



18846 RM

&MOIRE DE FIN D'ÉTUDES

MISE AU POINT D'UNE METHODOLOGIE D'ETUDE
DES SEDIMENTS CONTAMINES PAR LES METAUX LOURDS
EN PREALABLE A DES OPERATIONS DE CURAGE.

Marie - Ange HONORÉ



66 / 9 1365

AGENCE DE L'EAU
ARTOIS - PLEIN CANTON

Promotion 27
Professeur Responsable :
B. MILHAU

Mission Ecologie du Milieu
Maître de stage :
J. PRYGIEL

Janvier - **Juillet** 1994



a 12908

RESUME

De nombreux curages de cours d'eau et d'étangs **sont** envisagés dans le bassin Artois - Picardie. L'Agence de l'Eau **est** donc sollicitée techniquement et financièrement afin de mener à bien ces curages. **Les** raisons du curage peuvent être nombreuses. L'une d'entre **elles** est **le** risque de toxicité des sédiments en place contaminés par les métaux lourds, envers l'bsystème. Dans ce **cas** une étude préalable au curage devra vérifier si le sédiment en place est réellement dangereux pour le milieu aquatique. Les problèmes engendrés par un curage ne seraient-ils pas plus importants que ceux posés par le sédiment contaminé ? Il faut vérifier si l'opération de curage est rentable écologiquement et financièrement. C'est dans cette optique qu'une étude **basée** sur une synthèse bibliographique a été effectuée.

Après une présentation des motivations de l'étude dans laquelle sont données **les** raisons du choix des sédiments comme indicateur de la pollution, des généralités concernant la toxicité des métaux lourds et la provenance de ces derniers seront évoquées.

Une partie est consacrée **à** la préparation de l'étude préalable au curage (définition des raisons du curage, échantillonnage, normes et valeurs de référence) et **à** la présentation de l'approche **TRIAD** (Chapman, 1993). **Les** trois **points** évoqués dans la méthode TRIAD **sont** détaillés dans **les** parties suivantes.

Pour chaque composante de l'approche TRIAD (analyses physico-chimiques, biotests et observations sur le terrain) **les** avantages et **les** limites **de** chaque technique décrite sont cernés. Des prix des diverses méthodes retenues sont donnés à titre indicatif. Un choix pourra être réaliisé en fonction de ce que nous voulons démontrer et en fonction du milieu considéré.

Enfin, une synthèse proposera une méthodologie qui pourrait être suivie lorsqu'un curage est envisagé.

SOMMAIRE

Introduction	page 1.
1 - MOTIVATIONS DE L'ÉTUDE	page 2.
1.1 - Contexte	page 2.
1.2 - cétude	page 3.
1.3 - Les métaux lourds dans les sédiments	page 5.
1.4 - Rôle des sédiments	Page 5.
1.5 - Limites de l'étude	page 5.
1.6 - Deroulement de l'étude	page 5.
2 - POLLUTION MÉTALLIQUE DES SÉDIMENTS ET TOXICITÉ : GÉNÉRALITÉS	page 7.
2.1 - Quelques définitions	page 7.
2.2 - Les sources de métaux	page 9.
2.2.1 - Sources naturelles	
2.2.2 - Sources industrielles	
2.2.3 - Sources domestiques et urbaines	
2.2.4 - Sources agricoles	
2.2.5 - Sources atmosphériques	
2.2.6 - Divers	
2.3 - Les métaux lourds : Fiches individuelles	page 10.
2.3.1 - Cadmium	
2.3.2 - Chromes	
2.3.3 - Cuivre	
2.3.4 - Mercure	
2.3.5 - Nickel	
2.3.6 - Plomb	
2.3.7 - Zinc	
2.3.8 - h e n i c	
2.4 - Les mécanismes de la toxicité	page 14.
2.5 - Facteurs modifiant la toxicité envers les organismes aquatiques	page 15.
2.5.1 - La température	
2.5.2 - l' oxygène dissous	
2.5.3 - Le pH	
2.5.4 - Les matières en suspension	
2.5.5 - L' acidité et la dureté de l'eau	
2.5.6 - L' exposition	
2.5.7 - Le stockage de l'hydrocarbure des toxiques dans l'organisme	
2.5.8 - Additivité, antagonisme et synergisme	
3 - DÉMARCHES PRÉLIMINAIRES : COMMENT COMMENCER L'ÉTUDE ?	page 17.
3.1 - Choix des indicateurs de pollution et des tests	page 17.
3.1.1 - L' approche 'Triad' (Chaman)	
3.1.2 - Les niveaux trophiques	
3.1.3 - Les niveaux écotoxiques	
3.2 - Les motifs du curage et l'historique	page 18.

3.3 - L'échantillonnage des sédiments	page 19.
3.3.1 - Où prélever les échantillons ?	
3.3.2 - Méthode de prélèvements	
3.3.3 - Modes de prélèvements	
3.3.4 - La conservation des échantillons	
3.3.5 - La fraction à analyser ou à tester	
3.4 - Recommandations et notes	page 24.
3.5 - Les valeurs de référence	page 24.
4 - LA PHYSICO - CHIMIE DES SÉDIMENTS	page 26.
4.1 - Facteurs pouvant influencer le relargage des métaux	page 26.
4.1.1 - La remise en suspension des sédiments contaminés	
4.1.2 - Les variations physico-chimiques	
4.1.3 - La diagenèse	
4.1.4 - L'activité biologique	
4.2 - Les mesures physico-chimiques	page 27.
4.3 - L'analyse globale des métaux	page 28.
4.4 - La spéciation	page 28.
4.4.1 - Définition	
4.4.2 - Les fractions métalliques dans les sédiments selon Tessier et al.	
4.4.3 - Méthode d'extraction selon Tessier et al.	
4.4.4 - Limites de la méthode	
4.5 - Analyse des métaux	page 30.
4.5.1 - Préparation des échantillons	
4.5.2 - Méthode de dosage	
5 - ETUDE DE LA TOXICITÉ DES SÉDIMENTS EN LABORATOIRE	page 33.
5.1 - Introduction	page 33.
5.2 - Choix du substrat à tester	page 33.
5.3 - Caractéristiques d'un bioessai sur sédiment	page 34.
5.4 - Les facteurs intervenant dans les tests de toxicité	page 35.
5.4.1 - Introduction	
5.4.2 - L'organisme animal ou végétal	
5.4.3 - Les effets	
5.4.4 - La durée d'exposition	
5.5 - Critères de toxicité	page 36.
5.5.1 - Introduction	
5.5.2 - La survie	
5.5.3 - La reproduction	
5.5.4 - La croissance	
5.5.5 - La génotoxicité	

5.6 - Inventaire des organismes disponibles et employés dans les biotests	page 37.
5.6.1 - Les bactéries	
5.6.2 - Les protozoaires	
5.6.3 - Les algues	
5.6.4 - Les oligochètes	
5.6.5 - Les mollusques	
5.6.6 - Les crustacés	
5.6.7 - Les insectes	
5.6.8 - Les poissons	
5.7 - Le test MICROTOX	page 40.
5.7.1 - Introduction	
5.7.2 - Photobacterium phosphoreum	
5.7.3 - Conditions expérimentales	
5.7.4 - Matériel	
5.7.5 - Expression des résultats	
5.7.6 - Les limites de la technique	
5.7.7 - Les avantages de la méthode	
5.8 - Le test Daphnie	page 42.
5.8.1 - Les normes	
5.8.2 - La Daphnie	
5.8.3 - Principe du test	
5.8.4 - Les limites de la méthode	
5.9 - Le test Colpidium campyllum	page 43.
5.9.1 - Colpidium campyllum	
5.9.2 - Principe du test	
5.9.3 - Protocole	
5.9.4 - Avantages de l'essai	
5.10 - Les tests de toxicité aiguë : conclusions	page 44.
5.11 - Le test algue	page 45.
5.11.1 - Introduction	
5.11.2 - Scenedesmus capricornutum	
5.11.3 - Normes et Protocoles	
5.11.4 - Le principe de l'essai	
5.11.5 - Les avantages de la méthode	
5.12 - Le test Cériodaphnie	page 46.
5.12.1 - Introduction	
5.12.2 - Protocole	
5.12.3 - Les avantages et les inconvénients de la technique	
5.13 - Les essais de toxicité chronique : conclusions	page 47.
5.14 - Les essais : conclusions	page 47.
6 - LES OBSERVATIONS IN SITU	page 48.
6.1 - Introduction	page 48.
6.2 - Définitions	Page 48.
6.3 - Les poissons	page 49.
6.4 - Les traceurs de la pollution métallique	page 50.
6.4.1 - Les bryophytes aquatiques	
6.4.2 - La moule zébrée (<i>Dreissena polymorpha</i>)	
6.13 - Conclusion	

6.5 - Les oligochètes : descripteurs du milieu	page 51.
6.5.1 - Introduction	
6.5.2 - Sites	
6.5.3 - Matériel et méthodes	
6.5.4 - Résultats	
6.5.5 - Discussion	
6.5.6 - Conclusion	
6.6 - Conclusion générale sur les investigations in situ	page 59.
7 - SYNTHÈSE	page 60.
7.1 - Tableaux récapitulatifs	page 60.
7.1.1 - Mesures chimiques	
7.1.2 - Biotests	
7.1.3 - Bioindicateurs du milieu	
7.2 - Proposition d'une méthodologie à suivre lors de l'étude préalable au curage	page 61.
7.2.1 - Définition des raisons du curage	
7.2.2 - Stade I : Evaluation préliminaire	
7.2.3 - Stade II : Evaluation approfondie	
Conclusion	page 65.
Bibliographie	page 66.
Annexes	

INTRODUCTION

La contamination du milieu aquatique par les métaux lourds constitue depuis quelques années un sujet d'inquiétude croissante. A la fin des **années 60**, l'attention s'est portée sur les éléments toxiques **tels** que le plomb, le mercure, le cadmium, le **zinc** ... etc , après la catastrophe écologique survenue dans la baie du Minamata au Japon, suite **à** des rejets de mercure par des **effluents** industriels.

Actuellement l'intérêt porte plus particulièrement sur les sédiments contaminés. La présence de toxiques dans les sédiments est devenue une inquiétude pour **l'Agence** de l'Eau Artois-Picardie. L'envasement des cours d'eau est un phénomène naturel dû à l'érosion, au ruissellement et à l'effondrement des berges. L'envasement **est** accentué **par** les rejets urbains ou industriels partiellement épurés. Dans le Bassin Artois - Picardie, la densité de population et **la** forte industrialisation posent des problèmes encore plus aigus que **dans** toute autre **région** de France, d'autant plus que la topographie particulièrement plate, favorise la sédimentation.

Les sédiments, en quantités particulièrement importantes dans **le** bassin, sont par endroits fortement contaminés **par** les métaux lourds. De nombreux tests et analyses existent, mais aucune méthode mettant en évidence la contamination et la biodisponibilité des toxiques métalliques n'a été mise en place.

La synthèse bibliographique présentée dans ce rapport permet de proposer une méthodologie **à** suivre lors **des** études préalables au curage des cours d'eau du bassin Artois - Picardie.

CONCLUSION

Les sédiments mémorisent la pollution métallique. Ils ont également la capacité de les relarguer lors de modifications physico-chimiques du milieu. Dans certains cas, ils représentent un danger potentiel ou réel pour le milieu. Les risques écologiques liés aux sédiments sont estimés dans les études préalables aux curages.

La physico-chimie et la biologie fournissent des informations complémentaires. Il faut noter l'importance de l'échantillonnage qui peut faire varier de façon considérable les résultats des analyses et des tests réalisés en laboratoire. L'étude demande de la rigueur et de la constance. L'interprétation des résultats obtenus n'est pas toujours facile. Il est nécessaire de demander conseil aux différents spécialistes.

La méthodologie proposée permet de vérifier si les sédiments supposés contaminés par les métaux présentent un danger immédiat ou futur et si le curage s'impose ou non. Il est évident que d'autres techniques sont aptes à compléter ou à remplacer celles proposées. Le coût de l'étude peut varier de 4 500 F à 20 000 F HT par échantillon traité suivant les tests choisis. On peut raisonnablement estimer le coût moyen par échantillon à 10 000 F HT.

Lorsque le curage est décidé, il faut s'assurer que la (ies) source(s) de pollution sont maîtrisée(s). Il est inutile d'atténuer l'effet sans s'être préoccupé de la cause.