982, 1983).

Depuis 1981, elle a été utilisée pour effectuer des mesures de routine sur l'ensemble des six bassins français, dans le cadre des réseaux de mesure de la pollution (INP : Inventaire National de la Pollution, SAB : Suivi Allégé de Bassin).

De nombreuses informations sur l'état de contamination métallique des cours d'eau ont ainsi été obtenues (MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE, 1980 ; ROBBE et coll., 1984 ; ABRMC et SRAE* Rhône-Alpes, 1982 ; BRGM** 1982 et 1984). Mais les sédiments posent des problèmes d'échantillonnage et d'interprétation. C'est pourquoi on s'est intéressé aux compartiments biologiques, et en particulier aux bryophytes aquatiques.

Des travaux effectués d'une part en Belgique (EMPAIN, 1976 a et b ; EMPAIN et coll., 1980), d'autre part en Grande-Bretagne (WHITTON et coll., 1981 ; SAY et coll., 1981 ; SAY et WHITTON, 1983 ; WEHR et WHITTON, 1983 a et b) et en France (MOUVET, 1979, 80, 83 a et b, 84 a, b et c) ont montré l'intérêt que présente ce support.

La présente étude a pour but la comparaison de ces deux traceurs de la pollution métallique des cours d'eau : les sédiments et les bryophytes.

Elle est effectuée en deux temps :

- * Une comparaison à vaste échelle lors d'une campagne de prélèvements.
- * Une comparaison plus fine, pour quelques cours d'eau, permettant d'apprécier la stabilité temporelle des résultats.

* SRAE : Service Régional d'Aménagement des Eaux

** BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

I - PRESENTATION COMPAREE DES DEUX METHODES

A/ COMPARAISON DES SUPPORTS

PHILLIPS en 1977 (in MOUVET, 1984 b) définit la liste d'exigences que devrait remplir le support analytique idéal :

- 1°) Etre sédentaire et donc représentatif du site de prélèvement ;
- 2°) Etre aussi ubiquiste et abondant que possible ;
- 3°) Etre présent à un endroit donné pendant plusieurs années, afin de suivre l'évolution de la pollution et la dépollution éventuelle dans le temps ;
- 4°) Présenter des stades de développement aussi constants que possible ;
- 5°) Avoir une taille, un biotope et un comportement facilitant l'échantillonnage ;
- 6°) Posséder un pouvoir accumulateur tel qu'il permette l'analyse directe sans préconcentration ;
- 7°) Présenter une corrélation simple entre sa concentration en micro-polluants et celle de l'eau qui l'entoure (ceci suppose que l'organisme ne métabolise pas, ni ne synthétise l'élément recherché) ;
- 8°) Résister à de fortes concentrations d'une gamme d'éléments toxiques aussi variée que possible ; il est en effet évident que la qualité première d'un bon indicateur biologique (au sens analytique et non biocénotique) est de ne pas disparaître en présence de la pollution à étudier ;
- 9°) Pouvoir être employé dans des expériences de laboratoire.

Dans le choix du meilleur support, il convient, avant tout, de s'interroger sur la nature de l'indication souhaitée (LASCOMBE, MOUVET, PATTEE, VERREL, 1983) et en particulier s'il s'agit uniquement de la qualité de l'eau ou bien de la disponibilité biologique des polluants d'une façon plus générale (étant entendu que le niveau d'accumulation des métaux dans un compartiment donné ne peut, de toute façon, renseigner sur la contamination de l'ensemble de l'écosystème). Dans la présente étude, nous nous limiterons à l'aspect "qualité de l'eau".

Parmi les compartiments intégrateurs présents dans le milieu aquatique, les sédiments et les bryophytes paraissent les plus aptes à traduire l'état de contamination de l'eau.

tabl. I : Présentation comparée des deux méthodes

	<u>B R Y O P H Y T E S</u>	<u>S E D I M E N T S</u>
A/ COMPARAISON DES SUPPORTS		
NATURE	Biologique mais variété limitée par faible nombre d'espèces	Inerte, caractéristiques multiples
STABILITE	Fixées (sur substrat stable) et pérennes (végétaux vivaces)	Mobiles (transport en relation avec le débit)
UBIQUITE	Présence dans la plupart des sites <u>TRANSFERT</u> possible en cas d'absence	Absence de sédiments de caractéristiques favorables quand fort courant
RESISTANCE A LA POLLUTION	Très grande	Sans limite
POUVOIR ACCUMULATEUR	Très élevé	Très élevé
B/ PROTOCOLE		
1. ECHANTILLONNAGE		
PERIODE OPTIMALE	En début d'étiage	Etiage
MATERIEL	Main nue	Drague, pelle plastique, spatule
QUANTITE	Une poignée (3 g poids sec)	Un litre
PRECAUTIONS NECESSAIRES	Conditions d'immersion	Sélection de matériel fin et organique
DUREE repérage et accès prélèvement	très variable (accès parfois difficile) quelques minutes	très variable 10 mn à 1 heure
2. CONDITIONNEMENT		
	Enveloppe papier Séchage à l'air	Bocaux de verre Milieu réfrigéré
3. CONSERVATION DES ECHANTILLONS		
	Plusieurs mois à l'état sec	24 à 48 h à 4°C
4. TRAVAIL DE LABORATOIRE		
PREPARATION DE L'ECHANTILLON	Réhydratation-lavage Identification de l'espèce Séchage Pesée Attaque acide	Tamisage grossier Séchage-pesée Broyage Calcination Attaque acide
DOSAGE DES METAUX	Absorption atomique	
5. PRIX DU TRAITEMENT (8 METAUX)		
	1.500 - 2.000 F	1.500 - 2.000 F
6. AUTRE ANALYSES PRATIQUES		
	Organochlorés (C. MOUVET 1984-Rapport AFBRMC 1985, sous presse) Radionucléides (CEN Cadarache, MOUVET et coll. 1983)	C, N, P, etc... Organochlorés (nombreux travaux, dont CEMAGREF, BELAMIE et coll. 1982) Radionucléides

CONCLUSION

Dans le cadre d'un réseau de mesure de la pollution des cours d'eau (INP*, SAB*) il convient d'employer des méthodes qui, tout en restant simples au niveau de l'échantillonnage, permettent d'obtenir le maximum d'informations sur la contamination des sites. Au terme de cette étude, les bryophytes apparaissent avantageuses par rapport au sédiment comme traceur de la micropollution métallique de l'eau, ceci pour différentes raisons :

- * Moyennant quelques précautions (cf. III A c - stratégie d'échantillonnage) l'échantillonnage est simple. Le relevé de quelques indications sur le terrain facilite l'interprétation et garantit une meilleure reproductibilité dans le cas de suivis.
- * Le transfert de mousses allochtones permet de pallier l'absence éventuelle de mousses autochtones.
- * La conservation des échantillons secs peut être très longue (vérification possible longtemps après le prélèvement).
- * Ces échantillons très légers peuvent être transportés par la poste (acheminement au laboratoire, intercalibration entre laboratoires).
- * La stabilité du support permet la localisation précise des sources de pollution. De plus, quelle que soit la période d'intervention, l'information obtenue est au moins qualitativement la même (profil identique).
- * Les performances d'accumulation des métaux par les bryophytes sont en moyenne supérieures à celles des sédiments.
- * La représentativité des bryophytes vis-à-vis des rejets est bonne.

Ces différents avantages ont paru suffisants pour justifier, à la suite de ce travail, le remplacement en 1985 des sédiments par les bryophytes dans les réseaux de suivi allégé de la qualité des cours d'eau du bassin RMC (SAB) et leur proposition dans le cadre de l'INP.

Parallèlement à cette application systématique de la méthode, les bryophytes trouvent leur utilisation dans de nombreuses études de cas mettant en jeu la micropollution.

Il convient cependant, dans l'état actuel des connaissances, de les considérer comme des indicateurs spécifiques de la pollution de l'eau, plutôt que de la bioaccumulation et de la contamination générale du milieu.

En effet, rien n'indique que les conditions d'adsorption et de passage des métaux au niveau des membranes cellulaires des mousses soient extrapolables aux autres organismes, en particulier animaux. De plus, les bryophytes, importants dans l'écosystème aquatique en tant qu'abri pour la faune invertébrée, participent peu à la nourriture des consommateurs et ne peuvent être considérés comme représentatifs de la contamination du système trophique.

* INP : Inventaire National de la Pollution.

* SAB : Suivi Allégé de bassin (Agence de Bassin et SRAE)²⁴

Quant aux sédiments, ils ne présentent des conditions satisfaisantes d'utilisation que pour des rivières à courant lent et fond très déposé (ce n'est pas la généralité), au moins dans le bassin Rhône-Méditerranée.

Néanmoins, si le sédiment apparaît généralement moins apte à traduire la qualité de l'eau elle-même, ce compartiment a un rôle important dans le milieu aquatique :

- * Il représente un réservoir important de toxiques. L'ensemble des métaux stockés peuvent être relargués dans le milieu aqueux à l'occasion de certains événements (crue, modification physico-chimique de l'eau...) (HARDING et WHITTON, 1978).
- * Dans les cours d'eau lents à fond déposé, le sédiment constitue une unité biotopique dominante. L'appauvrissement faunistique qui résulte de sa contamination a une incidence majeure sur l'état général de l'écosystème.

L'étude de la contamination métallique des dépôts fournit donc des indications spécifiques :

- * sur la pollution stockée et relarguable ;
- * sur l'état de contamination des écosystèmes lénitiques.

L'utilisation optimale des bryophytes devra encore passer par des études supplémentaires, de façon à mieux apprécier les qualités et les limites de la méthode, et à mieux connaître les phénomènes intervenant dans la fixation des métaux.

- * Certains travaux sont d'ores et déjà engagés par l'équipe de C. MOUVET, en collaboration avec certaines agences de bassin, dont l'ABRMC :

- Etude expérimentale de la cinétique d'accumulation et de relarguage des métaux lourds (relation eau-mousses, compétition entre métaux...) cofinancée par le Comité Scientifique Eau et l'ABRMC.
- Applications aux micro-polluants organiques (en particulier organochlorés) qui s'accumulent également dans les mousses (MOUVET, ABRMC, 1983 ; MOUVET et coll., Agence Rhin-Meuse, 1985).
- Comparaison entre bryophytes autochtones et transferts sur l'Isère (métaux et organochlorés).
- Détermination de valeurs standard et de seuils de signification.

- * D'autres points pourront être développés dans le cadre d'applications au coup par coup, et en particulier les variations de l'accumulation des métaux par les bryophytes selon :

- les espèces
- la localisation en un site donné (hétérogénéité spatiale)

- * Les besoins de connaissances sont à orienter prioritairement sur :

- L'influence des facteurs du milieu et des formes chimiques des éléments polluants sur les phénomènes d'accumulation.
- La connaissance des mécanismes d'accumulation : site de fixation, aspect histochimique.