



Séminaire de recherche interne de la ZABR

Vendredi 14 octobre 2005

Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon – Marcy l'Etoile

(69)

S O M M A I R E

AVANT-PROPOS

PROGRAMME DE LA JOURNEE

TEXTES DES INTERVENTIONS

Elimination des phytosanitaires présents dans les eaux usées viticoles par des Procédés d'oxydation Avancés Marion CARRIER – IRC-CNRS -----	p.9
Une méthodologie à visée multidisciplinaire pour une gestion équilibrée de l'eau Frédéric PARAN – ENSM-SE -----	p.17
Caractérisation des formes fluviales par imagerie haute résolution (drône): exemple de la Basse Vallée de l'Ain Jérôme LEJOT – UMR 5600-----	p.25
Etude et gestion du transport solide à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain Anne Julia ROLLET – Université Lyon III -----	p.31
Influence de la qualité des sédiments colmatés sur le fonctionnement biogéochimique des interfaces sédimentaires aquatiques : interaction avec les processus de bioturbation Géraldine NOGARO – UCBL Lyon 1 – HBES-----	p.37
Caractérisation d'émissions chimiques et microbiologiques lors d'opérations de dragage des sédiments du Rhône Manuelle NETO – ENTPE-LSE -----	p.45

AVANT PROPOS

La ZABR – Zone Atelier Bassin du Rhône

Labellisée par le CNRS en 2001, la ZABR rassemble au sein d'un GIS, 13 établissements de recherche. Elle a pour objet de promouvoir, coordonner et valoriser les recherches sur le fonctionnement des hydrosystèmes du bassin du Rhône, d'organiser le transfert rapide des résultats en direction des gestionnaires de l'eau, de mettre à la disposition des décideurs des méthodes d'aide à la décision et d'évaluation des effets des opérations de réhabilitation sur le fonctionnement des hydrosystèmes en terme de biodiversité, de durabilité et d'usages potentiels.

Et notamment de:

- Initier et organiser une coopération partenariale avec les différents acteurs intéressés par la gestion des hydrosystèmes ;
- Prendre en compte les attentes des utilisateurs potentiels concernant les résultats de la recherche en terme de connaissances et de transferts ;
- Conduire des programmes de recherche communs et pluridisciplinaires ;
- Mettre en commun des données acquises, nécessitant une réflexion préalable sur la structuration et la gestion de ces données ;
- Organiser des séminaires d'échanges, par site, par thème et inter-thématiques, visant essentiellement à favoriser le dialogue et à élaborer des programmes de recherche communs et interdisciplinaires ;
- Développer des moyens adéquats permettant la diffusion des résultats.

Objectifs des séminaires de recherche interne de la ZABR

Les objectifs des séminaires de recherche interne de la ZABR sont de :

- Permettre aux doctorants de la ZABR de faire part de leurs travaux de recherche et de prendre en compte les dynamiques proposées par la ZABR ;
- Encourager le dialogue entre les chercheurs de la ZABR pour favoriser la construction de programmes de recherche qui permettent d'aborder de façon interdisciplinaire les relations entre hydrogéomorphologie, communautés aquatiques, usages anthropiques et perception des milieux.

PROGRAMME

9h30 – Accueil

10h00 – 12h20:

10h00 Elimination des phytosanitaires présents dans les eaux usées viticoles par des Procédés d'Oxydation Avancés

Marion CARRIER - Institut de recherches sur la catalyse

10h35 Représentations territoriales pour la gestion équilibrée d'un patrimoine écologique et anthropique dans le domaine de l'eau

Frédéric PARAN – ENSM-SE

11h10 Modélisation des formes fluviales par imagerie haute résolution (drône) et système GPS dans le cadre de programmes de restauration : exemple de la Basse Vallée de l'Ain

Jérôme LEJOT - Université Lyon II

11h45 Etude et gestion du transport solide à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain

Anne Julia ROLLET – Université Lyon III

12h20 – Déjeuner (Restaurant Universitaire)

14h00 – 17h00:

14h00 Etude écotoxicologique de la rivière Drôme – application à la biologie de la Loutre

Alexandra RICHARD-MAZET – Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

14h35 Mesure et modélisation des flux d'eau et de polluants au sein des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales urbaines

Sébastien LE COUSTOMER - INSA de Lyon - URG-C-HU

15h10 Influence de la qualité des sédiments colmatés (charges en polluants et en matière organique) sur le fonctionnement biogéochimique des interfaces sédimentaires aquatiques : interaction avec les processus de bioturbation

Géraldine NOGARO – UCBL Lyon 1 – HBES

15h45 Caractérisation d'émissions chimiques et microbiologiques lors d'opérations de dragage des sédiments du Rhône

Manuelle NETO – ENTPE-LSE

16h00 Le Géorépertoire : un outil à disposition des chercheurs

Didier GRAILLOT, Eric PIATYZEK – ENSM-SE

Jean-François PERRIN - Cemagref

16h20 Discussions

17h00 - Fin du séminaire

**TEXTES DES
INTERVENTIONS**

**Elimination des phytosanitaires
présents dans les eaux usées
viticoles par des procédés
d'Oxydation Avancés**

Marion CARRIER
Institut de recherches sur la catalyse, CNRS

Elimination des phytosanitaires par des Procédés d'Oxydation Avancés

Marion Carrier

Institut de Recherches sur la Catalyse – CNRS
2, Avenue Albert Einstein, F-69626 Villeurbanne Cedex-France

RESUME

L'utilisation de pesticides a un impact irrémédiable sur l'environnement, il est nécessaire de réduire les rejets des phytosanitaires dans la nature. Cette communication présente donc des travaux ayant pour objectif d'évaluer et de réduire la pollution. Pour cela de nouvelles techniques dites « propres » seront utilisées. Ces travaux rendent compte de la compréhension du mécanisme de dégradation de phytosanitaires et de la toxicité des sous produits générés par ces différents traitements.

MOTS CLES

dégradation, oxydation par voie humide, photocatalyse, sonolyse, toxicité

INTRODUCTION

Aujourd'hui la France est le 2^{ème} consommateur mondial de phytosanitaires après les Etats-Unis. L'utilisation de ces pesticides se fait dans différents domaines. La Région s'est intéressée au domaine agricole plus précisément la Viticulture car elle s'avère être une grande consommatrice de pesticides (30000 tonnes dont 6000 tonnes d'herbicides en 2001). Cette surconsommation de produits phytosanitaires n'est pas sans danger pour l'environnement et la santé de l'homme.

Consciente du problème, la région Rhône-Alpes finance un programme : « Action d'évaluation et de réduction des polluants » visant à améliorer l'état d'un site qui est fortement pollué par la présence de matières actives. Ce site d'application est la Morcille, une petite rivière de 7 à 8 kilomètres située à 60 km au Nord de Lyon dans le Haut Beaujolais. Mes travaux de thèse se situent dans l'action "Réduction de la pollution" de ce projet, qui envisage de comparer trois procédés d'élimination des polluants phytosanitaires par oxydation totale avec l'air. Ces nouvelles techniques, apparues depuis quelques années, permettent de dégrader les pesticides. Il s'agit de procédés d'oxydation avancés, de techniques non polluantes comme l'oxydation par voie humide, la photocatalyse et la sonolyse par exemple. Ces techniques sont utilisées au cours des travaux de thèse et seront décrites par la suite.

1. OBJECTIFS DE LA THESE

Dans le domaine du traitement de l'eau, la diversité et la complexité des polluants à éliminer nécessitent souvent un procédé adapté à chaque cas. Un des objectifs de la thèse est donc de comparer les possibilités, les complémentarités et les limites d'application des traitements d'oxydation par ces trois méthodes pour la minéralisation de différentes molécules phytosanitaires dans les eaux usées viticoles. Une fois le Diuron (molécule modèle) dégradé, il est important que les produits d'oxydation formés ne soient pas nocifs pour l'environnement. Un deuxième objectif consiste donc à réaliser des tests de toxicité sur une série d'échantillons ayant subi différentes dégradations. Le suivi de cette toxicité se fait en collaboration avec les autres partenaires du projet, le Cemagref (Institut de recherche pour

l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement) à l'aide de tests réalisés sur des rotifères, avec l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) de Thonon pour les tests effectués sur des microalgues. Les molécules modèles sont représentatives des polluants du bassin versant de la Morcille.

Mes travaux de thèse se déroulent dans trois laboratoires partenaires, avec une coordination à l'IRC :

- l'IRC (l'Institut de Recherche sur la Catalyse, Responsable: Michèle BESSON), la technique utilisée est l'Oxydation par Voie Humide,
- le LACE (Laboratoire d'Applications de la Chimie à l'Environnement, Responsable: Chantal GUILLARD), la technique utilisée est la photocatalyse,
- le LOCIE (Laboratoire Optimisation de la Conception et Ingénierie de l'Environnement, Responsable: Evelyne GONZE), la technique utilisée est la sonolyse.

2. DEGRADATION DU DIURON

Une des molécules identifiées est le DIURON, que nous avons choisi pour cette première étude.

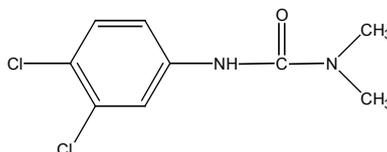


Figure 2 : Formule développée du Diuron

C'est un herbicide très utilisé dans la viticulture, appartenant à la famille des halogénophénylurées (N-(3,4-dichlorophényl)-N'-(diméthyl)-urée). Sa solubilité dans l'eau est la plus élevée des phytosanitaires du bassin, mais elle reste néanmoins faible (42 ppm). Son temps de demi-vie dans les sols est de 372 jours.

Des solutions aqueuses de Diuron sont donc traitées par traitement oxydant par ces trois procédés. Nous essayons de comprendre et comparer les mécanismes de dégradation pour chacun des procédés en identifiant et dosant les sous-produits au moyen de plusieurs techniques analytiques: la chromatographie liquide, le carbone organique total (COT), la chromatographie ionique pour le suivi du devenir du chlore et de l'azote et la chromatographie couplée à un spectromètre de masse LC-MS, cette dernière technique est implantée au SCA (Service Central d'Analyses).

2.1. Techniques utilisées

2.1.1. Oxydation par voie humide catalysée (OVHC)

Ce procédé consiste en l'oxydation des composés organiques solubles dans l'eau à température et pression élevées. La production de radicaux libres au sein du milieu permet de dégrader les polluants. Les produits d'oxydation obtenus sont des acides carboxyliques à chaîne courte et du dioxyde de carbone. L'azote organique est transformé en ions ammonium, nitrates, voire en azote moléculaire. Le chlore est récupéré sous forme de sels chlorures. La catalyse hétérogène, qui permet en premier lieu de concentrer le substrat à la surface du solide, est une voie particulièrement indiquée pour la transformation et l'élimination des micro-polluants. L'emploi de catalyseur permet également d'adoucir les conditions, en terme de pression et de température.

2.1.2. Photocatalyse hétérogène

Le processus photocatalytique repose sur l'excitation du TiO_2 par un rayonnement lumineux de longueur d'onde inférieure à 384 nm (Bande Gap = 3,23 eV). Lors de l'irradiation d'un semi-conducteur avec une énergie $h\nu \geq E_{\text{Gap}}$, un électron passe de la bande de valence à la bande de conduction, créant un site d'oxydation c'est à dire un trou h^+ et un site de réduction un électron e^- .

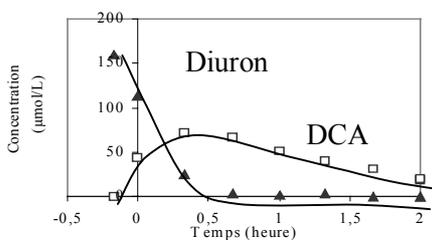
Le trou h^+ formé peut réagir avec un groupement hydroxyle adsorbé à la surface du semi-conducteur pour former des radicaux HO^\bullet très oxydants. Ces derniers réagiront avec le polluant afin de le dégrader en dioxyde de carbone et en eau. L'électron réagit avec un accepteur d'électrons tel que le dioxygène pour former des radicaux superoxydes. Cette réaction limite la recombinaison des charges. En effet, en l'absence d'accepteurs et de donneurs d'électrons appropriés, on assiste à l'annihilation trou/électron qui est une réaction de recombinaison très rapide. Les paires électron-trou produites par photoexcitation du TiO_2 entraînent la formation de radicaux hydroxyle, superoxyde et hydroperoxyde, ainsi que de peroxyde d'hydrogène et d'eau liquide.

2.1.3. Sonolyse

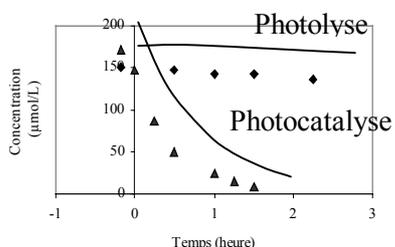
Ce type de traitement est généré par une source vibrante qui engendre des phases de dépressions et compressions. Les bulles de cavitation formées dans le liquide implorment en libérant brutalement l'énergie accumulée, créant localement des conditions extrêmes de température et de pression, ainsi que des décharges électriques. A basse fréquence (<100 kHz), des phénomènes physiques tels qu'une fontaine ultrasonore, un micro-jet et une élévation de température du milieu sont responsables de la dégradation du polluant. Tandis qu'à haute fréquence (>100 kHz), ce sont des phénomènes chimiques qui interviennent c'est-à-dire l'attaque du polluant par des radicaux hydroxyles HO^\bullet .

2.2. Résultats

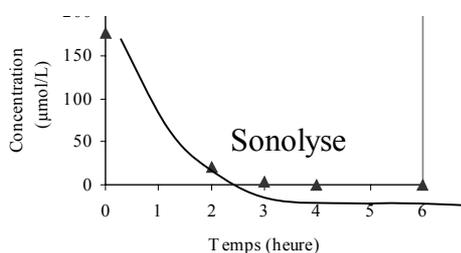
2.2.1. Suivi de la disparition du Diuron et de la minéralisation



L'OVHC permet de dégrader le Diuron (160 $\mu\text{mol/L}$, $V = 150$ ml) en moins d'une heure de réaction, ce dernier instable thermiquement est transformé majoritairement en 3,4-dichloroaniline (DCA) lors de la mise en température (140°C) sous Argon puis oxydé par l'activation du catalyseur (0,2 g/L de 3%Ru/ TiO_2) grâce à l'introduction d'Air (50 bar) au sein du milieu.

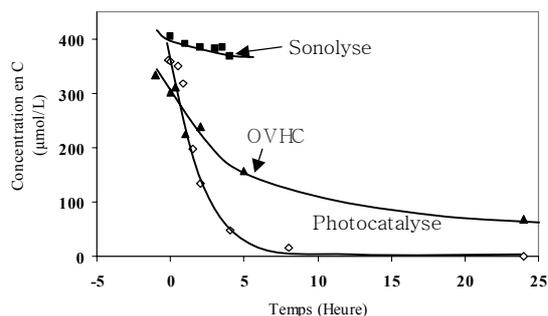


Après 30 minutes placé à l'obscurité, le système est équilibré : le Diuron (160 $\mu\text{mol/L}$, $V = 20$ ml) est adsorbé en partie sur la surface du catalyseur (0,6 g/L de TiO_2 Degussa P25). Au temps zéro, le catalyseur est activé par irradiation UV permettant la rapide dégradation du Diuron en sous produits hydroxylés.



En Sonolyse, le Diuron (160 $\mu\text{mol/L}$, $V = 500$ ml) est dégradé en quelques heures à haute fréquence (488 Hz, 100 W) sous pression atmosphérique.

Des mesures de Carbone Organique Total des solutions dégradées ont permis de rendre compte de l'efficacité de ces techniques :



Ces résultats montrent que seule la photocatalyse permet une minéralisation totale du Diuron. Concernant l'OVHC, un plateau est atteint dû à la présence de molécules organiques réfractaires à l'OVHC dans ces conditions expérimentales. Dans le cas de la Sonolyse, la complète minéralisation s'avère très difficile.

2.2.2. Voies de dégradation

L'identification des sous produits générés après dégradation du Diuron a permis d'établir des voies principales de dégradation. En OVHC, le sous produit principal est la DCA obtenu par rupture thermique. Les autres produits correspondent à des ruptures de chaînes alkyles, à des condensations au niveau des azotes et à des acides carboxyliques qui apparaissent au cours de la dégradation du Diuron. En photocatalyse, les sous produits primaires et majoritaires sont des composés hydroxylés qui sont rapidement minéralisés en passant par des acides carboxyliques. Enfin, les intermédiaires en Sonolyse sont en cours d'identification.

3. TOXICITE DU DIURON

La mise en évidence d'effets néfastes de substances chimiques pour la qualité écologique des milieux aquatiques passe depuis plusieurs années par la réalisation d'essais biologiques. Notre principal objectif est d'obtenir des eaux traitées non toxiques pour les êtres vivants. Pour cela des différents tests d'écotoxicité ont été réalisés.

3.1. Tests sur microalgues

Les tests de toxicité réalisés sur deux algues d'eau douce (*Pseudokirchnerilla subcapitata* et *Chlorella vulgaris*) sont basés sur l'inhibition de la croissance de la population algale par le Diuron dégradé. Un paramètre permet de quantifier la toxicité, il s'agit de la concentration efficace en produit qui cause une réduction de 50% de la croissance de la population de microalgues, la CE_{50} . La comparaison des CE_{50} des différents produits testés prouve que les métabolites de dégradation ont un effet beaucoup moins toxique que le Diuron sur ces microalgues.

3.2. Tests sur rotifères

De nouveaux tests ont été réalisés sur des rotifères d'eau douce (*Brachionus calyciflorus*). L'inhibition de la reproduction a été le critère choisi pour évaluer la toxicité. Les résultats confirment que pour des temps prolongés de traitement, la toxicité est fortement réduite.

CONCLUSION

Ces travaux de thèses montrent qu'il est facile de dégrader le Diuron mais la minéralisation complète n'est pas aussi évidente. De futures expériences associant ces différentes techniques permettront peut être d'améliorer l'efficacité de ces traitements. Après avoir identifié les voies de dégradation possibles du Diuron, l'influence de certains paramètres comme la présence du Cuivre sur ces procédés de dégradation sera étudiée afin de se

rapprocher d'un fond de cuve viticole type. De plus, des tests sur le terrain vont être réalisés, ils valideront ou pas l'efficacité d'un pilote photocatalytique pour traiter des eaux usées viticoles contenant plusieurs herbicides et fongicides.

Les travaux en rapport avec la toxicité sont en cours de réalisation. Il reste à comparer les différentes toxicités des échantillons obtenus après les divers traitements afin de déterminer quelle technique permet de dégrader le Diuron en des intermédiaires les moins toxiques possibles. Toutefois, la non-toxicité des solutions traitées par ces différentes techniques est évidente, ce qui est très encourageant pour la suite des travaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Gonze, E., Renaudin, V. (1998). Extreme conditions generated by ultrasounds: their use in industrial processes. *Récents progrès en génie des procédés*, 12, 143-154.

Herrmann, J.M. (1999). Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous pollutants. *Catalysis Today* 53, 115-129.

Luche, J.L. (1998). *Synthetic Organic Sonochemistry*. Plenum, 1-49.

Momont, J.A., Copa, W.M. and Randall, T.L. (1995). The destruction of pesticides by Wet Air Oxidation. *Chemical Oxidation Technologies for the Nineties*, 5, 55-69.

Une méthodologie à visée multidisciplinaire pour une gestion équilibrée de l'eau

Frédéric PARAN
Ecole Nationale Supérieure des Mines de
Saint Etienne – centre SITE

Une méthodologie à ve multidisciplinaire pour une gestion équilibrée de l'eau

Frédéric Paran

Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne
Centre SITE (Sciences, Informations et Technologies pour l'Environnement)
158, cours Fauriel, 42 023 Saint-Etienne, Cedex 2.

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail de thèse consiste à produire des représentations territoriales validées et complémentaires pour faciliter un processus de négociation dans le cadre de projets territoriaux locaux multi-acteurs dans le domaine de l'eau. La méthodologie multidisciplinaire mise en œuvre permet d'appréhender un territoire en tant qu'entité pluridimensionnelle biophysique, afin de faciliter la gestion équilibrée d'un patrimoine écologique et anthropique pour une négociation plus écologique et une protection de la nature plus humaine d'un bien commun environnemental, l'eau, en combinant étude des écosystèmes et de sociosystèmes.

MOTS CLÉS

Aide à la négociation/médiation territoriale, Argumentation spatiale, Représentations territoriales, Ressource en eau.

INTRODUCTION : POUR UNE GESTION ÉQUILIBRÉE

A l'heure actuelle, une des problématiques phares dans le champ de l'environnement est la suivante : *comment prendre des décisions et améliorer la prise de décision pour préserver les écosystèmes, assurer leur gestion équilibrée, et contribuer au bien-être de l'homme dans un contexte participatif et de gouvernance environnementale ?* (MEA, 2005). Il est possible de proposer des réponses à ce type de question tant au niveau global qu'au niveau local.

Le programme de recherche ADNT (Aide à la Décision et à la Négociation territoriales) expose une réponse possible au niveau local orientée en 3 axes : (1) mise à disposition d'un espace d'échange sur la pratique des outils d'aide à la ngociation² ; (2) pédagogie et simulation de négociation ; (3) validation d'outils et de méthodologies sur des cas concrets (Graillot & Paran, 2005). Le travail présenté ici est plus particulièrement attaché aux axes 2 et 3. Il est fondé sur l'hypothèse qu'un territoire est une entité pluridimensionnelle et propose d'en étudier spécifiquement 3 dimensions (physique, biologique et humaine) sur un site existant, afin d'en améliorer la représentation.

Le premier objectif de ce travail consiste donc à produire des représentations territoriales validées à l'aide, par exemple, de cartes issues de SIG (Systèmes d'Information Géographique) et de modèles. Le second objectif vise à convertir ces représentations en argumentaires spatiaux pour améliorer un processus de négociation. Le troisième objectif, quant à lui, a une portée pédagogique et constitue une validation des deux premiers objectifs

1. Pour plus d'informations, se référer à la thèse de Paran, F. (2005) : voir la référence dans la bibliographie située à la fin de cet article.

2. Consultable en ligne : <http://www.agora21.org.adct/>.

en proposant un cadre de simulation d'un processus de négociation territoriale et un cadre de familiarisation aux outils d'aide à la négociation.

1. CONTEXTE : EAU ET NEGOCIATION

Notre travail est plus particulièrement attaché à la négociation dans le domaine de l'eau. Dans un tel contexte, l'analyse de la Directive Cadre Européenne sur l'eau³ soulève un certain nombre de besoins. Il apparaît notamment des besoins en termes de connaissance des écosystèmes aquatiques et de connaissance des sociosystèmes (Wasson, 2001). Pour assurer une gestion équilibrée de l'eau, conciliant intérêts humains et protection de la nature, la négociation constitue une voie prometteuse.

Dans un contexte territorial et multi-acteurs, il est nécessaire d'envisager la négociation comme une activité sociale (Bourque & Thuderoz, 2002) et le territoire comme un patrimoine dont la protection est l'affaire de tous (Micoud, 2000). La négociation doit donc réunir, non seulement des décideurs classiques (dits acteurs forts), mais aussi des acteurs dits absents (ex : vivant biologique, générations futures), des acteurs dits faibles (ex : usagers, associations). Elle doit aussi pouvoir prendre en compte les différents points de vue des acteurs (ex : valeurs morales), et assurer le transfert d'information pour améliorer la prise de décision. Ce type de négociation est complexe et peut gagner à être assistée par un médiateur et des outils de médiation, comme par exemple les représentations spatiales issues de SIG (Lardon & al., 2001), pour favoriser le dialogue territorial entre acteurs sur des problématiques environnementales (Barret, 2003).

Dans ce contexte, notre problématique est la suivante : *quelles représentations territoriales pour quels acteurs, afin de rendre d'un côté la négociation plus écologique en incluant par exemple les milieux naturels, la biodiversité, et d'un autre côté rendre la protection de la nature plus humaine en incluant les acteurs du territoire, pour une gestion équilibrée de l'eau ?*

2. MISE EN ŒUVRE ET RESULTATS : UN TERRITOIRE EN 3 DIMENSIONS

Cette problématique a été testée sur un site existant : l'Ecozone du Forez⁴. Ce site est localisé dans le bassin hydrogéographique Loire-Bretagne, au bord du fleuve Loire, à 40km environ de Saint-Etienne. La méthodologie multidisciplinaire mise en œuvre est appliquée à l'extraction de granulat et vise à proposer des représentations constituant des argumentaires pour décider ensemble : *où et pourquoi implanter une nouvelle gravière ?* Nous nous sommes intéressés tout particulièrement aux représentations de l'aquifère, en tant que lieu de travail des carriers sur le secteur, à travers les 3 dimensions suivantes :

– **dimension physique** : cette dimension, considérant l'eau phréatique de manière quantitative, est prise en charge par un modèle mathématique d'écoulement souterrain (Mimoun, 2004). Ce type de modèle permet de représenter, par exemple, à l'aide de carte, les attributs hydrogéologiques de l'aquifère et l'impact des gravières sur celui-ci. Ces cartes constituent des arguments pour l'implantation d'une nouvelle gravière. Toutefois, ce type d'arguments n'est pas suffisant et par forcément adapté à tous les acteurs, il est donc nécessaire de s'intéresser à une argumentation plus biologique.

– **dimension biologique** : cette dimension, considérant l'eau phréatique en tant que milieu de vie, est prise en charge par des analyses physico-chimiques et par un diagnostic écologique (inventaire des invertébrés) des eaux souterraines (Malard & al., 2002). Ceci

3. Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Consultable en ligne :

http://europa.eu.int/eur-lex/pri/fr/oj/dat/2000/l_327/l_32720001222fr00010072.pdf

4. Ce site est géré par la FRAPNA Loire (Fédération Rhône-Alpes de Protection de la Nature section Loire). <http://frapna.org>.

permet de représenter, à l'aide de cartes, des variables explicitant la qualité et la biodiversité de l'aquifère. Ces cartes constituent à leur tour des arguments pour l'implantation d'une nouvelle gravière. Tout comme les arguments physiques, ils possèdent leurs limites. Il est donc impératif de s'intéresser à une argumentation plus humaine.

– **dimension humaine** : cette dimension est prise en charge par un modèle d'inspiration sociologique fondé sur l'exploration des relations sociales (relations entre acteurs) et des relations patrimoniales (relations acteurs-territoire) (Micoud, 2000) que nous avons appelé l'*Acteur en 4 dimensions*⁵ (A4D). Ce modèle de caractérisation des acteurs permet de les représenter sur un graphique appelé *empreinte territoriale*. Cette empreinte est obtenue suite à l'analyse du discours des acteurs préalablement enquêtés. Ainsi, il est possible d'accéder aux perceptions des acteurs et de cerner leurs besoins en termes d'argumentation.

3. EXPLOITATION ET VALIDATION DES RESULTATS

L'ensemble des résultats issus d'études spécifiques des 3 dimensions du territoire a ensuite été mobilisé pour la composition d'une argumentation spatiale, adaptée aux acteurs, visant à implanter une nouvelle gravière et pour développer un outil de simulation de négociation.

3.1. Vers une argumentation spatiale adaptée

L'étude des 3 dimensions du territoire nous a permis d'obtenir des représentations territoriales adaptées aux acteurs pour la production d'argumentaires spatiaux. Il s'agit ici de mettre sous les yeux des acteurs des représentations objectives du territoire en tenant compte du caractère subjectif de leur perception, de l'idée qu'ils se font du territoire. Ainsi, à titre d'exemple, si des représentants des services de l'Etat (DDASS, DDE) pourront être sensibles à une argumentation issue des modèles mathématique d'écoulement pour faire respecter la législation, des associations de protection de la nature pourront être plus sensibles à des arguments plus biologiques pour la défense de l'environnement.

3.2. Test et simulation : plate-forme pédagogique d'aide à la négociation⁶

L'application proposée pour simuler une négociation est fondée sur l'étude des 3 dimensions présentées précédemment. Elle est structurée à la manière d'un site Internet et plonge des apprenants (ex : étudiants, gestionnaires, techniciens territoriaux) dans la peau d'acteurs territoriaux. Des liens hypertextes permettent de naviguer dans la plate-forme et d'accéder aux informations nécessaires au déroulement de la simulation. Il s'agit ici d'une négociation assistée par un médiateur et des outils (SIG, modèle d'écoulement, A4D) pour aider les apprenants à prendre des décisions communes quant au choix du site d'implantation d'une nouvelle gravière et son aménagement.

Une expérience de simulation, réalisée avec des étudiants en master interprétant les acteurs, a permis de tester la démarche argumentaire spatiale. Les représentations territoriales, issues de carte SIG, ont été utilisées par tous les acteurs pour se repérer sur le territoire. Deux autres types d'argumentaires ont été produits : (1) à travers une démarche type ingénierie (technique et réglementaire) pour l'industriel et les administrations (acteurs moteurs du projet) mobilisant surtout les modèles d'écoulement et des représentations plus physiques ; (2) à travers une démarche venant des acteurs socio-économiques qui regardent comment leurs activités vont être influencées par le projet, mobilisant plus des études du jeu d'acteurs (cerner les intérêts de chacun, informations sur les outils) ; d'où des

5. Voir aussi : Sébastien, L., (en cours). Humains et non-humains en pourparlers : l'Acteur en 4 dimensions, proposition théorique et méthodologique visant à l'émancipation de nouvelles formes de gouvernances environnementales. Mémoire de thèse de Doctorat, Ecole des Mines de Saint-Etienne.

6. Consultable en ligne : <http://www.emse.fr/site/negociation/index.html>.

représentations plus humaines et biologiques (biodiversité). Ici, les cartes ont permis de fixer les résultats de la négociation.

CONCLUSION

Ce travail de thèse a permis la composition d'argumentaires spatiaux pour l'aide à la négociation et à la décision fondées sur des représentations territoriales (cartes, modèles, empreintes territoriales...) complémentaires et adaptées aux acteurs. Il a aussi permis la mise en œuvre d'un outil pédagogique pour familiariser des acteurs au contexte et aux outils de la négociation territoriale. D'une manière plus générale, ce travail est une contribution à l'étude de problématiques devant concilier regard objectif et subjectif sur le monde et des problématiques soulevées par la Directive Cadre Européenne sur l'eau.

A l'avenir, en termes de perspectives à ce travail, il serait nécessaire de donner plus d'importance aux acteurs faibles ou absents de la négociation en approfondissant : la dimension physique (ex : utiliser d'autres modèles) ; la dimension biologique (ex : utiliser d'autres bioindicateurs) ; la dimension humaine (ex : rencontrer d'autres acteurs, suivre un processus de négociation réel) ; la dimension économique (ex : mesurer les services rendus à l'homme par les écosystèmes) ; la dimension temporelle (ex : suivre l'évolution des écosystèmes et des sociosystèmes) ; d'autres représentations (ex : utiliser des films, des diagrammes paysagers) ; l'outil pédagogique (ex : adapter l'outil de simulation à d'autres contextes) ; le volet connaissance et communication (ex : faciliter l'échange et le partage d'informations).

Ce travail pourrait être appliqué : (1) à l'aide à la gestion dans le cadre de projets territoriaux pour des gestionnaires de sites ; (2) à l'aide à la négociation territoriale pour des bureaux d'études, des collectivités territoriales (ex : Charte de pays, Agenda 21, SAGE...) ; (3) à la formation à la négociation territoriale (ex : extraction de granulats, Natura 2000, implication des usagers dans la politique de l'eau...).

BIBLIOGRAPHIE

- Barret, P. (2003). Négociation, médiation ou concertation : les nombreuses voies du dialogue territorial. In : *Première biennale internationale de la négociation : la négociation décloisonnée, journée d'échanges et de réflexion*, décembre 2003, organisé par Négocia, Paris.
- Bourque, R., Thuderoz, C. (2002). *Sociologie de la négociation*. La Découverte & Syros (Ed.).
- Grillot, D., Paran, F. (2003). Projet ADNT : Aide à la Décision et à la Négociation Territoriale selon les principes de la gouvernance. CPER : Aide à la Décision Publique et Privée, rapport d'activité année 3, Ecole des Mines de Saint-Etienne, Région Rhône-Alpes, 84p.
- Lardon, S., Maurel M., Piveteau, V. (2001). Modèles spatiaux pour le développement territorial : vue d'ensemble d'une démarche en cours. In : *Représentations spatiales et développement territorial*, S. Lardon, P. Maurel, V. Piveteau, Hermès sciences (Ed.), 23-35.
- Malard, F., Dole-Olivier, M.J., Mathieu, J., Stoch, F. (2002). Sampling manual for the assessment of regional groundwater biodiversity : european project Pascalis, protocols for the assessment and conservation of aquatic life in the subsurface. Université Lyon 1, 74p.
- Micoud, A. (2000), Entre Loire et Rhône, ou comment des objets naturels peuvent faire du lien. In : *Ce qui nous relie*, A. Micoud, M. Peroni, Aube (Ed.), 227-239.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), (2005). Rapport de synthèse de l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire (EM) : version provisoire finale destinée à la revue pour impression. [en ligne] <http://www.millenniumassessment.org> (page consultée en août 2005).
- Mimoun, D., (2004). Spatialisation de l'information : une aide à l'analyse hydraulique et paysagère développée lors de la réhabilitation de sites post-industriels, cas des réaménagements des gravières en eau en milieu alluvionnaire. Mémoire de thèse de doctorat, Ecole des Mines de Saint-Etienne, 362p.

Paran, F. (2005). Représentations territoriales pour la gestion équilibrée d'un patrimoine écologique et anthropique dans le domaine de l'eau. Mémoire de thèse de Doctorat, Ecole des Mines de Saint-Etienne, 297p. (+annexes 195p.).

Wasson, J.F. (2001). Les questions de recherche posées par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau : problématique pour les eaux de surface continentales. *Hydroécologie Appliquée*, 1 (13), 1-19.

**Caractérisation des formes
fluviales par imageries haute
résolution (drone)
Exemple de la Basse Vallée de
l'Ain et du Haut Rhône**

Jérome LEJOT, UMR 5600

Caractérisation des formes fluviales par imageries haute résolution (drone)

Exemple de la Basse Vallée de l'Ain et du Haut Rhône

Jérome Lejot

UMR5600 CNRS, 18 rue Chevreul 69632 LYON Cedex 07
jlejot@free.fr

RESUME

Cette étude vise à mettre en oeuvre un programme pilote destiné à évaluer l'intérêt et les limites de l'utilisation d'un drone et d'un DGPS dans le cadre des opérations de suivi des changements de la couverture topographique et bathymétrique de sites d'intervention en rivière. Ces nouvelles techniques devraient permettre de fournir de nouveaux indicateurs pour évaluer les actions de suivi et engager des travaux de simulations afin de mieux visualiser l'évolution structurale des milieux cibles. Ces travaux devraient à terme permettre de prendre en compte la diversité écologique à long terme en fonction de l'évolution prévisible des conditions d'habitats.

Mots clefs : drone, bathymétrie, photogrammétrie, suivi, restauration

1. PROBLEMATIQUE

Le Rhône et l'Ain, sont des cours d'eau à forte capacité de charge sédimentaire. Ils ont subi de profondes modifications dans le fonctionnement de leur système d'écoulement. Les principales causes de ces changements proviennent de la construction de barrages hydro-électriques (Rhône et Ain), d'endiguement (Rhône) et surtout d'extraction de granulats dans le lit mineur. Tous ces aménagements, sans minorer les services qu'ils ont rendus à la société, ont modifié durablement les conditions de transfert des sédiments et l'état de santé des écosystèmes aquatiques : déficit de la charge de fond du chenal actif, atterrissement des bras morts, déconnection de la forêt alluviale, diminution de la biodiversité etc. Pour lutter contre ces évolutions, dommageables pour les usages existants et le maintien des conditions de sécurité des populations riveraines, des opérations d'entretien et de restauration ont été mises en oeuvre dans le cadre des contrats de rivière et des SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) en cours dans la région Rhône-Alpes et plus particulièrement sur le Rhône dans le cadre du Plan Décennal de Restauration et sur l'Ain dans le cadre d'un programme LIFE Nature. La prise en compte par les institutions des conséquences graves de l'extraction des matériaux en rivière, de l'impact des barrages sur le transfert des sédiments et l'équilibre des lits fluviaux et du déficit sédimentaire en général à la suite de la réduction de l'espace de liberté des cours d'eau, explique qu'il est aujourd'hui nécessaire de gérer avec discernement une ressource qui n'est pas renouvelable et de réhabiliter des milieux aquatiques et riverains à forts potentiels écologiques. Devant l'urgence de la situation, les pouvoirs publics ont mis en place différentes actions visant à rendre mobile la charge sédimentaire (traitement par essartage, tranchées de

redynamisation, préservation de l'érosion des berges, injection des sédiments, etc.) qu'elle soit disponible sur site ou bien réinjectée artificiellement. Dans la prise en compte d'une gestion globale du corridor fluvial, ces actions portent également sur la redynamisation de certains bras morts atterris par re-calibration et re-végétalisation des chenaux. Le résultat recherché vise à limiter la disparition des zones humides d'intérêts écologiques majeurs. De tels programmes de restauration font rarement l'objet d'un suivi pour évaluer leur efficacité (l'expérience engagée sur le Rhône et sur l'Ain est à ce titre tout à fait exceptionnelle). Ils portent néanmoins principalement sur des indices biologiques et les changements topographiques ne sont pas abordés alors que le suivi de ceux-ci est essentiel lorsqu'il s'agit d'apprécier la durée de vie des îlons ou encore la mobilité des sédiments dans le cadre d'opération de remobilisation de la charge dans le chenal (recharge ou au contraire opération visant à faciliter les conditions de reprise des sédiments).

De fait, l'objet de la présente étude vise à mettre en œuvre un programme pilote destiné à évaluer l'intérêt et les limites de l'utilisation d'un drone et d'un DGPS dans le cadre des opérations de suivi des changements morphologiques et sédimentaires de sites d'intervention en rivière. Deux types de milieu ont été retenus pour ce test car ils présentent des configurations différentes et les objets étudiés ont des contraintes spécifiques (hauteur d'eau, substrat, type de végétation).

L'objectif de ce suivi vise à mieux identifier sur le tronçon court-circuité de Chautagne (Haut Rhône) et sur le tronçon Varambon – Priay (Basse Vallée de l'Ain) :

- l'évolution altimétrique des bancs de galets et du chenal en eau adjacent à la suite d'une recharge artificielle (Ain) et d'une action de dévégétalisation (Rhône) ;
- le suivi spatial de la reconquête végétale sur ces mêmes bancs de galets (Rhône) ;
- l'évolution bathymétrique et l'estimation de la sédimentation dans des îlons restaurés (« Malourdie » « Brotalet » - Rhône);
- la dynamique du couvert végétal aquatique et terrestre de ces îlons ;

2. TECHNOLOGIE DRONE ET DGPS

Le drone est un petit para-moteur radio-télécommandé (fig. 1a) produit par la société ABS-Aérolight (France) équipé de capteurs : un appareil photo numérique et un appareil photo argentique. Le doublage de deux appareils optiques répond aux risques de pannes pouvant subvenir sur l'un des deux capteurs. L'appareil numérique est également essentiel pour l'aide au pilotage grâce à un retour visuel des zones survolées. Toujours dans un souci d'optimisation des survols, le drone est équipé d'un GPS embarqué. L'altitude de vol peut être contrôlé ainsi que la trajectoire. Le survol se fait dans l'axe d'écoulement avec chevauchement des clichés pour assurer la continuité des prises de vue et répondre aux contraintes de la photogrammétrie.

Le protocole drone sera couplé à une technique de mesure topographique par GPS Différentiel (Trimble RTK 5800). Il est constitué de deux récepteurs équipés de radios ce qui permet un fonctionnement en temps réel avec une précision centimétrique. Cette précision altimétrique permettra de suivre les effets morphologiques des différentes crues sur les bancs des tronçons concernés. Ceci implique de réaliser des mesures immédiatement après les crues soit, plusieurs fois dans l'année (on prendra comme évènement critique, un seuil de crue inférieur à la crue annuelle).

3. LES TRAITEMENTS D'IMAGES

Comme pour toutes prises de vue à partir d'un vecteur aérien, l'optique des capteurs induit des déformations géométriques dont les origines sont doubles. En premier lieu, l'optique génère une déformation due à la forme lenticulaire des objectifs. La seconde distorsion est engendrée par le sol en lui-même. En effet, la terre n'étant pas une surface plane, son relief engendre également une déformation qui est d'autant plus grande que le capteur est éloigné du sol. Afin de palier ces distorsions et pour pouvoir assembler les acquisitions entre-elles, des points de contrôle sont disséminés sur le site. Ce sont des points de repères facilement identifiables sur les photographies aériennes. En fonction de la restitution à générer (bathymétrique ou topographique), la position de ces « balises » respecte des contraintes liées à la mise en oeuvre des deux méthodes. Pour la restitution bathymétrique, les balises sont réparties tout autour du chenal pour réaliser un mosaïquage (assemblage entre clichés). Pour la restitution topographique, la densité des balises sur la zone atterrie doit correspondre aux règles de la photogrammétrie.

3.1. Restitution bathymétrique

La restitution bathymétrique a été testée sur la lône du Planet (ancien méandre de l'Ain) qui a fait l'objet en 1997 d'un programme de restauration. L'objectif est d'évaluer l'impact des travaux engagés sur le bouchon alluvial (décaissement permettant la reconnexion du plan d'eau) afin de quantifier l'apport des sédiments dans le chenal lors d'une crue et ainsi tenter de prédire l'évolution morphologique de la lône. Le modèle est basé sur le rapport entre réponse radiométrique des pixels et hauteur d'eau en supposant que les variations colorimétriques d'une image traduisent la géométrie du fond du chenal.

En partant de ce postulat de base, un échantillonnage in-situ a été réalisé. Sur un linéaire de 250m, dix transects ont été établis représentant 61 points de mesure (hauteur d'eau et description du faciès sur lequel porte la mesure). L'acquisition des points a été obtenue par un DGPS (LEICA G50) concernant les axes planimétriques (x, y) avec une précision d'environ 20 cm et un relevé par lecture directe de la hauteur d'eau pour le z (la précision du z par ce DGPS n'étant pas suffisante). Ce calage terrain associé à la mosaïque d'images créée à partir des balises implantées sur site permet d'extrapoler les hauteurs d'eau sur l'ensemble du plan d'eau. Il en résulte pour chaque pixel de l'image une information sur la hauteur d'eau par corrélation. Ainsi peut être générée une cartographie représentant la géométrie du chenal (fig. 1c).

3.2. Restitution topographique des atterrissements

3.2.1 Drone

La restitution topographique a été testée sur la partie aval d'un banc de galets près de Gévrieux sur l'Ain. Le principe basé sur les fondements de la photogrammétrie est de pouvoir, à partir d'un couple de photographies, restituer en trois dimensions le relief. Grâce à au moins 6 points de calage pris au DGPS sur chaque zone de recouvrement, un calcul précis de la position des capteurs au moment de l'acquisition est effectué. C'est la première étape dite de « minimisation ». Une fois la position dans l'espace du drone connu, on établit une corrélation entre la première et la deuxième acquisition. Cela se traduit par la prise de points homologues sur l'ensemble des deux clichés. L'algorithme utilisé est le corrélateur Médicis du CNES (Centre National d'Etudes Spatiales). Une fois ces deux étapes réalisées, le MNT est généré et l'ortho-photo produite (fig. 1b).

3.2.2 DGPS

La restitution d'un MNT par DGPS consiste à couvrir l'ensemble du banc avec un pas d'échantillonnage métrique. En fonction de la micro-topographie, cet échantillonnage pourra

être densifié. Les points acquis seront interpolés pour former un maillage représentant la géométrie de l'atterrissement.

4. CONCLUSIONS

Après vérification sur le terrain, la véracité des résultats issus des restitutions démontre la pertinence des 3 méthodes.

Concernant la lône du Planet, la cartographie bathymétrique produite restitue dans son ensemble la géométrie du chenal avec un taux de corrélation de 78 %. L'intégration dans la méthode des observations sur la nature des substrats rencontrés à la verticale des points de mesure met en évidence la logique de répartition des végétaux aquatiques en fonction des profondeurs d'eau.

Il en va de même pour le MNT du banc de galets. Les vérifications ont permis de mettre en évidence sur certains secteurs une précision en relatif de 5 centimètres. Cependant, la restitution par photogrammétrie reste lourde à mettre en place en terme de traitements pour couvrir de grandes surfaces. Des mesures topographiques in-situ par DGPS permettra de répondre à ce problème.

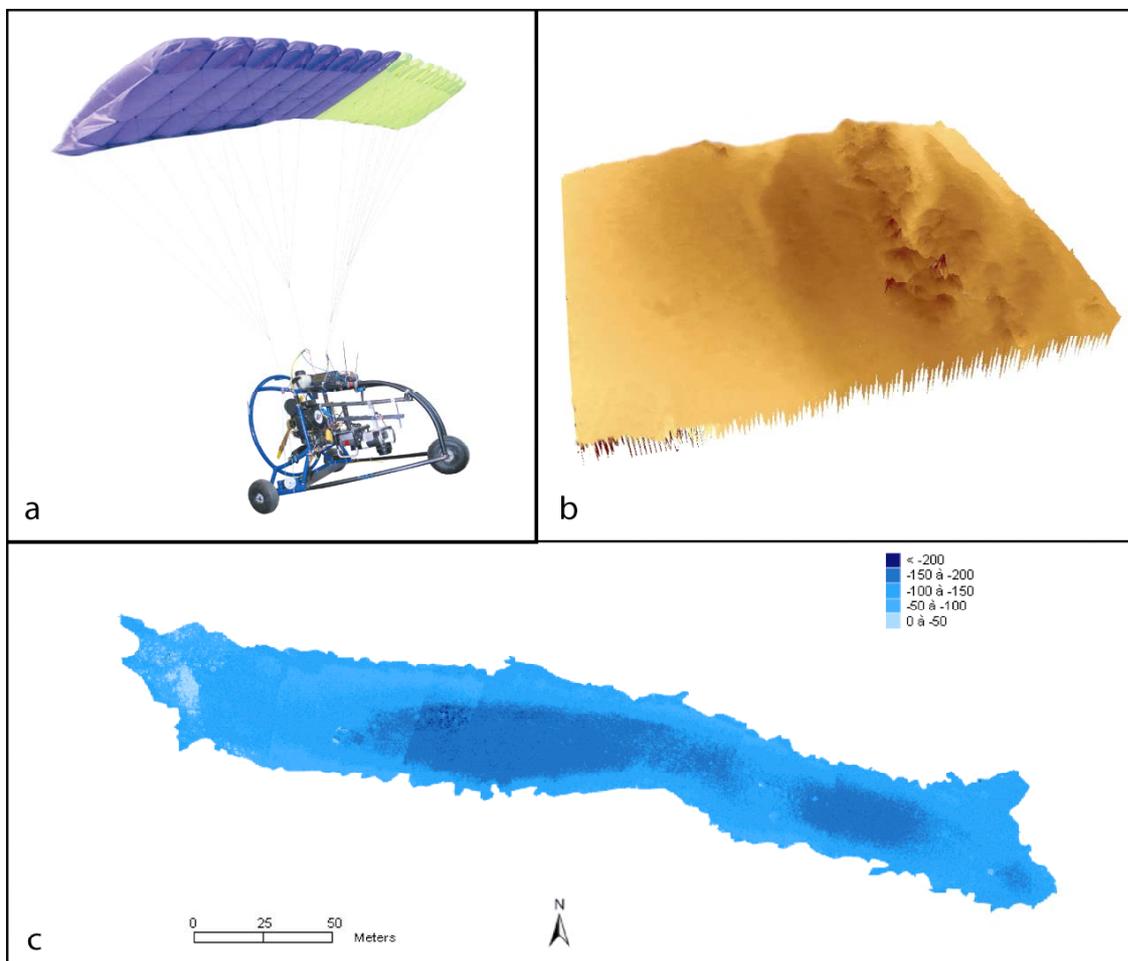


Figure 1. a) drone b) MNT c) carte bathymétrique (cm)

Remerciements :

Cette étude est réalisée dans le cadre d'un partenariat entre l'UMR5600 et le CEMAGREF au sein de la ZABR. Je remercie les membres de l'équipe drone, M.L. Trémélo, T. Fournier et l'ensemble des personnes présentes sur le terrain.

**Restauration du transport solide
sur une rivière à méandres à
l'aval d'un barrage : le cas de la
basse vallée de l'Ain.**

Anne-Julia Rollet
CRGA, UMR 5600, Université de Lyon 3

Restauration du transport solide sur une rivière à méandres à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain.

Anne-Julia Rollet

CRGA, UMR 5600, université de Lyon 3
18 rue Chevreul 69007 Lyon
ajrollet@yahoo.fr

RESUME

La rivière d'Ain est un cours d'eau à méandres dynamique présentant une diversité écologique reconnue à l'échelle européenne. A l'aval d'une chaîne de barrages, l'équilibre de la basse vallée est aujourd'hui menacé. Notre travail a démontré que les apports en sédiments depuis l'amont du bassin versant décroissaient depuis 1963 et que le système en aval, incapable de produire suffisamment de sédiments pour compenser cette perte, se vidange progressivement, perd de sa mobilité en plan et s'incise. Pour enrayer ce processus, un projet de recharge artificielle du chenal a été proposé aux gestionnaires. Une opération couplant les actions de restauration de 5 îlons, sélectionnées dans le cadre du programme Life Nature, et la ré-injection de galets est actuellement en cours.

MOTS CLES

Bilan sédimentaire, géomorphologie fluviale, restauration, transport solide.

Notre zone d'étude est située dans la basse vallée de l'Ain à l'aval d'une chaîne de barrages. Cette rivière présente un débit moyen annuel de $120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Chazey-sur-Ain pour un bassin versant de 3640 km^2 . Ce chenal présentait une importante mobilité latérale qui contribuait à un remaniement régulier du substrat et permettait le maintien de milieux pionniers et une végétation spécifique des milieux alluviaux ainsi qu'une grande diversité d'habitats. Aujourd'hui ce cours d'eau reste caractérisé par un grand intérêt écologique confirmé par la récente décision de la commission européenne de mettre en place un programme Life Nature intitulé « Conservation des habitats créés par la dynamique de la rivière d'Ain. » (2003-2007). Cette diversité est cependant menacée par la perte de mobilité et l'incision du lit en lien avec la disparition progressive de la charge de fond piégée dans les réservoirs des barrages en amont. Ainsi, dans le cadre de la ZABR, un programme régional Thématiques prioritaires (2003-2006) intitulé « Modifications anthropiques des flux sédimentaires, réponses des écosystèmes aquatiques et actions de restauration », regroupant des équipes de recherche du Cemagref de Lyon, l'Institut de droit de l'environnement de l'université Lyon 3, l'UMR 5600 CNRS, l'université Lyon 1 et l'Ecole Centrale, a été adopté dans le but d'analyser la question de ce déficit sédimentaire et ses impacts.

Le travail de thèse présenté ici s'inscrit dans ce contexte et vise à approfondir notre compréhension de la dynamique actuelle et passée (depuis 1945) du transport solide de l'Ain (où sont les sources sédimentaires ?, quels sont les lieux de stockage ? quels volumes transitent ? existe-il un déficit sédimentaire ? où ? combien ?) et de proposer des solutions de gestion durable aux gestionnaires pour une ré-introduction progressive de la charge de fond et la reprise de la mobilité latérale.

Nous avons tout d'abord procédé à une étude géomorphologique afin de localiser les changements morphologiques intervenus dans le chenal et d'identifier leur intensité (ex : disparition des bancs de galets, rétrécissement et incision du chenal, diminution des mouvements latéraux) depuis 1945. Nous avons travaillé à partir de photographies aériennes (de 1945 à 2000), de profils topographiques (profils en travers et profils en long de 1920 à 2004). Nous avons également procédé à une analyse granulométrique à l'aide d'un traitement automatique par imagerie sur 109 photographies de têtes de banc sur l'ensemble du linéaire étudié (Rollet, 2002). Cette analyse met en évidence le développement progressif du pavage depuis le barrage d'Allement (construit en 1958) entre 1960 et 2000 et permet de distinguer deux tronçons caractéristiques : un tronçon amont déjà affecté par les effets des barrages et un tronçon aval encore préservé (Fig.1). Nous avons également pu constater que depuis 1963, le tronçon amont ne cesse de s'étendre vers l'aval.

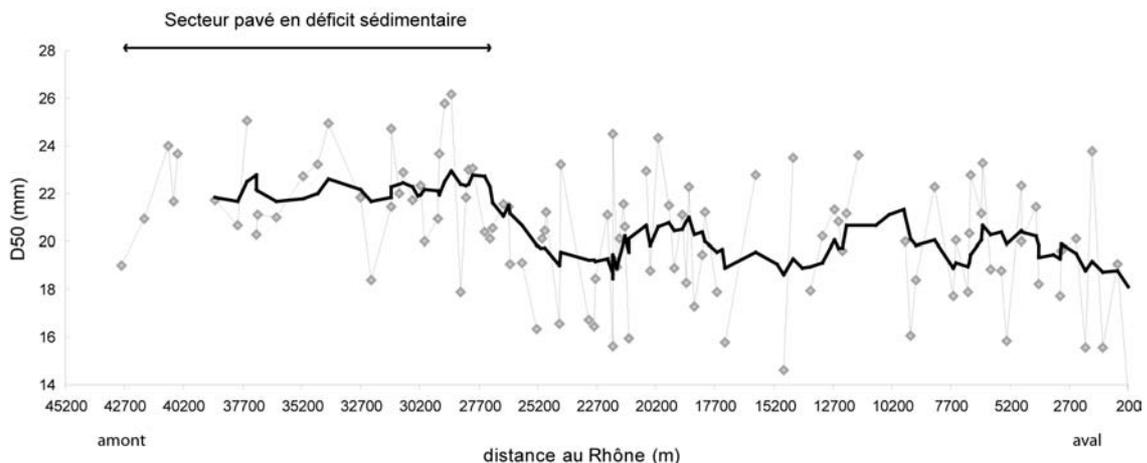


Figure 1 : distribution longitudinale de la taille médiane des sédiments (D50) en tête de banc

Le déficit sédimentaire étant ainsi démontré et localisé, nous avons essayé de quantifier le transport solide potentiel à l'aide de la formule hydraulique de Meyer Peter sur 5 sections en travers (2 sur le tronçon déficitaire, 1 dans la zone de transition et deux dans la zone encore préservée). Ces estimations ont été complétées à l'aide de mesures de terrain, notamment de parcelles peintes pour la détermination des débits seuil de mise en mouvement des particules. Cette approche sera complétée par la suite par une quantification semi-directe à l'aide de chaînes d'érosion, de traceurs (galets équipés d'émetteurs passifs), et de relevés topographiques. Une seconde approche par modélisation hydraulique est en cours en collaboration avec l'équipe du Cemagref de Lyon (A. Paquier). Ce modèle aura pour objectif de quantifier en termes de volumes et de caractéristique des sédiments, les évolutions

gémorphologiques passées et d'établir des scénarii futurs qui dépendent à la fois des caractéristiques hydrologiques prévisibles (approche statistique), de l'occupation du sol et des installations anthropiques. Toutes ces mesures nous ont permis d'évaluer le déficit sédimentaire autour de 15-20 000 m³ par an.

Enfin, nous avons achevé la phase de diagnostic par la construction d'un budget sédimentaire sur la période 1970-2003 pour chaque tronçon de 250 m de cours d'eau. Ce bilan nous a permis de déterminer les zones d'importante production et les zones de stockage sédimentaire. Il apparaît que le secteur amont déficitaire, incisé, présente une dynamique latérale beaucoup trop faible pour pouvoir compenser le déficit lié la rétention de sédiments dans les réservoirs de barrage en amont et que l'affluent le plus important (l'Albarine) n'apporte pas de contribution suffisante (25 % tout au plus du transport solide moyen annuel). De plus, nous notons que le secteur le plus dynamique (Fig.2) présentant une forte fonctionnalité hydromorphologique (érosion-inondation) donc une forte spécificité végétale (maintien de milieux pionniers-végétation spécifique typique des forêts de bois tendre) et une forte diversité de la mosaïque d'habitats (Dufour, 2005), n'est qu'à quelques kilomètres en aval du front de progression du déficit sédimentaire. Ce secteur est donc menacé à court terme par une perte de mobilité latérale et par l'incision du chenal. Un moyen de préserver cette dynamique, d'enrayer la progression du déficit et la dégradation de tels milieux est de contribuer à la restauration artificielle de la charge de fond en ré-injectant du sédiment grossier sur le tronçon amont.

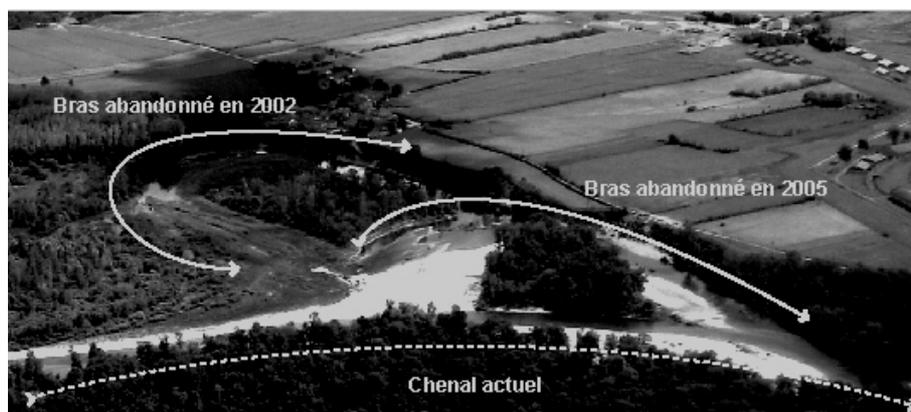


Figure 2 : création de bras morts suite au déplacement du chenal sur le secteur de Mollon

L'enjeu suivant a donc été d'identifier différents scénarii de re-introduction annuelle de sédiments en limitant les perturbations dans le chenal et le passage des engins lourds. Le moyen le plus évident de supprimer les inconvénients liés au transport de la charge par camion est de mobiliser les sédiments stockés sur place dans la plaine moderne. Nous avons donc estimé ces volumes à partir des photographies aériennes et des hauteurs de sédiments fins et grossiers observés en berge. Nous avons répété l'opération pour chaque convexité présente sur le tronçon entre Varambon et Priay où la mobilité latérale et la capacité de la rivière à se recharger naturellement en sédiments ont quasiment disparu. Ces volumes stockés s'avèrent être suffisants pour alimenter le cours d'eau durant plusieurs décennies (40 à 120 ans selon les superficies considérées). Deux options possibles pour la re-mobilisation de ces volumes ont été ensuite proposées aux gestionnaires. La première est de profiter de la restauration de 5 bras morts, identifiés dans le cadre du projet Life, qui produira des sédiments grossiers utilisables pour alimenter artificiellement le chenal et contribuer ainsi à la restauration de la charge de fond. Les sédiments grossiers extraits vont être étalés sous forme de nappe homogène dans le chenal alors que les sédiments fins, contenant potentiellement des banques de graines, seront

transportés sur d'autres sites et utilisés dans le cadre d'opérations de restauration de gravières par exemple. Nous avons procédé à des levés topographiques en utilisant un DGPS couplé à une lunette et une mire dans le cas où la végétation était trop dense. Des sondages à la tarière ont permis de déterminer le toit des galets et les volumes de sédiments fins et grossiers à curer pour reconnecter les zones humides atterries. Les opérations de restauration sont aujourd'hui en cours (Fig.3). Avant et après chaque crue morphogène, la charge re-introduite sera quantifiée et cartographiée par imagerie à partir de photographies prises par un drone afin d'affiner progressivement les volumes à re-introduire (Lejot 2005).



Figure 3 : opération d'épandage dans le chenal des galets extraits lors de la restauration des zones humides (CREN, 2005)

La seconde option est de coupler la production artificielle de sédiments avec les projets de restauration des unités pionnières de la plaine alluviale en excavant et abaissant la plaine d'inondation par petites tranches dans la partie amont incisée. Les sédiments issus de l'excavation pourraient être re-introduits dans le chenal et l'abaissement topographique permettrait de restaurer les unités pionnières et de rétablir les échanges entre le chenal et la plaine alluviale, en augmentant les fréquences d'inondation. Cette option n'est encore qu'à l'état de proposition mais nous avons étudié sa faisabilité en termes de coût des opérations de traitement des sédiments (opérations mécaniques, exportation des sédiments fins...) et de la végétation (dessouchage, broyage...), et en fonction des types d'activités et d'occupation du sol sur ces secteurs.

BIBLIOGRAPHIE

Dufour S. (2005) Contrôles naturels et anthropiques de la structure et de la dynamique des forêts riveraines des cours d'eau du bassin rhodaniens (Ain, Arve, Drôme et Rhône). *Thèse de doctorat en géographie aménagement, Université Lyon 3*, 244 pages.

Lejot J., Piégay H. (2005) Etat des lieux des sites de recharge avant travaux de restauration. *Programme de recharge sédimentaire de la rivière d'Ain, volet 1*, 21 pages.

Lejot J., Piégay H., Delacourt C., Trémélo M.L., Fournier T., Grandjean P. (in prep.) High resolution imagery for reconstructing channel bathymetry and topography (Drone). *Earth surface Processes and Landforms*.

Rollet A.J. (2002) Les effets du barrage d'Allement sur la granulométrie du lit de la basse vallée de l'Ain. *Mémoire de maîtrise en géographie, université Lyon 3*, 84 pages.

Influence de la qualité des sédiments colmatés sur le fonctionnement biogéochimique des interfaces sédimentaires aquatiques : interaction avec les processus de bioturbation

Géraldine Nogaro, Florian Mermillod-Blondin
et Janine Gibert
UMR-CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des
Hydrosystèmes Fluviaux (LEHF)

Influence de la qualité des sédiments colmatés sur le fonctionnement biogéochimique des interfaces sédimentaires aquatiques : interaction avec les processus de bioturbation

Géraldine Nogaro¹, Florian Mermillod-Blondin et Janine Gibert

UMR-CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux (LEHF),
Université Claude Bernard Lyon 1, Domaine Scientifique de la Doua, 69622
Villeurbanne, France.

¹Contact : nogaro@univ-lyon1.fr

RÉSUMÉ

Dans les cours d'eau, les échanges eau-sédiment jouent un rôle primordial dans les processus biogéochimiques et la dégradation de la matière organique. De ce fait, dans les systèmes colmatés par des sédiments fins, le fonctionnement de l'interface est fortement modifié. Par exemple, en milieu urbain, les sédiments fins apportés par le ruissellement des eaux pluviales vont affecter la capacité hydraulique et les gradients physico-chimiques dans les systèmes de collecte et d'infiltration. L'objectif de cette étude est de quantifier l'effet des oligochètes tubificidés dans des systèmes expérimentaux en infiltration colmatés par différents types de sédiments fins. Les résultats montrent que les tubificidés peuvent induire une diminution du colmatage et une stimulation des processus biogéochimiques, ces effets dépendant de la quantité de matière organique des sédiments.

MOTS CLES

Bioturbation, colmatage, invertébrés, matière organique, polluants

1. INTRODUCTION

Dans les écosystèmes aquatiques, les échanges à l'interface eau-sédiment peuvent influencer fortement les processus biogéochimiques et microbiologiques comme la minéralisation de la matière organique (MO) et le recyclage des nutriments (Boulton et al., 1998). Le dépôt de particules fines en surface d'un cours d'eau peut perturber ces processus d'échanges par colmatage et altérer fortement la qualité de l'habitat de la faune benthique (Wood and Armitage, 1997, Brunke, 1999). En milieu urbain, le processus de colmatage est souvent observé dans les systèmes de collecte d'eaux pluviales où s'accumulent des sédiments fins riches en MO et en polluants (Datry et al., 2003a). Dans ces sédiments, il existe de fortes densités d'invertébrés comme des vers tubificidés qui vont créer des réseaux de terriers et de galeries à l'intérieur du sédiment (Datry et al., 2003b). De telles activités de bioturbation par les invertébrés dans la colonne sédimentaire modifient les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sédiment (Fukuhara and Sakamoto, 1987; Mermillod-Blondin et al., 2003). Cependant, le fonctionnement de ces milieux colmatés par des apports de sédiments fins en surface et le rôle du compartiment biologique (micro-organismes et invertébrés) dans ce fonctionnement ont été très peu étudiés jusqu'à présent. L'objectif principal de cette étude est donc de quantifier l'effet des vers tubificidés dans des

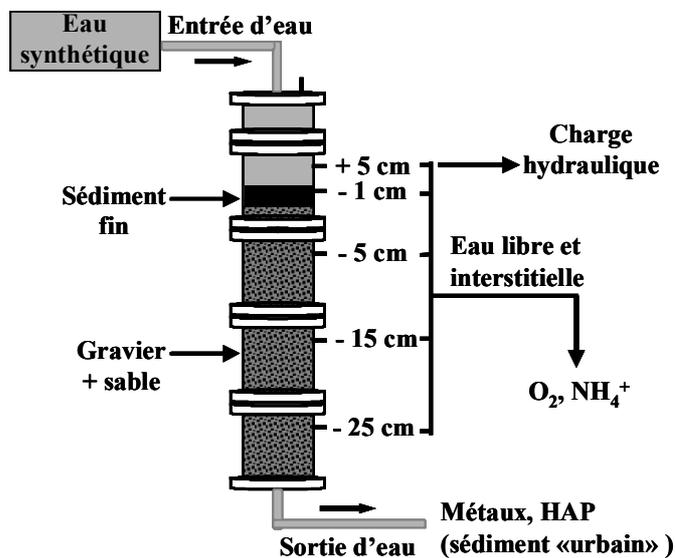
systèmes expérimentaux en infiltration colmatés par 3 types de sédiments ayant des charges en polluants et en matière organique différentes.

2. MATERIELS ET METHODES

L'approche expérimentale consiste en l'utilisation de mésocosmes (= colonnes en plexiglas remplies de sable et de graviers avec une couche de 2 cm de sédiment colmaté en surface) afin de reconstituer en laboratoire un système sédimentaire en infiltration de type bassin d'infiltration d'eaux pluviales. Le plan expérimental permettra de tester 3 types de sédiments colmatés apportés en surface (Fig. 1) :

- du sédiment « urbain » (5-6% de carbone organique particulaire (COP), HAP, métaux lourds et 42-48 % de particules < 100 µm en volume)
- du sédiment « sain » (1-2% de COP et 47-54 % de particules < 100 µm)
- du sédiment « organique » (4-6% de COP et 45-52 % de particules < 100 µm)

Pour chaque type de sédiment, 3 unités expérimentales (= UE) seront laissées sans faune pour servir de témoins et 3 UE seront colonisées par des vers tubificidés (densité = 20 400 individus/m²/UE).



Pour chaque UE, des mesures de charge hydraulique ont été réalisées afin de déterminer la perméabilité des colonnes et des mesures de concentration en O₂ dissous et en NH₄⁺ dans l'eau libre et l'eau interstitielle pour déterminer l'influence des tubificidés sur les processus biogéochimiques. Pour le sédiment « urbain » pollué, le relargage des métaux et des HAP a été mesuré dans l'eau en sortie de colonne (Fig. 1).

Figure 1 : Paramètres mesurés dans une unité expérimentale.

3. RESULTATS et DISCUSSION

3.1 Mesure de charge hydraulique

La charge hydraulique mesurée dans les colonnes témoins a augmenté au cours du temps pour les 3 types de sédiments, témoignant de l'apparition d'un colmatage avec l'ajout de particules fines (<100 µm) en surface (Fig. 2).

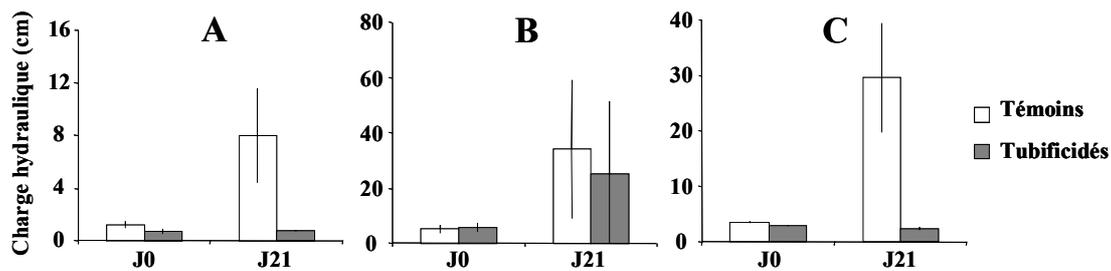


Figure 2 : Charges hydrauliques (en cm) pour (A) le sédiment « urbain », (B) le sédiment « sain » et (C) le sédiment « organique » en début (J0) et fin (J21) d'expérience.

Le colmatage observé avec le sédiment « sain » est nettement plus marqué que pour les autres sédiments probablement à cause de la structure très cohésive des particules minérales contenue dans ce sédiment peu riche en MO. Les tubificidés maintiennent la capacité hydraulique (faible charge hydraulique) du système dans les traitements avec sédiments « urbain » et « organique » grâce à leurs réseaux de galeries. Les structures produites par les vers (Fig. 3, exemple pour le sédiment « organique ») vont traverser la couche de sédiment colmaté provoquant des passages préférentiels pour l'eau et empêchant le colmatage du système. Le même type de structures biogènes a été observé dans les colonnes avec sédiment « urbain » alors que dans le cas du sédiment « sain » les vers ont très peu remanié le sédiment probablement à cause la faible quantité de MO disponible et de la structure très cohésive de sédiment colmaté.

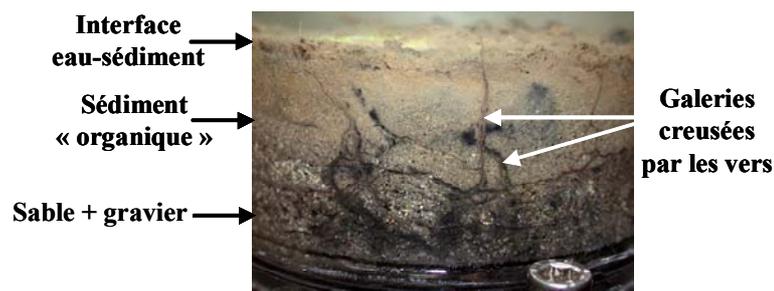


Figure 3 : Photographie des galeries creusées par les vers tubificidés au niveau de l'interface eau/sédiment d'une colonne avec sédiment « organique » en surface.

3.2 Mesure d'oxygène dans l'eau

Toutes les colonnes présentent une décroissance très rapide de la concentration en oxygène avec la profondeur notamment avec les sédiments « urbain » et « organique » car ils sont plus riche en MO ce qui va stimuler la respiration microbienne. (Fig. 4). En présence d'invertébrés, les concentrations en O₂ dissous dans les systèmes sont globalement plus faibles qu'au niveau des témoins témoignant d'une stimulation de la respiration microbienne par la faune. Cet effet de la faune est moins marqué dans les sédiments « urbain » et « organique » par rapport au sédiment « sain » car la respiration microbienne y est déjà tellement élevée qu'elle peut être difficilement stimulée par la faune.

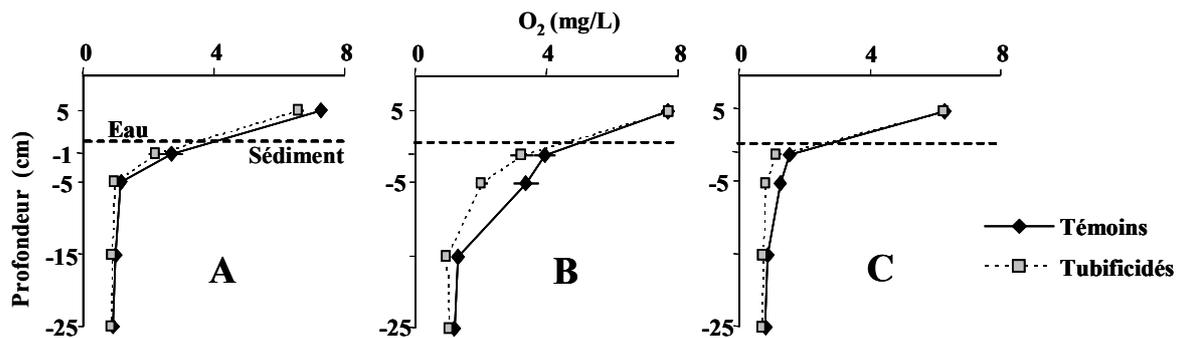


Figure 4 : Profils d'oxygène (en mg/L) au jour 10 de l'expérience.
 (A) sédiment « urbain », (B) sédiment « sain » et (C) sédiment « organique ».

3.3 Mesure d'ammonium dans l'eau

L'eau interstitielle se charge en ammonium lors de son transfert dans les colonnes sédimentaires (Fig. 5). La production en ammonium est plus forte dans les sédiments « organique » et « urbain » en comparaison avec le sédiment « sain ». La MO contenue dans les sédiments « urbain » et « organique » est donc minéralisée en conditions de faible oxygénation et constitue une source en ammonium pour le système sédimentaire. La présence d'invertébrés produit une plus forte concentration en ammonium dans la matrice sédimentaire en présence de sédiment « organique ». Les invertébrés vont donc stimuler la décomposition de la matière organique et la production en ammonium qui en résulte. En revanche dans le cas du sédiment « urbain » pollué, aucun effet de la faune n'a été mesuré sur le relargage des métaux et des hydrocarbures dans l'eau en sortie de colonne, la majorité des polluants restant fixés dans la matrice sédimentaire.

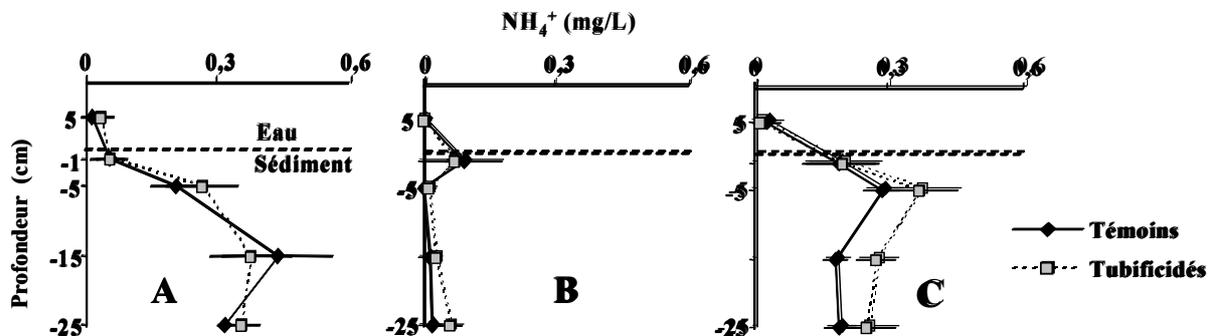


Figure 5 : Profils d'ammonium (en mg/L) au jour 10 de l'expérience.
 (A) sédiment « urbain », (B) sédiment « sain » et (C) sédiment « organique ».

4. CONCLUSION

Les invertébrés peuvent limiter les phénomènes de colmatage induits par les sédiments riches en MO. Les invertébrés sont aussi susceptibles de stimuler la respiration et la minéralisation de la matière organique dans le système sédimentaire. Le rôle de la bioturbation dans les sédiments est intimement lié aux caractéristiques physiques et chimiques des sédiments. Etant donné l'importance des processus se déroulant dans les sédiments sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (processus biogéochimiques, stockage des polluants, filtration physique,...), les rôles des invertébrés sur la perméabilité des sédiments (réduction du phénomène de colmatage) et la dégradation de la matière

organique suggère de prendre en compte pleinement le rôle de la bioturbation dans la quantification des flux de matière et d'énergie au sein des milieux sédimentaires.

Remerciements : Cette étude a reçu un soutien technique et/ou financier du programme ECCO-PNBC du CNRS, la fédération de recherche OTHU, du Grand Lyon et de la Région Rhône-Alpes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Boulton, A.J., Findlay, S., Marmonier, P., Stanley, E.H. and Valett, H.M. (1998). The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 29: 59-81.

Brunke, M. (1999). Colmation and depth filtration within streambeds : retention of particles in hyporheic interstices. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 84 : 99-117.

Datry, T., Malard, F., Hervant, F., Vitry L. and Gibert, J. (2003a). Solutes dynamics in the bed of a rapid infiltration storm water basin. *J. Hydrol.*, 273 : 217-233.

Datry, T., Hervant, F., Malard, F., Vitry, L. and Gibert, J. (2003b). Dynamics and adaptative responses of invertebrates to suboxia in contaminated sediments of a stormwater infiltration basin. *Archiv Hydrobiol.*, 156 : 339-359.

Fukuhara, H. and Sakamoto, M. (1987). Enhancement of inorganic nitrogen and phosphate release from lake sediment by tubificid worms and chironomid larvae. *Oikos*, 48: 312-320.

Mermillod-Blondin, F., Gaudet, J.-P., Gerino, M., Desrosiers, G. and Creuze Des Chatelliers, M., (2003). Influence of macroinvertebrates on physico-chemical and microbial processes in hyporheic sediments. *Hydrol. Proc.*, 17: 779-794.

Wood, P.J. and Armitage, P.D. (1997). Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environ. Manage.*, 21(2): 203-217.

Caractérisation d'émissions chimiques et microbiologiques lors d'opérations de dragage des sédiments du Rhône.

Neto Manuelle(1) ; Bedell Jean-Philippe(1) ;
Gourdon Rémy (2) ; Collilieux Guy (3) ; Bispo
Antonio (4)

1 LSE-ENTPE Rue Maurice Audin 69518 Vaulx-en-Velin.

2 LAEPSI Bât.S. Carnot INSA Lyon 69621 Villeurbanne.

3 2 rue André Bonin 69316 Lyon Cedex 04, CNR

4 2 square La Fayette 49004 Angers cedex 01, ADEME

Caractérisation d'émissions chimiques et microbiologiques lors d'opérations de dragage des sédiments du Rhône.

Neto Manuelle¹ ; Bedell Jean-Philippe¹ ; Gourdon Rémy² ; Collilieux Guy³ ; Bispo Antonio⁴

¹ LSE-ENTPE Rue Maurice Audin 69518 Vaulx-en-Velin.

² LAEPSI Bât.S. Carnot INSA Lyon 69621 Villeurbanne.

³ 2 rue André Bonin 69316 Lyon Cedex 04, CNR

⁴ 2 square La Fayette 49004 Angers cedex 01, ADEME

RÉSUMÉ

L'objectif est de mieux connaître les mécanismes de transport des métaux dans le cours d'eau lors d'une remise en suspension du sédiment.

Le suivi de la qualité de l'eau lors d'un dragage par remise en suspension a été suivi sur le cours d'eau. A partir de 500 mètres la quantité de MES, la teneur en métaux et la population bactérienne reviennent à des valeurs similaires à celles du point de référence mesurées en amont du rejet. Selon le système d'évaluation de la qualité des cours d'eau (seq-eau) la qualité de l'eau à partir de 50 mètres en aval du rejet est de qualité bonne à moyenne.

Au laboratoire une expérimentation en conditions contrôlées a été mise en place. Elle a été effectuée avec du sédiment biotique et du sédiment abiotique (stérilisé par rayonnements gamma). Les résultats montrent un effet de la stérilisation par rayonnement gamma sur la décantation des particules et la teneur en métaux dans la colonne d'eau.

MOTS CLES

Bactérie, MES, Métaux, Remise en suspension, Rhône

INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est d'aider au choix de gestion du devenir des sédiments par une bonne caractérisation du terme source « rejet du sédiment mélangé avec l'eau lors d'une remise en suspension ».

Pour cela, il faudra mettre en évidence le flux de polluants susceptibles d'être émis lors de la remise en suspension dans le Rhône.

Une remise en suspension sur le site de Vaugris a été suivie d'un point de vue physico-chimique et microbiologique. Afin de comprendre les mécanismes dans le transport des métaux et le rôle des bactéries, une expérimentation en conditions contrôlées a été mise en place. Celle-ci porte sur l'étude du rejet (mélange d'eau et de sédiment) en laboratoire ; réalisée avec du sédiment du site de St-Vallier appelée « biotique » et le même sédiment stérilisé par rayonnements gamma dénommée « abiotique ».

RESULTATS

Les travaux concernent le curage de l'écluse aval de Vaugris par une drague aspiratrice. Une caractérisation de la qualité des sédiments en place est réalisée quelques jours avant l'opération de dragage et une caractérisation de l'eau en amont du rejet est effectuée le jour du dragage. Les caractérisations préalables permettent d'étudier le niveau de pollution des sédiments ainsi que le transfert des polluants lors du dragage afin d'évaluer les impacts sanitaires et environnementaux potentiels et réels.

La figure 1 représente la zone d'étude, les prélèvements de sédiments ont été partagés en 3 zones (point 1, point 2 et point 3), la zone de curage et le point de rejet sont représentés sur le schéma.

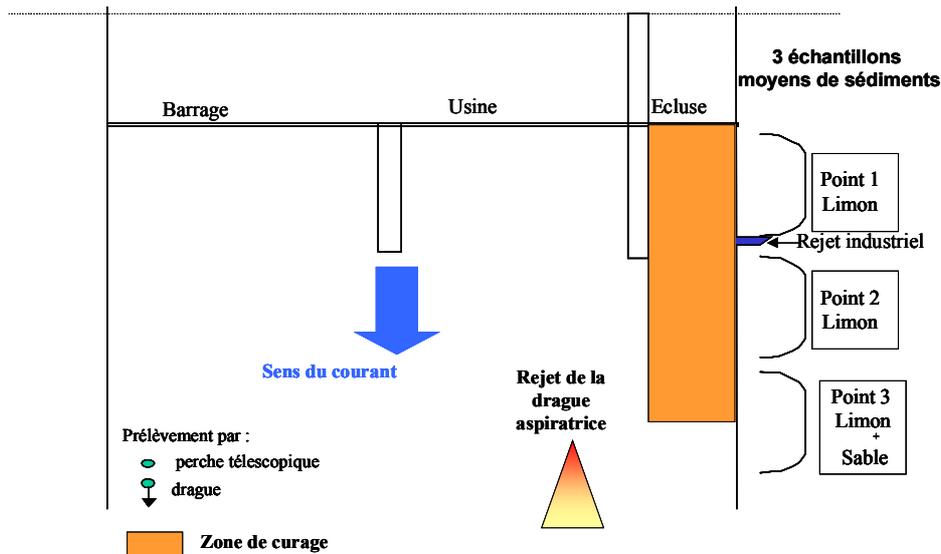


Figure 1 : Schéma de la zone de travaux du site de Vaugris.

Si l'on rapporte les mesures physico-chimiques du sédiment prélevé au SEQ-EAU (système d'évaluation de la qualité des cours d'eau) on constate que le sédiment est de bonne à moyenne qualité concernant les mesures de métaux totaux et de HAP. On peut tout de même souligner une forte présence d'arsenic et d'hydrocarbures.

On remarque également une teneur en carbone organique total (COT) comprise entre 1,21 et 2,32% et une population bactérienne de $1,69 \cdot 10^9$ à $5,66 \cdot 10^9$ bactéries/g de sédiment sec.

Lors de l'opération de dragage, différents prélèvements ont été réalisés : un point de référence (en amont du dragage) a été effectué (Réf), ainsi qu'un point à 3 mètres à l'aval du rejet (rejet). La figure 2 montre l'évolution des MES lors du dragage dans le cours d'eau.

Il convient de noter que la valeur mesurée en sortie de conduite est de 74325 mg/l de matière en suspension (MES). On note une atténuation rapide des concentrations de MES que ce soit vis à vis de la distance du rejet mais aussi vis à vis de la mesure à la surface et en profondeur dans le cours d'eau (Figure 2).

Si l'on rapporte les valeurs physico-chimiques au SEQ-EAU, on peut donc souligner qu'à l'exception du prélèvement à la sortie de conduite du rejet, l'ensemble des échantillons prélevés ne présentent pas de fortes concentrations en éléments traces ou en COT. Ceci peut sans doute s'expliquer par le principe même de la remise en suspension qui consiste en un mélange du sédiment avec une importante quantité d'eau pour son transport dans la conduite, jusqu'au rejet et par la dilution qui a lieu

dans le cours d'eau. Cependant, cette opération donne lieu à une augmentation de la population bactérienne en aval du rejet en référence à celle détectée en amont de l'opération.

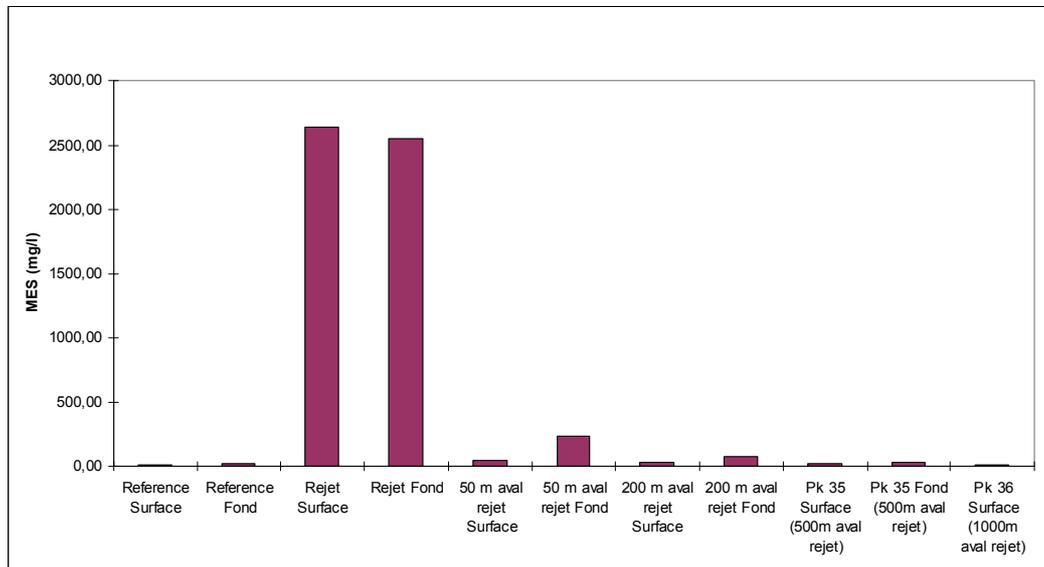


Figure 2 : Evolution des MES aux différents points de prélèvements lors du dragage.

Les mesures effectuées sur le cours d'eau lors d'un dragage par remise en suspension ont montré que les teneurs en MES redeviennent très rapidement (moins de 1000 mètres à l'aval) similaires aux teneurs trouvées en amont du rejet. On retrouve des conditions physico-chimiques globalement identiques à la référence amont.

Ces mesures ont montré qu'il y a un phénomène particulière important, que les bactéries sont présentes dans le sédiment et dans le panache, mais qu'un effet de dilution peut masquer les polluants.

Le rôle des bactéries dans le transport des métaux peut être actif, passif, ou celles ci peuvent biodégrader les polluants.

Nous avons choisi d'étudier en laboratoire les phénomènes qui se produisent dans le panache. Un protocole a été développé et il consiste à mélanger pendant 24 heures le sédiment et l'eau à l'aide d'un agitateur rotatif, les quantités d'eau et de sédiment doivent être proches de ce que l'on retrouve en sortie de conduite (30% de sédiment/70% d'eau). Il s'agit d'une lixiviation longue. Un aliquot du mélange est prélevé (T=0) puis le réacteur mis au repos afin de laisser le sédiment décanté et un aliquot de la colonne d'eau est prélevé dans la colonne d'eau à différents temps choisi en fonction de la teneur en MES (T=4, T=10, T=15, T=30, T=60).

Il faut noter que lors de cette expérimentation en laboratoire, afin de comprendre certains phénomènes, nous sommes en conditions statiques, l'effet de dilution qui a lieu dans le Rhône n'est pas présent.

De plus la teneur en MES pour le point initial de l'expérimentation (T=0) est proche de la valeur que l'on a relevée en sortie de conduite (74325mg/l).

La concentration en MES dans la colonne d'eau diminue rapidement (Figure 3). Pour la population bactérienne dans la colonne d'eau, nous observons la même tendance, une diminution rapide de cette population ($T=0$: $1,78 \cdot 10^9$ bactéries/ml et $T=60$: $2,20 \cdot 10^7$ bactéries/ml).

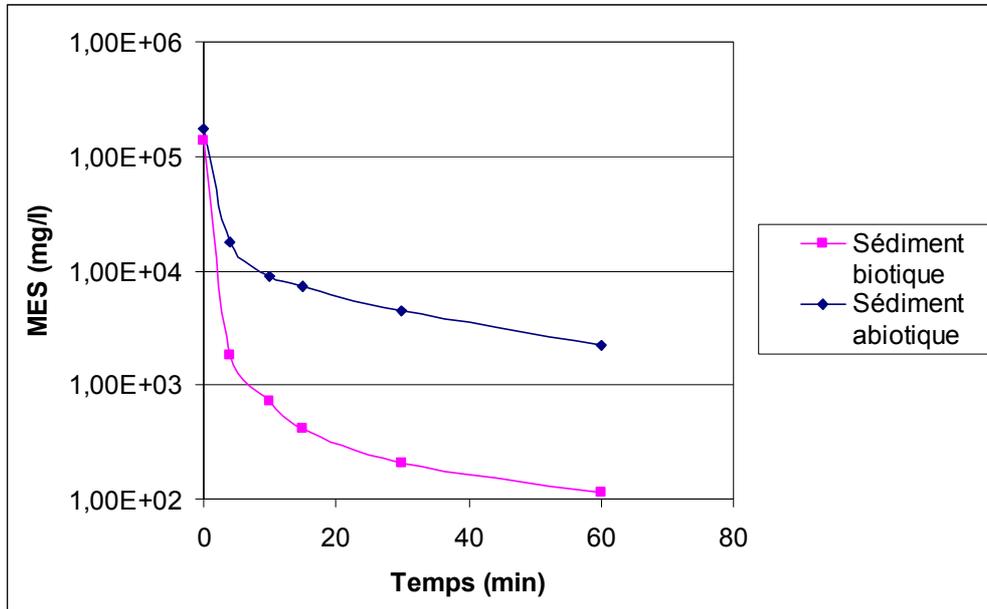


Figure 3 : Evolution des MES dans la colonne d'eau lors de l'expérimentation en conditions contrôlées.

Afin de connaître le rôle des bactéries, le sédiment a été utilisé d'une part sans traitement (biotique) et d'autre part stérilisé par rayonnements gamma (40kG) (abiotique) (Figure 3).

La concentration en MES dans la colonne d'eau diminue rapidement lors de l'expérimentation avec le sédiment biotique alors que dans l'expérimentation avec du sédiment abiotique la teneur en MES diminue plus lentement. Nous pouvons ainsi observer l'effet du traitement sur la décantation.

Des mesures de métaux ont été réalisées (Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Cd, Cr, Pb). L'évolution de la concentration de ces métaux dans la colonne d'eau est similaire de celle de la teneur en MES : diminution plus rapide lors de l'expérimentation avec du sédiment biotique que lors de l'expérimentation avec du sédiment abiotique.

Les comportements des MES et des métaux sont différents pour les deux types de sédiments (biotique et abiotique) lors de la remise en suspension en laboratoire. Il semble que les bactéries ou leurs agrégats aient un rôle dans le transport des MES et des métaux. Des essais avec du sédiment stérilisé avec du formaldéhyde montrent une différence significative entre sédiment biotique et sédiment stérilisé avec du formaldéhyde mais moins importante qu'avec le sédiment traité par rayonnement gamma.

CONCLUSIONS :

Les mesures sur le terrain ont montré que lors d'une remise en suspension, la charge de MES dans le cours d'eau revient rapidement aux teneurs habituelles du Rhône. La qualité de l'eau du Rhône (sauf au niveau du point de rejet) est de bonne à moyenne qualité (cf grille du SEQ-EAU) lors de ces travaux. Les expérimentations menées au laboratoire afin de comprendre les mécanismes de transport des MES et des métaux ont montré que les bactéries semblent jouer un rôle sur le transport actif des polluants notamment sur le transport particulaire.

Z A B R

Zone Atelier Bassin du Rhône



Domaine scientifique de la Doua
66 bd Niels Bohr – BP 2132
F-69603 Villeurbanne Cedex
Tél : 04 72 43 83 68 – Fax : 04 72 43 92 77
mél : asso@graie.org - www.graie.org