

EDF**Electricité
de France****Direction des Etudes
et Recherches****Service
Applications de l'Electricité
et Environnement**

28/111994

**Département Environnement
Groupe Gestion de l'Eau et Environnement**
6 Quai Watier
F-78401 CHATOU CEDEX
Téléphone : (33 1) 30 87 76 56
Fax : (33 1) 30 87 8109



CIFFROY P., VAZELLE D., CLAVERI B.*

METHODE DE MESURE DE MICROPOLLUANTS
BIODISPONIBLES BASEE SUR L'UTILISATION DE
BRYOPHYTES EN MILIEU CONTROLE ET SUR UN
MODELE NUMERIQUE D'INTERPRETATION
QUANTITATIVE :

DOSSIER TECHNIQUE

HE-3 1/94/14

Résumé :

Le présent rapport décrit une méthode de mesure de micropollutions biodisponibles des milieux aquatiques, basée sur l'utilisation de bryophytes en milieu hydraulique et physico-chimique contrôlé, et sur l'exploitation d'un modèle numérique d'interprétation quantitative. La méthode proposée découle d'une analyse bibliographique exhaustive, ayant permis de recenser les principaux paramètres hydrauliques, physico-chimiques et biologiques influençant les processus d'échanges à l'interface eau-bryophytes.

Le débit de l'eau mise en contact avec les bryophytes et la présence de matières en suspension dans cette eau constituant deux des paramètres majeurs influençant ces processus, le groupe GEE, en collaboration avec le CREUM, a développé un appareil permettant d'en contrôler ou d'en limiter les effets.

La procédure ainsi définie permet a priori de faciliter l'interprétation des mesures effectuées sur les bryophytes. En particulier, un modèle numérique descriptif développé par le groupe GEE permet de déduire de ces mesures la concentration moyenne dans l'eau du micropolluant étudié.

L'ensemble du procédé décrit dans le présent rapport a fait l'objet d'une demande de brevet, dont le texte figure en annexe.

SYNTHESE

Parmi les paramètres de qualité d'eau qui présentent des risques écotoxicologiques majeurs figurent les micropolluants tels que les métaux lourds ou les radionucléides.

Or, les informations obtenues par un dosage direct dans l'eau apparaissent souvent insuffisantes.

En effet, du fait du caractère discontinu des rejets, les concentrations en métaux ou en radionucléides dans l'eau se caractérisent par une forte variabilité spatiale et temporelle, il apparaît alors délicat d'extrapoler des résultats obtenus à partir d'échantillons instantanés, et d'établir des conclusions quant à l'état moyen de pollution du milieu aquatique. De plus, les concentrations en micropolluants observées dans la plupart des milieux sont faibles ; les procédés analytiques de routine présentent souvent une sensibilité insuffisante et fournissent une majorité de valeurs inférieures au seuil de détection.

A partir des années 1970, l'attention s'est alors portée sur l'utilisation de compartiments intégrateurs du milieu aquatique, tels que les bryophytes (ou mousses aquatiques). La somme des études portant sur l'utilisation des bryophytes pour la détection de micropollutions métalliques, radioactives ou organiques démontre que ce support intégrateur peut être utilement employé en complément ou en substitution des analyses sur eau.

Les méthodologies actuelles de mise en œuvre et d'interprétation permettent d'aboutir à des conclusions descriptives ou semi-quantitatives: identification des micropolluants rejetés ; localisation des sources ou des sites prépondérants de contamination ; classement du milieu aquatique dans une grille de qualité référencée comportant cinq états qualitatifs... Bien qu'utiles à certains suivis de routine, ces méthodes présentent toutefois une lacune majeure : elles ne permettent pas d'établir de relation quantitative entre micropollution mesurée dans les mousses et micropollution présente dans l'eau.

De fait, plusieurs paramètres hydrauliques et physico-chimiques (débit, présence de matières en suspension, pH, présence de compétiteurs cationiques, espèce de la mousse) influent sur les cinétiques d'échanges de micropolluants à l'interface eau/bryophytes. Or, le suivi à long terme, sur le site d'implantation des mousses, de certains de ces paramètres prépondérants apparaît souvent délicat ; toute interprétation quantitative des résultats issus des techniques actuelles d'utilisation des bryophytes, basées sur l'immersion directe des mousses dans le cours d'eau à analyser, semble donc a priori délicate.

C'est pourquoi le groupe CEE, en collaboration avec le CREUM (Centre de Recherches en Ecologie de l'Université de Metz), s'est engagé dans la mise au point d'un appareil

permettant l'utilisation de bryophytes en conditions hydrauliques et physico-chimiques contrôlées, limitant les perturbations liées à la variabilité de certains paramètres, et facilitant une approche quantitative. Le module est conçu sur les principes suivants : une fraction de l'eau à analyser est détournée en continu de son milieu aquatique d'origine ; l'eau dérivée alimente, à débit constant et connu, l'appareil incluant en série un système d'élimination des matières en suspension (par exemple, un décanteur) et un bac contenant une biomasse bryophytique identifiée.

Les résultats obtenus sur cet appareil peuvent être traités postérieurement par un modèle mathématique d'interprétation quantitative (dont le principe est exposé dans le rapport HE-3 1/93- 10). La détermination des constantes cinétiques introduites dans le modèle nécessite la mise en œuvre d'une procédure simple de calibration en laboratoire.

La méthode proposée a été validée par des expériences de terrain spécifiques, dont les résultats complets seront présentés dans un rapport à venir. En outre, une demande de brevet a été déposée le 18 mars 1994 sous le titre suivant "Procédé de dosage de micropolluants biodisponibles dans l'eau et un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé". La technique proposée devrait trouver une première application concrète par une collaboration avec l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse dans le cadre de la convention actuelle EDF-Agence.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1 . ETAT DEL ' ART

- 1.1. Les micropolluants détectables
- 1.2. Mousses autochtones et grilles de qualité
- 1.3. Mousses transférées. Identification et localisation de rejets ponctuels
- 1.4. Conclusions

2. ÉTUDES PARAMÉTRIQUES DES ÉCHANGÉSEAU/BRYOPHYTES

- 2.1. Paramètres hydrauliques
- 2.2. Paramètres physico-chimiques
 - 2.2.1 *Les matière.~ en suspension (MES)*
 - 2.2.2 *Le pH*
 - 2.2.3 *Les “compétiteurs” cationiques*
 - 2.2.4 *Les complexants*
- 2.3. Les paramètres biologiques
- 2.4 Autres paramètres
- 2.5 Synthèse

3. MODULE D'UTILISATION DE BRYOPHYTES EN CONDITIONS HYDRAULIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES CONTRÔLÉES : INTÉRÊT ET PRINCIPES

- 3.1. Les paramètres contrôlés
 - 3.1.1 *Les condition.~ hydrauliques*
 - 3.1.2 *Les matières en suspension*
 - 3.1.3 *Le pH*
- 3.2. Un exemple de réalisation

4. MODÈLE D'INTERPRÉTATION QUANTITATIVE

- 4.1. Principe du modèle numérique descriptif
- 4.2. Application du modèle : démarche générale
- 4.3. Méthode de détermination des constantes cinétiques

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

Parmi les paramètres de qualité d'eau qui présentent des risques écotoxicologiques majeurs figurent les micropolluants tels que les métaux lourds ou les radionucléides.

Or, les informations obtenues par un dosage direct dans l'eau apparaissent souvent insuffisantes.

En effet, du fait du caractère discontinu des rejets, les concentrations en métaux ou en radionucléides dans l'eau se caractérisent par une forte variabilité spatiale et temporelle; il apparaît alors délicat d'extrapoler des résultats obtenus à partir d'échantillons instantanés, et d'établir des conclusions quant à l'état moyen de pollution du milieu aquatique. De plus, les concentrations en micropolluants observées dans la plupart des milieux sont faibles ; les procédés analytiques de routine présentent souvent une sensibilité insuffisante et fournissent une majorité de valeurs inférieures au seuil de détection.

A partir des années 1970, l'attention s'est alors portée sur l'utilisation de compartiments intégrateurs du milieu aquatique, tels que les bryophytes, susceptibles de compléter ou de remplacer les analyses sur eau. Le champ d'utilisation des méthodes de détection de polluants par mousses aquatiques s'étend désormais, en France, à des réseaux hydrographiques diversifiés (Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse, Adour-Garonne). L'emploi des bryophytes pour le suivi des pollutions métalliques multiformes est également largement diffusé dans plusieurs pays européens (Grande-Bretagne, Belgique, Espagne, Portugal notamment).

Toutefois, la méthodologie d'interprétation des mesures intégratives effectuées sur les mousses aquatiques apparaît à l'heure actuelle incomplète. Ces dernières sont en effet présentes ou implantées sur des sites présentant des caractéristiques hydrauliques et physico-chimiques très variables ; l'impossibilité de maîtriser certains paramètres du milieu naturel, susceptibles de modifier de façon primordiale les échanges de micropolluants entre l'eau et les bryophytes, rend alors délicate toute interprétation quantitative. C'est pourquoi on se limite actuellement à une approche descriptive ou semi-quantitative : les niveaux de contamination observés sur les mousses aquatiques permettent tout au plus de localiser géographiquement un rejet ponctuel ou de "noter" qualitativement le cours d'eau en le classant dans une grille de qualité référencée, dont les bornes de classes ont été établies statistiquement. Actuellement, aucune méthode ne permet d'établir de relation quantitative entre micropollution mesurée dans les mousses et micropollution présente dans l'eau.

Afin d'aider au développement d'une méthodologie d'interprétation quantitative, le groupe GEE a donc lancé un programme de recherches visant à répondre aux deux objectifs essentiels suivants :

- mettre au point une méthode permettant l'emploi de mousses aquatiques sous des conditions hydrauliques et physico-chimiques contrôlées, facilitant ainsi les comparaisons inter-sites et limitant les perturbations liées à la variabilité de certains paramètres;
- mettre au point un outil mathématique d'interprétation, permettant de "décoder" l'évolution des niveaux de contamination observés dans les mousses, et de quantifier ainsi les niveaux moyens de pollutions biodisponibles dans l'eau.

L'objet du présent rapport est d'établir un état synthétique de l'art actuel, d'en démontrer les limites, de décrire les améliorations proposées par le groupe GEE.

Ce rapport a en outre été utilisé en tant que dossier technique pour la rédaction d'un brevet, intitulé "Procédé de dosage de micropolluants biodisponibles dans l'eau et un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé", et dont la demande a été déposée le 18 mars 1994. Le texte de ce brevet est présenté en annexe du présent rapport. La technique proposée devrait trouver une première application concrète par une collaboration avec l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse dans le cadre de la convention EDF-Agence.

CONCLUSION

La somme des études portant sur l'utilisation des bryophytes par la détection de micropollutions métalliques, radioactives ou organiques démontre que ce support intégrateur peut être utilement employé en complément ou en substitution des analyses sur eau.

Toutefois, les méthodologies actuelles de mises en œuvre et d'interprétation ne permettent d'aboutir qu'à des conclusions descriptives et non quantitatives.

De fait, plusieurs paramètres hydrauliques et physico-chimiques (débit, présence de matières en suspension, pH, présence de compétiteurs cationiques, espèce de la mousse) influent sur les cinétiques d'échanges de micropolluants à l'interface eau/bryophytes.

Or, le suivi à long terme, sur le site d'implantation des mousses, de certains de ces paramètres prépondérants apparaît souvent délicat ; toute interprétation quantitative des résultats issus des techniques actuelles d'utilisation des bryophytes, basées sur l'immersion directe des mousses dans le cours d'eau à analyser, semble donc a priori délicate.

C'est pourquoi le groupe GEE, en collaboration avec le CREUM, s'est engagé dans la mise au point d'un appareil permettant l'utilisation de bryophytes en conditions hydrauliques et physico-chimiques contrôlées, limitant les perturbations liées à la variabilité de certains paramètres, et facilitant une approche quantitative. Le module est conçu sur les principes suivants : une fraction de l'eau à analyser est détournée en continu de son milieu aquatique d'origine ; l'eau dérivée alimente, à débit constant et connu, l'appareil incluant en série un système d'élimination des matières en suspension (par exemple, un décanteur) et un bac contenant une biomasse bryophytique identifiée.

Les résultats obtenus sur cet appareil peuvent être traités postérieurement par un modèle mathématique d'interprétation quantitative. La détermination des constantes cinétiques introduites dans le modèle nécessite la mise en œuvre d'une procédure simple de calibration en laboratoire.

La méthode proposée a été validée par des expériences de terrain spécifiques, dont les résultats complets seront présentés dans un rapport à venir. En outre, une demande de brevet a été déposée le 18 mars 1994 sous le titre suivant "Procédé de dosage de micropolluants biodisponibles dans l'eau et un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé". La technique proposée devrait trouver une première application concrète par une collaboration avec l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse dans le cadre de la convention EDF-Agence.

Nous pouvons citer en conclusion quelques domaines d'application sur lesquels la méthodologie proposée pourrait être diffusée:

- suivi des rejets d'industries diverses en fonctionnement normal;

- suivi des niveaux de contamination des eaux circulant dans les réseaux d'assainissement;
- quantification des rejets lors d'événements exceptionnels : accidents industriels, déversements ponctuels d'eaux résiduaires lors de fortes précipitations, vidange de réservoirs.