

Système d'évaluation intégré des transferts de polluants au sein d'un ouvrage d'infiltration d'eaux pluviales urbaines

Mots-clés : modèle, ouvrage, infiltration, polluants

Type d'outil	Milieux étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
- Modèles numériques	- Ouvrage d'infiltration des eaux pluviales	- Hydrologie, hydrogéologie, biogéochimie	- Collectivités, responsables du réseau d'assainissement

OBJECTIFS

Fournir une aide à la gestion des ouvrages d'infiltration d'eaux pluviales urbaines de la conception de l'ouvrage (choix des sites d'infiltration, validation de la bonne rétention des polluants, choix techniques adaptés à tel ou tel bassin versant urbain...) à la phase d'exploitation (aide à l'interprétation des panaches de pollution éventuels, aide à la définition des mesures d'optimisation en fonction des objectifs fixés...).

L'ESSENTIEL

Le développement de dispositifs alternatifs pour l'assainissement des eaux nécessite de pouvoir maîtriser les flux de polluants et de s'assurer de la bonne implantation, du bon dimensionnement et de la bonne gestion des bassins de décantation et d'infiltration.

C'est ce à quoi doit répondre le système d'évaluation intégré des transferts de polluants développé dans le cadre de l'action n°8 de la ZABR.

CONTENU DE L'OUTIL

L'imperméabilisation des sols est à l'origine d'une augmentation de la pollution des eaux pluviales qui se chargent en métaux lourds, hydrocarbures... par ruissellement. De plus, l'augmentation des surfaces imperméabilisées induit une augmentation des volumes d'eau à traiter avant leur rejet dans le milieu naturel. Face à ces accroissements, les sites conventionnels de traitement et d'assainissement des eaux (station d'épuration) peuvent être saturés et ne plus suffire. Ainsi, de nombreux dispositifs alternatifs (ouvrages d'infiltration) ont été développés en complément. Ces systèmes ont pour objectif de collecter et stocker temporairement l'eau de pluie et de la restituer au milieu naturel au travers de la nappe. Ils ont pour intérêt de favoriser la recharge des nappes phréatiques, de soulager les stations d'épuration et de limiter la création d'infrastructures coûteuses et imposantes. Parmi les dispositifs d'infiltration existants on retrouve les noues, les tranchées d'infiltration, les puits d'infiltration, les chaussées à structure réservoir et enfin les bassins d'infiltration.

La mise en place de ces dispositifs peut néanmoins poser problème dès lors que leur conception ou leur gestion n'est pas adaptée. Cela peut être dû à une mauvaise implantation (couche non saturée du sol trop fine pour permettre aux processus physico-chimiques et biologiques d'assainir l'eau), un mauvais dimensionnement (surface drainée trop importante par rapport aux capacités de filtration et d'infiltration du dispositif) ou encore du fait d'un entretien insuffisant (colmatage empêchant l'infiltration de l'eau). Pour pallier à ces problèmes potentiels, il est important de pouvoir concevoir et gérer les dispositifs d'infiltration de manière optimale. A cette fin, la Zone Atelier du Bassin du Rhône a réalisé en 2008 une étude visant à développer un modèle intégré de transfert des polluants dans un bassin d'infiltration d'eaux pluviales urbaines. Destiné aux décideurs, cet outil doit leur permettre de développer des ouvrages d'infiltration tout en intégrant la problématique des transferts de polluants afin d'assurer une efficacité optimale de ces dispositifs et d'assurer la qualité des eaux souterraines.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + Inventaire et description des modèles et des outils existants et utilisables pour chaque phase du transport des polluants + Vue d'ensemble 	<ul style="list-style-type: none"> - Système pas complètement intégré (c'est-à-dire avec un seul modèle global) compte-tenu de la difficulté de gestion des interfaces entre modèles, mais possibilité de travailler étape après étape avec les modèles adaptés

MISE EN ŒUVRE

Moyens humains

Voir ci-dessous

Matériel

Logiciels concernés

Compétences

Hydrologie, Hydrogéologie

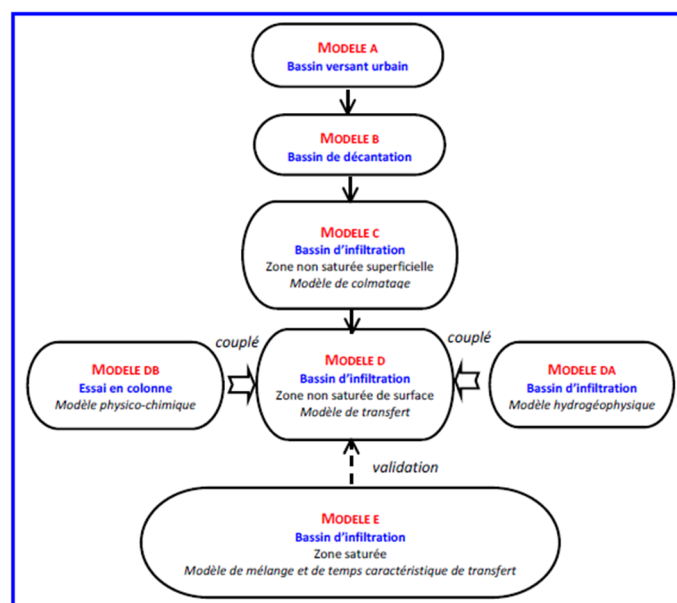
PRINCIPES

Afin d'aider à la conception et à la gestion des ouvrages d'infiltration, l'objectif premier était de développer un modèle numérique unique permettant de simuler les transferts de polluants de l'échelle du bassin versant urbain à l'échelle du bassin d'infiltration. Face à la complexité des phénomènes impliqués et à la difficulté d'harmoniser et lier les modèles existants, l'objectif final a été repensé. Ainsi, un système d'évaluation intégré des transferts de polluants au sein des ouvrages d'infiltration d'eaux pluviales urbaines a été développé. Celui-ci est basé sur une succession de modèles numériques permettant, de la phase de conception à la phase d'exploitation, de répondre aux problématiques de dimensionnement, de sédimentation, de flux hydriques ou encore des phénomènes d'infiltration. L'ensemble de ces problématiques ont été traitées à partir de l'étude d'un ouvrage d'infiltration de type bassin d'infiltration.

La conception de ce système s'appuie sur un état des lieux des connaissances sur la modélisation des transferts au niveau des différents compartiments du bassin d'infiltration (bassin versant, bassin de décantation, surface du bassin d'infiltration, zone saturée et non saturée sous le bassin d'infiltration). A partir de la connaissance des modèles existants, une sélection des plus performants et des plus pertinents a été faite.

Actuellement, 5 modèles ont été identifiés en fonction du compartiment étudié (bassin versant, bassin de décantation, bassin d'infiltration) et de la problématique développée :

- **Modèle A** : Ce premier modèle étudie le bassin versant urbain et permet de simuler les débits à l'exutoire. Il permet aussi de dimensionner les bassins de décantation et d'infiltration pour prévenir les risques d'inondation. Celui-ci est basé sur le logiciel commercial CANOE.
- **Modèle B** : Le modèle RUBAR20 modélise les débits sortants du bassin de décantation ainsi que la distribution des sédiments déposés et aide à définir la géométrie optimale du bassin.
- **Modèle C** : A partir du modèle BOUWER, il est possible de déterminer l'impact des couches de sédiments accumulés sur les propriétés d'infiltration de la zone colmatée. Le modèle C permet aussi d'évaluer les risques accrus d'inondation et si le bassin doit être curé.
- **Modèle D** : Le modèle HYDRUS permet de modéliser les flux d'eau de la zone colmatée qui arrive jusqu'à la nappe. Au final, celui-ci permet d'identifier les sites préférentiels pour l'implantation de bassin d'infiltration.
- **Modèle E** : Encore en développement, ce modèle doit permettre d'estimer le temps et la quantité d'eau arrivant dans la nappe à partir d'un modèle de mélange.



PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Les premiers résultats de ce travail ont vu le jour en 2008 et ont fait l'objet de la rédaction d'un rapport. Celui-ci faisait le bilan des avancées réalisées et préconisait déjà des perspectives afin d'améliorer les modèles et pour en développer de nouveaux, dans le but de pallier aux lacunes existantes. Parmi les objectifs de recherche, on retrouvait l'amélioration des mesures de données, l'amélioration de la modélisation du bassin urbain, avec notamment la simulation du flux de sédiments, ou encore l'amélioration de la modélisation des flux d'eau dans la zone non saturée.

Après presque 10 ans, un bilan serait nécessaire pour faire la synthèse sur les avancées et le cas échéant produire un document pour permettre un transfert de l'outil auprès des gestionnaires.

PERSONNES RESSOURCES

Joseph POLLACO

Labo/structure Ecole Nationale des Travaux Publics
et de l'Etat - ENTPE
joseph.pollaco@entpe.fr
Tél : 04 72 04 71 39

Sylvie BARRAUD**Bernard CHOCAT**

Modèle CANOE
Labo/structure INSA
sylvie.barraud@insa-lyon.fr

Gislain LIPEME-KOUI

Modèle RUBARD20
Modèle BOUWER
Labo/structure INSA
gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr
Tél : 04 72 43 82 77

Rafael ANGULO**Laurent LASSABATERE****Thierry WINIARSKI**

Modèle HYDRUS
Labo/structure ENTPE
Rafael.ANGULOJARAMILLO@entpe.fr,
Thierry.WINIARSKI@entpe.fr,
Laurent.Lassabatere@entpe.fr

DOCUMENT(S) SOURCE

Pollaco J, *Elaboration d'un système d'évaluation intégré des transferts de polluants au sein des ouvrages d'infiltration d'eaux pluviales urbaines*, (2008), Rapport final, action 8 de la Convention ZABR-Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, 87 pages

AUTEUR(S)

Joseph Pallaco

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

ENTPE, Ecole Nationale des Travaux publics et de l'Etat, INSA de Lyon, Université Lyon 1

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

OTHU, Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes

PROJET

Le développement du modèle intégré s'est déroulé dans le cadre de l'action n°8 de l'accord cadre ZABR-Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse.

BIBLIOGRAPHIE

- Barraud S., Gibert J., Winiarski T., Bertrand-Krajewski J.-L. (2002) Implementation of a monitoring system to measure impact of stormwater runoff infiltration. *Water Science and Technology*, 45(3), 203-210. ISSN 0273-1223.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Lipeme Kouyi G., Torres A., Lepot M. (2007) Event and annual TSS and COD loads in combined sewer overflows estimated by continuous in situ turbidity measurements, 11th International Conference on Diffuse Pollution, Belo Horizonte, Brazil, pp. 26-31.
- Mourad, M. (2005) Modélisation de la qualité des rejets urbains de temps de pluie : sensibilité aux données expérimentales et adéquation aux besoins opérationnels. Thèse Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2006, 315 p.
- Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Guilloux J., Barraud S., Paquier A. (2008) Modelling of hydrodynamics and solid transport in a large stormwater detention and settling basin 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK

Développement bactérien sur billes d'argiles in situ pour le suivi du niveau trophique et des communautés bactériennes dans les nappes

Mots-clés : billes d'argile, trophie, pathogène, nappe, eaux pluviales

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
<ul style="list-style-type: none"> - Méthodologie - Indicateur 	<ul style="list-style-type: none"> - Nappes - Cours d'eau de surface 	<ul style="list-style-type: none"> - Biochimie - Microbiologie 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestionnaires - Collectivités - Animateur captage

OBJECTIFS

Mesurer l'impact des techniques d'infiltration des eaux pluviales sur la qualité de la nappe selon 2 paramètres :

- Le développement microbien qui renseigne sur la disponibilité en carbone organique ;
- La composition des communautés bactériennes et notamment la présence de pathogènes.

CONTEXTE

Dans le cadre de la Directive cadre sur l'eau, de nombreux indicateurs ont été développés pour évaluer la qualité des eaux de surface. En revanche peu d'outils existent pour caractériser les milieux souterrains particulièrement du point de vue biologique et écologique. En effet, ces milieux sont étudiés classiquement d'après leurs caractéristiques chimiques et hydrogéologiques sans prendre en compte leur état écologique.

C'est pourquoi dans le cadre de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU), le LEHNA (Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés) et le LEM (Laboratoire d'Ecologie Microbienne) se sont penchés sur la conception d'un outil pour l'analyse des milieux souterrains.

Dans un premier temps, l'objectif a été la mise au point d'une technique de détection des flux d'eau pollués en matière organique de la surface à la nappe par l'analyse de la croissance des bactéries. A partir de cette première approche, des études des communautés bactériennes peuvent être réalisées pour détecter la présence de souches pathogènes.

PRINCIPE

Cette méthode est basée sur l'étude des communautés bactériennes présentes dans le milieu souterrain et de leur activité biologique.

Pour cela, elle s'appuie sur l'analyse de leur développement in situ sur un substrat artificiel (billes d'argile).

Les analyses des caractéristiques chimiques et biologiques des eaux souterraines effectuées classiquement par prélèvement d'eau ont pour inconvénient de ne donner qu'une image à un instant T de l'état de la nappe et nécessitent la réalisation d'un nombre de relevés important. Une méthode intégrant le temps est donc essentielle.

La méthode développée par le LEHNA et le LEM permet de pallier ces lacunes en se basant sur l'étude de bactéries se développant sur un substrat artificiel constitué de billes en argile. Le temps d'incubation permet ainsi d'enregistrer les événements hydrologiques à travers la composition de la communauté bactérienne. Le développement de biofilm sur les billes permet quant à lui d'obtenir, après extraction, des solutions plus concentrées que les eaux pour réaliser les analyses.

L'ESSENTIEL

La vie souterraine, pour se développer, dépend des apports exogènes en nutriments et carbone organique. De ce fait, les communautés bactériennes présentes dans la nappe donnent une image du niveau de pollution organique et peuvent servir d'indicateur de fonctionnement et de qualité (présence de pathogènes).

L'innovation de la méthode des billes d'argile est qu'elle permet d'enregistrer les flux organiques et de pathogènes sur de longues périodes par une incubation des bactéries directement dans la nappe.

Le protocole se déroule en deux phases :

- Une phase de déploiement des substrats artificiels, de développement des micro-organismes et de collecte sur le terrain
- Une phase d'analyse en laboratoire

Phase de culture et de collecte sur le terrain :

Pour échantillonner les bactéries en milieu souterrain, un tube en inox perforé contenant des billes d'argile préalablement stérilisées est incubé dans la nappe via un piézomètre.

Les billes, servant de substrat pour le développement de biofilm bactérien, sont laissées à incuber 10 jours dans l'eau de la nappe. A la fin de la période d'incubation, l'ensemble des billes des différents piézomètres sont récupérées et conservées dans des sacs stérilisés à 4°C (dans une glacière) jusqu'à l'analyse en laboratoire.

Phase d'analyse en laboratoire :

La phase de laboratoire consiste à réaliser des analyses biochimiques et génétiques.

- Les analyses biochimiques permettent d'estimer quatre indicateurs microbiens qui rendent compte de la teneur en carbone organique dissous (trophie) du milieu.

Ces indicateurs utilisés pour estimer le développement microbien et l'activité métabolique de ces micro-organismes sont :

- La quantité de protéines comme proxy de la biomasse microbienne produite
- Comptage des bactéries pour estimer l'abondance de la communauté
- L'activité déshydrogénasique (respiration)
- L'activité hydrolytique (dégradation de la matière organique)

Chaque indicateur étant corrélé positivement avec le niveau de trophie, il est ainsi possible d'estimer des différences entre piézomètres situés dans des zones où la nappe est plus ou moins impactée par des activités humaines (ex : infiltration d'eaux pluviales).

- Les analyses génétiques peuvent se faire par métagénomique (séquençage haut-débit) pour étudier la structure des communautés bactériennes ou par PCR ciblées afin de rechercher certains pathogènes bactériens.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + Intégration sur 10 jours des flux de carbone organique et de pathogènes + Concentration du matériel biologique à analyser + Faible coût des analyses biochimiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Bonne connaissance des piézomètres pour que le tube inox soit en contact avec les crépines et qu'il y ait un écoulement de l'eau - Méthode non normée, valeurs seuils propres à chaque nappe nécessitant d'avoir des comparatifs - Coût élevé des analyses génétiques

MISE EN ŒUVRE

Temps



Pour 6-7 piézomètres sur un territoire de l'échelle du Grand Lyon :

Préparation/ installation : 1 jour

Incubation : 10 jours

Analyse biochimique : 15 jours

Analyse moléculaire : 30 jours

Moyens humains : 2 personnes

Compétences : Amateur

Matériel

In situ :

Pompe, sonde multi paramètres, tubes inox, billes d'argile, fil de pêche

En laboratoire :

Sacs stériles, flacons, tubes en verre, réactifs (kits protéines, diacétate de fluorescéine, chlorure de iodonitrotetrazolium), spectrophotomètre

Coûts

Terrain : frais de déplacement et rémunération employé

Laboratoire : ~5€ par analyse (consommables)

PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Depuis janvier 2017 a débuté le projet FROG (Fonctional Responses Of Groundwater ecosystems to managed aquifer recharge in urban areas) financé par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) qui a pour objectif d'étudier « le fonctionnement des écosystèmes souterrains et leurs réponses et vulnérabilité fonctionnelle à des perturbations physiques, chimiques et biologiques. ». Au cours de ce projet, la méthode présentée ici sera appliquée et testée sur 6 sites de l'Est Lyonnais. Suite à cette phase test, la méthode pourra être validée ou non et des recommandations seront formulées le cas échéant. Dans l'hypothèse où la méthode serait validée, elle fera l'objet d'une diffusion auprès des gestionnaires, notamment dans le cadre des actions de l'OTHU.

PERSONNES RESSOURCES

Benoît COURNOYER

Labo/structure : UMR 5557 – LEM
benoit.cournoyer@univ-lyon1.fr
Tél. : 04 72 43 14 95

Florian MERMILLOD-BLONDIN

Labo/structure : LEHNA UMR 5023
Florian.Mermillod-Blondin@univ-lyon1.fr
Tél.: 04 72 43 13 64

DOCUMENT(S) SOURCE

MERMILLOD-BLONDIN F., FOULQUIER A., MAAZOUZI C., NAVEL S., NEGRUTIU Y., VIENNEY A., SIMON L., MARMONIER P., 2013, *Ecological assessment of groundwater trophic status by using artificial substrates to monitor biofilm growth and activity*, Ecological Indicators, 25, 230-238, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.026>
VOISIN J., COURNOYER B., MERMILLOD-BLONDIN F., 2016, *Assessment of artificial substrates for evaluating groundwater microbial quality*, Ecological Indicators, 71, 577-586 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.035>

AUTEUR(S)

COURNOYER B., FOULQUIER A., MAAZOUZI C., MARMONIER P., MERMILLOD-BLONDIN F., NAVEL S., NEGRUTIU Y., SIMON L., VIENNEY A., VOISIN J.

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

Université Lyon 1, CNRS, UMR 5023 – LEHNA, équipe E3S : Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, Ecologie Evolution Ecosystèmes souterrains

UMR 5557 – LEM, équipe BPOE : Laboratoire d'Ecologie Microbienne, Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU)

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes



Indicateur de connectivité hydraulique

Mots-clés : concentration d'oxygène, connectivité hydraulique, annexes fluviales

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
- Indicateur	- Annexes fluviales	- Chimie	- Gestionnaires

OBJECTIFS

Fournir une indication sur le niveau de connectivité entre des annexes fluviales (zones humides, méandres, bras morts) et le cours d'eau associé.

CONTENU DE L'OUTIL

Très artificialisé le Rhône a longtemps été perçu comme un fleuve maîtrisé et sans dangers. Néanmoins les crues majeures de 1990 sur le Haut-Rhône, celles de 1993 et 1994 en Camargue ainsi que celles de 2002 et 2003 sur le Rhône Aval ont ravivé les mémoires sur les risques possibles causant des dégâts matériels importants aux conséquences sociales non moins négligeables. Le besoin d'une gestion du risque inondation au travers d'une politique globale a alors vu le jour. En décembre 2005 naît le « Plan Rhône ». Celui-ci a pour objectif d'assurer un développement durable du fleuve et élargit la problématique de gestion en intégrant, en plus de la thématique inondations, celles de la culture, de la qualité des eaux, des ressources et de la biodiversité, de l'énergie, du transport et du tourisme.

Parmi les actions préconisées par le « Plan Rhône », la réactivation de l'érosion des marges par un démantèlement d'une partie des aménagements Girardon avait pour objectif de limiter les risques d'inondations en augmentant la capacité d'écoulement du chenal tout en redonnant au fleuve plus de liberté. Face à ce projet, l'intérêt écologique du démantèlement des casiers Girardon a été étudié dans le cadre de l'Action 41 de l'Accord-Cadre ZABR-Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. Cette étude s'est concentrée sur les casiers n'ayant pas subi d'atterrissement complet, ceux-ci ayant un fonctionnement encore peu connu et pouvant contribuer au fonctionnement global du fleuve. Les objectifs fixés étaient :

1. Décrire les conditions environnementales qui règnent dans les casiers toujours en eau.
2. Comprendre leurs différents modes de fonctionnements.
3. Etablir une typologie de ces systèmes et les trajets évolutifs qui les relient.

Au cours de cette étude, un indicateur de connectivité hydraulique a pu être mis au point. Celui-ci a permis de caractériser les casiers Girardon en fonction du type d'échanges avec le fleuve selon qu'ils soient constants, intermittents ou inexistant du fait d'une déconnexion complète d'avec le Rhône et une absence de flux d'eau.

L'ESSENTIEL

Au cours de l'étude de l'intérêt écologique des casiers Girardon dans le cadre du Plan Rhône, un indicateur de connectivité hydraulique a été mis au point.

Cet indicateur permet de caractériser les échanges hydriques entre une annexe fluviale et le fleuve qui lui est associé. Ce faisant, cet outil permet de déterminer la relation existante entre un fleuve et ses milieux connexes qui peuvent alors faire partie intégrante du système et influencer sa dynamique.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
+ Facilité des mesures et de l'analyse des données	- Indicateur qualitatif ne permettant pas une quantification des échanges entre les annexes fluviales et le cours d'eau

MISE EN ŒUVRE

**Temps**

Plusieurs mois d'enregistrement

Moyens humains : 2 personnes**Matériel**

Sondes enregistreuses de température et d'oxygène dissous

Système de fixation : bouée, chaîne, lesté

Zodiac/barque, logiciel, ordinateur, navette

Compétences : expérimenté**Coûts** : 2000 €/enregistreur

PRINCIPES

La connectivité plus ou moins importante entre le fleuve et ses annexes va influencer sur les processus biologiques mais aussi sur les caractéristiques physiques et chimiques des milieux annexes. Les variations de l'activité biologique et des caractéristiques physico-chimiques de ces milieux vont induire des concentrations variables en oxygène dans le temps et dans l'espace (surface et fond) à l'origine de patterns identifiables.

C'est grâce à la détection de ces patterns que l'on peut alors associer à chaque annexe fluviale un niveau de connectivité avec le fleuve. L'indicateur de connectivité hydraulique permet d'identifier 3 niveaux de connectivité différents :

- Un isolement total : l'annexe fluviale est déconnectée du fleuve et les échanges éventuels se font avec la nappe. Le milieu présente alors une dynamique propre très peu influencée par le fleuve.
- Une connexion intermédiaire : les échanges d'eau se font en surface ou bien à travers la digue poreuse (dans le cas de milieux artificiels). Cette configuration permet un renouvellement régulier de l'eau au sein du système.
- Une connexion forte : les échanges d'eau s'effectuent jusqu'en profondeur et le système est fortement impacté par la dynamique du fleuve.

Ces trois niveaux de connectivité peuvent être associés à différents types de fonctionnement écologique responsable du pattern d'oxygène. Ainsi un isolement complet induit un fonctionnement de type « marais » dans lequel le phytoplancton peut proliférer sans contrainte. Ce développement excessif est à l'origine d'hypoxies régulières observables en profondeur et en surface.

Pour les milieux fortement connectés, une hypoxie sera aussi présente mais seulement en profondeur. Celle-ci est due à la turbidité importante induite par le fleuve tandis que la surface est oxygénée par la circulation de l'eau. On parle alors de fonctionnement de type « anse de rivière ».

Enfin, un milieu moyennement connecté présentera un fonctionnement écologique de type « aquarium ». Celui-ci se caractérise par une oxygénation de l'eau en surface comme en profondeur due à son recyclage lent et régulier. En effet, le renouvellement de l'eau limite la prolifération du phytoplancton, favorisant le développement d'herbiers. De plus la circulation lente de l'eau permet aux matières en suspension de décanter et assure une eau claire favorable à l'activité photosynthétique des herbiers en profondeur.

Afin de détecter ces patterns de concentration en oxygène, il est nécessaire de réaliser des mesures régulières sur plusieurs mois afin d'obtenir des chroniques. Pour cela on utilise des sondes à enregistrement automatique qui relèvent la concentration d'oxygène toutes les heures en surface et en profondeur. Ces sondes sont fixées le long d'une chaîne lestée et identifiable en surface grâce à une bouée.

Pour analyser les données, il est possible de les représenter graphiquement pour mettre en évidence les hypoxies selon qu'on est en surface ou en profondeur. La concentration en oxygène servant de seuil pour la détermination des hypoxies est de 2mg/L.

PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Le cadre de l'étude des casiers Girardon a permis de mettre en évidence une relation entre les concentrations de surface et en profondeur en oxygène des annexes fluviales et leur connectivité avec le fleuve. Ce constat est à l'origine du développement d'un indicateur de connectivité hydraulique qui peut d'ores et déjà être appliqué pour des milieux naturels. Néanmoins, les prédictions et les valeurs seuils demanderaient à être affinées par des tests et des expérimentations sur un plus grand nombre de milieux. En effet, seulement 10 casiers ont été utilisés pour mettre au point l'indicateur. Des mesures complémentaires sur des milieux variés permettraient de renforcer et affirmer la capacité de l'indicateur à déterminer un niveau de connectivité.

PERSONNES RESSOURCES

Evelyne FRANQUET

Labo/structure Institut Méditerranée de
Biodiversité et d'Ecologie Marine et Continentale
(IMBE)
evelyne.franquet@imbe.fr
Tél. : 04 91 28 80 36

Pierre MARMONIER

Labo/structure : UMR 5023 - LEHNA
Mail : pierre.marmonier@univ-lyon1.fr

DOCUMENT(S) SOURCE

Franquet E., Marmonier P., (2016), *Fonctionnement écologique des casiers Girardon : Le cas des casiers aquatiques*, Rapport final, Action n°41 du Programme 2010 au titre de l'accord-cadre Agence de l'Eau-ZABR, 82 pages

AUTEUR(S)

Evelyne Franquet, Pierre Marmonier

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

LEHNA, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés
IMBE, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie Marine et Continentale

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Observatoire Homme Milieu – Vallée du Rhône

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux, formes, habitats et biocénoses

PROJET

L'indicateur de connectivité hydraulique a été développé dans le cadre de l'action 41 « Fonctionnement écologique des casiers Girardon » de l'accord cadre ZABR – Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse.

BIBLIOGRAPHIE

Izagirre O, Bermejo M, Pozo J, Elosegi A (2007) RIVERMET (c): An Excel-based tool to calculate river metabolism from diel oxygen-concentration curves. *Environmental Modelling & Software* 22:24-32
doi:10.1016/j.envsoft.2005.10.001

Détermination du taux de dégradation de la matière organique en milieu hyporéhique

Mots-clés : zone hyporéhique, taux de dégradation, feuilles d'Aulne, sac de grillage plastique, tube inox perforé, échanges nappe/rivière

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
- Méthodologie, Matériel	- Zone hyporéhique	- Hydro géomorphologie	- Gestionnaires

OBJECTIFS

Mesurer le taux de dégradation de la matière organique dans les sédiments d'un cours d'eau en zone hyporéhique.

CONTENU DE L'OUTIL

Les apports de matière organique issue de la ripisylve constituent la majeure partie des apports externes en carbone dans les cours d'eau (95%). En tant que principale source d'énergie des sources, les débris végétaux vont conditionner l'activité biologique des milieux aquatiques dans la zone benthique mais aussi dans la zone hyporéhique. En effet les sédiments peuvent capter une grande quantité de matière notamment suite à une crue. Ils constituent alors une zone de stockage et de décomposition de la matière organique.

La décomposition de la matière organique en milieu souterrain reste néanmoins peu connue, du fait notamment de l'absence d'outil pertinent pour étudier ce phénomène sans impacter et modifier le fonctionnement sur la zone d'étude. Cet outil a ainsi vu le jour dans le cadre d'un projet de recherche (INBIOPROCESS) ayant pour but de déterminer le rôle de la biodiversité dans les processus écologiques aux interfaces entre les eaux souterraines et les eaux de surface.

L'ESSENTIEL

D'accès difficile, le milieu souterrain est de fait mal connu. L'utilisation de la dégradation de la matière organique dans des tubes inox perforés ou de petits sacs de grillage plastique permet d'étudier le fonctionnement de ce milieu. La dynamique faunistique et les caractéristiques physico-chimiques de l'eau expliquent cette décomposition et le fonctionnement de la zone hyporéhique.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + Matériel peu onéreux + Insertion facile dans le sédiment + Ne modifie pas les conditions hydro-morphologiques et chimiques de la zone hyporéhique 	<ul style="list-style-type: none"> - Tube métallique inadapté en situation de faible concentration en oxygène (conduit à un milieu anaérobie altérant la dégradation)

MISE EN ŒUVRE

Temps



Terrain : 2j
Laboratoire : 2j
Analyses : 1j

Moyens humains : 2 personnes

Matériel

Mini piézomètre mobile
Tube inox perforé
Sac grillage plastique

Compétences : Novice

Coûts : ●○○○○

PRINCIPES

Cet outil s'appuie sur la technique des sacs de grillage plastique utilisée pour le suivi du taux de décomposition en milieu benthique et l'adapte au milieu souterrain.

Deux dispositifs ont été imaginés pour mesurer le taux de décomposition sans modifier la structuration et la composition du substrat, et en maintenant un fonctionnement normal de l'écoulement de l'eau.

- Un sac de grillage plastique de 5 cm de côté et des mailles de 3mm
- Un cylindre inox perforé de 6 cm de long, 1,6 cm de diamètre et des trous de 3mm

Le sac et le tube permettent de suivre la décomposition de 0,5 à 1g de feuilles mortes. Les feuilles utilisées sont celles de l'Aulne car facilement biodégradables. Ainsi, elles permettent d'étudier la décomposition sur des périodes de temps relativement courtes sans que l'intégralité du matériel soit dégradée.

Pour les enfouir dans les sédiments (10-20cm) un mini piézomètre mobile, que l'on retire une fois le sac ou le tube en place, est utilisé. Pour repérer le dispositif par la suite, un fil plastique lui a été attaché au préalable, que l'on laisse dépasser sur le fond du cours d'eau.

L'estimation du taux de dégradation est réalisée en plaçant plusieurs échantillons de feuilles mortes dans le substrat que l'on récupère successivement à intervalles réguliers et que l'on pèse.

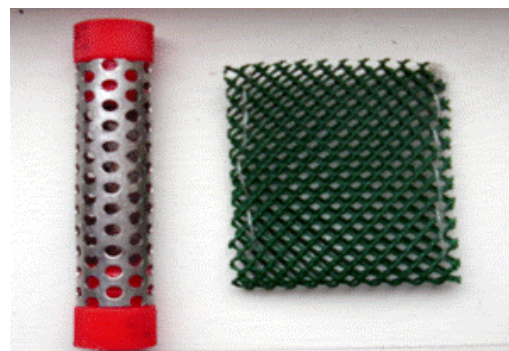
Le taux de dégradation est calculé d'après la formule de Peterson et Cummins (1974) :

$$M_t = M_i \cdot e^{-kt}$$

Avec M_t : la masse sèche de feuille au temps t

M_i : la masse sèche de feuille au temps initial

k : le taux de dégradation



Il est à noter que l'utilisation du tube inox et du sac de grillage plastique induit une différence de composition chimique entre l'intérieur et l'extérieur du dispositif, particulièrement pour le tube inox. Ainsi on observe une diminution de la concentration en oxygène et en NO_x ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$) et une augmentation de la concentration en NH_4^+ à l'intérieur du dispositif. Néanmoins, la modification de la chimie de l'eau (notamment la baisse de concentration en O_2) et l'écart entre les deux systèmes ne conduisent pas à des estimations différentes quant au taux de dégradation.

En revanche le tube inox, utilisé dans un substrat grossier (graviers), a pour effet de surestimer le taux de dégradation en facilitant l'accès de la matière organique aux invertébrés déchetiqueurs.

Enfin, le tube inox est à éviter lorsque la zone hyporhéique est trop pauvre en oxygène. En effet, la baisse de concentration en oxygène induite par son utilisation va rendre le milieu anoxique et perturber la dégradation de la matière organique, faussant les résultats.

Du fait de sa décomposition plus lente, la matière organique contenue dans la zone hyporhéique constitue une réserve d'énergie pour le système superficiel. De plus, le taux de décomposition étant dépendant de la teneur en oxygène et de la granulométrie, celui-ci renseigne sur le niveau de colmatage des sédiments et sur la connectivité entre la zone hyporhéique et le cours d'eau.

RETOUR D'EXPERIENCE

Depuis sa mise au point, cette méthode a été utilisée au cours de deux études. La première de Piscart et al. a cherché à mettre en évidence l'impact de l'occupation des sols sur les processus de recyclage de la matière organique dans la zone benthique et hyporhéique. Il en ressort que la dégradation de la matière organique dans la zone hyporhéique, qui dépend principalement de l'activité microbienne, n'est pas impactée par la pollution aux métaux lourds et aux produits phytosanitaires. Néanmoins elle met en évidence la pertinence de l'outil pour l'étude de l'impact de toute activité humaine à l'origine de phénomènes d'érosion et de colmatage des sédiments.

La deuxième étude quant à elle a comparé les deux méthodes et leur pertinence pour évaluer le taux de dégradation dans la zone hyporhéique en se basant sur la chimie de l'eau et la composition des communautés d'invertébrés. Les résultats ont permis de confirmer la pertinence de l'outil et de préciser les conditions d'utilisation avec notamment des contraintes plus fortes pour le tube inox.

PERSONNES RESSOURCES

Christophe PISCART

Labo/structure : OSU, Université Rennes 1
Mail : christophe.piscart@univ-rennes1.fr

Pierre MARMONIER

Labo/structure : LEHNA, Université Claude Bernard Lyon 1
Mail : pierre.marmonier@univ-lyon1.fr
Tél. : 04 72 44 82 61

DOCUMENT(S) SOURCE

Navel S., Piscart C., Mermillod-Blondin F., Marmonier P., (2011), *New methods for the investigation of leaf litter breakdown in river sediments*, Hydrobiologia, 700, 301-312

Navel S., Piscart C., Chauvet E., Montuelle B., Marmonier P., (2010), *Mesurer la décomposition de la matière organique à l'intérieur des sédiments d'un cours d'eau*, Fiche technique Inbioprocess, 2 pages

AUTEUR(S)

Chauvet E., Marmonier P., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., Navel S., Piscart C.

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

UMR 5023 - LEHNA

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Site Ardières
Observatoire Homme-Milieus (OHM), Vallée du Rhône

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux, formes, habitats et biocénoses

PROJET

La réalisation de cet outil s'inscrit dans un projet ANR, le programme Inbioprocess (2006). Ce programme a eu pour objectif d'estimer le rôle de la biodiversité sur les processus écologiques aux interfaces eaux souterraines – eaux de surface, dans la perspective de développer une politique de gestion durable de leur fonctionnement. Soutenu par la ZABR, ce projet a été mené en partie sur un affluent du Rhône dans le secteur de Brégnier-Cordon.

BIBLIOGRAPHIE

Navel S., Piscart C., Mermillod-Blondin F., Marmonier P., (2013), *New methods for the investigation of leaf litter breakdown in river sediments*, Hydrobiologia, 700, 301-312

Piscart P., Navel S., Maazouzi C., Montuelle B., Cornut J., Mermillod-Blondin F., Creuze des Chatelliers M., Simon L., Marmonier P., (2011), *Leaf litter recycling in benthic and hyporheic layers in agricultural streams with different types of land use*, Science of total environment, 409, 4373-4380



Dimensionnement des Zones tampons : l'outil BUVARD

Mots-clés : bande tampon végétalisée, dimension, pollution agricole

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
<ul style="list-style-type: none"> - Méthodologie (guide) 	<ul style="list-style-type: none"> - Parcelles agricoles, versants agricoles en amont de cours d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement du territoire, hydrologie, hydraulique rural, pédologie, agronomie, hydrochimie 	<ul style="list-style-type: none"> - Bureaux d'études, collectivités territoriales, techniciens de rivière, conseillers agricoles

OBJECTIFS

Fournir une méthodologie de dimensionnement des zones tampons adaptée au milieu environnant pour une efficacité optimale quant à la limitation des transferts de contaminants agricoles jusqu'aux milieux aquatiques récepteurs (cours d'eau, lacs, étangs, mares).

CONTEXTE

Les pratiques agricoles conventionnelles (open field, utilisation de produits phytosanitaires, sol mis à nu entre chaque culture) sont la source de nombreuses nuisances : érosion et épuisement des sols, perte de biodiversité et pollution des sols ainsi que des nappes phréatiques et des cours d'eau récepteurs. Pour pallier les risques de pollution, la réglementation française contraint déjà les agriculteurs à mettre en place une bande enherbée de cinq mètres le long des cours d'eau. Néanmoins, selon les contextes, un tel dispositif n'est pas toujours suffisant. Ainsi des zones tampons supplémentaires peuvent être nécessaires et un dimensionnement approprié à chaque cas de figure doit être fait.

Depuis le début des années 1990, Irstea étudie la capacité des bandes tampons végétalisées à atténuer les transferts de pesticides par ruissellement diffus. De ces recherches ont abouti différents documents visant à rassembler les connaissances disponibles concernant les zones tampons et un guide proposant une démarche pour les dimensionner. En complément de ce guide, Irstea a développé un outil de modélisation permettant, à partir d'un minimum de données de terrain, de déterminer la largeur optimale des zones tampons pour un taux d'abattement des flux d'eau donné et donc des flux de polluants. Il s'agit de l'outil BUVARD.

L'ESSENTIEL

Pour protéger les milieux aquatiques, des contaminants agricoles -les bandes tampons végétalisées- offrent une solution intéressante en complément de bonnes pratiques agricoles. Dans cette optique, la loi Grenelle 2 de 2010 impose la mise en place d'une bande enherbée de 5m aux abords des cours d'eau. Néanmoins, un tel dispositif n'est pas toujours suffisant selon le contexte dans lequel il est implanté. C'est pourquoi Irstea a développé l'outil BUVARD afin de pouvoir optimiser le dimensionnement des zones tampons en fonction d'un niveau d'efficacité.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + Estimation du ruissellement en contexte agricole pour différentes échelles spatiales et temporelles par la méthode SCS-CN + Modèle le plus performant pour décrire les processus d'interception et d'infiltration de l'eau ; VFSmod 	<ul style="list-style-type: none"> - Simulation ponctuelle de l'interception du ruissellement à l'échelle de l'évènement pluvieux - Approximations liées à la simplification du modèle et à la fixation de certains paramètres

MISE EN ŒUVRE

Temps



Une heure par bande enherbée pour BUVARD complet, quelques minutes pour BUVARD Online (si données disponibles)

Moyens humains

Une personne

Matériel

Un ordinateur

Coûts

aucun

PRINCIPES

Une bande tampon végétalisée correspond à une bande de terrain non cultivée positionnée et maintenue dans le paysage de manière à intercepter les ruissellements émis par une zone agricole avant que ceux-ci n'atteignent les milieux aquatiques situés en aval. Celle-ci peut être composée d'une végétation herbacée (bandes enherbées), arbustive ou arborescente (haies).

Les bandes tampons sont employées pour leur capacité à atténuer voire stopper le flux des contaminants agricoles (produits phytosanitaires, intrants). Cette propriété est le fait d'un ralentissement du flux d'eau (ruissellement) et d'une augmentation de l'infiltration augmentant le temps de contact entre les contaminants, le sol et la végétation. Les processus naturels de rétention et de dégradation (physico-chimique ou biologique) sont ainsi favorisés et permettent de réduire la pollution de l'eau issue des parcelles agricoles.

Pour assurer une efficacité optimale des zones tampons, l'outil BUVARD permet de calculer un taux d'abattement du ruissellement en fonction de la largeur de la zone tampon (Carlier et al, 2016 ; Catalogne et al, 2018). Pour réaliser ce calcul, le logiciel se base sur 3 hypothèses :

- L'atténuation du transfert de polluants est proportionnelle à l'efficacité de la bande tampon à infiltrer le ruissellement.
- Le ruissellement sur la bande tampon est diffus (l'eau de ruissellement se répartit équitablement sur l'ensemble de la longueur de la bande tampon).
- Le dimensionnement et le taux d'abattement sont valables pour une bande tampon bien implantée : couvert dense et uniforme, entretenue (absence de tassement), parfaitement connectée à la zone contributive).

Le calcul des dimensions optimales s'appuie sur l'utilisation de deux modèles numériques préexistants (la méthode SCS-CN, le modèle VFSmod) et se déroule en deux étapes :

- Quantification du flux d'eau issu des parcelles contributrices à l'amont du dispositif lors d'un épisode pluvieux d'intensité donnée, représentatif du site étudié, pour une occupation du sol (coefficient de ruissellement/Curve Number) elle aussi représentative du site.
- Détermination de la capacité de la bande tampon à infiltrer le flux d'eau.

La première étape a pour objectif d'obtenir un hydrogramme de ruissellement qui servira par la suite en entrée du modèle VFSmod. L'hydrogramme de ruissellement présente la quantité de ruissellement produite par la surface contributive au cours du temps suite à un événement pluvieux. L'événement pluvieux est simulé selon la zone géographique de l'utilisateur, à partir d'une base de données d'événements de pluies (hiver, été, et de différentes durées) sur l'ensemble de la France. La base est également intégrée dans l'outil BUVARD. Si l'utilisateur a une meilleure connaissance d'événements typiques de pluie sur son site, il peut les faire utiliser comme pluie d'entrée à BUVARD.

La deuxième étape permet quant à elle de simuler les processus hydrologiques et les transferts de sédiments localement et ponctuellement pour un événement de pluie et de ruissellement donné. Cette modélisation est réalisée à partir du modèle numérique à base physique VFSmod (Vegetative Filter Strip Modelling System, Muñoz-Carpena et al., 1999), développé à l'Université de Floride et adapté au contexte français notamment au cas où une nappe peu profonde est présente sous la zone tampon (Muñoz-Carpena et al., 2018, Lauvernet and Muñoz-Carpena, 2018).

Pour réaliser l'hydrogramme de ruissellement ainsi que la simulation d'infiltration au niveau de la zone tampon, de nombreuses données relatives aux caractéristiques de la zone tampon elle-même et de la zone contributive sont nécessaires (géométrie de la zone contributive, étendue, profondeur de la nappe et porosité de la zone tampon...). Pour faciliter la procédure et rendre l'outil opérationnel, les paramètres les moins influents ont été fixés par défaut. Pour les autres, des estimations via des logiciels de SIG, l'utilisation de bases de données pédologiques ou de fonctions de pédo-transfert peuvent être utilisées. Il est néanmoins préférable de privilégier les mesures de terrain qui, bien qu'elles soient plus lourdes à mettre en place, donnent des résultats plus précis.

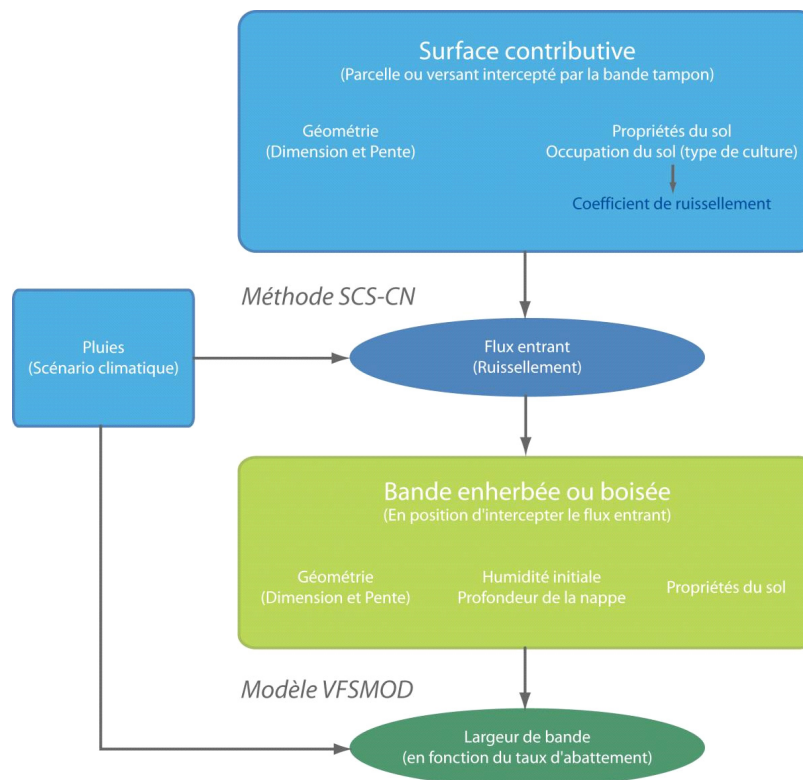


Schéma de principe de la méthode de dimensionnement des bandes enherbées ou boisées pour l'atténuation des transferts de pesticides par ruissellement et principaux paramètres à renseigner

Au final, l'outil BUVARD permet d'obtenir en sortie un tableau compilant les résultats obtenus pour une simulation donnée (valeurs données pour la zone contributive, la zone tampon et l'évènement pluvieux). Parmi les informations fournies, on retrouve la quantité d'eau de ruissellement entrant et sortant de la zone tampon, la quantité qui s'infiltre, et un calcul d'efficacité de la bande tampon permettant d'obtenir le taux d'atténuation du ruissellement. L'ensemble de ces paramètres sont estimés pour différentes largeurs de bande tampon fixées par défaut.

En fonction des objectifs fixés (taux d'abattement souhaité) et des contraintes (empiètement sur les parcelles), le choix d'une dimension optimale pourra alors être fait en accord avec les propriétaires et gestionnaires. A noter qu'un taux d'abattement du ruissellement inférieur à 50% est considéré comme sans intérêt.

PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Afin qu'il puisse être utilisé par les gestionnaires, l'outil BUVARD est accompagné d'un guide d'utilisation. Celui-ci présente les principes sur lesquels se base l'outil ainsi que le mode d'emploi du programme. En parallèle de cet outil, une interface web (BUVARD-online : <http://buvard.irstea.fr/>) propose l'accès à des scénarios déjà simulés (abaques de dimensionnement) pour une procédure simplifiée.

PERSONNES RESSOURCES

Nadia CARLUER

Labo/structure IRSTEA
nadia.carlier@irstea.fr

Claire LAUVERNET

Labo/structure IRSTEA
claire.lauvernet@irstea.fr
zt_eq_PollDiff@irstea.fr

Clotaire CATALOGNE

Conseil - Agriculture, Ressources en Eau et Environnement Icare²
clotaire.catalogne@icare2.fr

DOCUMENT(S) SOURCE

Catalogne C., Lauvernet C., Carlier N. (2018) : Guide d'utilisation de l'outil BUVARD* pour le dimensionnement des bandes tampons végétalisées destinées à limiter les transferts de pesticides par ruissellement. Rapport final convention Irstea-AFB. 59 pp

AUTEUR(S)

Carlier N., Catalogne C., Fontaine A., Lauvernet C., Le Henaff G., Munoz-Carpenas R

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

Irstea, Institut national de recherche en science et technologie pour l'environnement et l'agriculture

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Site Ardière-Morcille

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes

PROJET

L'élaboration de l'outil BUVARD s'inscrit à la suite des travaux réalisés par le CORPEN (Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement) et finalise les guides d'Irstea et de l'ONEMA sur les zones tampons en apportant un outil opérationnel avec un protocole simplifié.

BIBLIOGRAPHIE

- Catalogne C., Le Henaff G. (2016). Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour l'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole. Rapport Irstea-ONEMA élaboré dans le cadre du Groupe Technique Zones Tampons, 69 pages.
- Carlier N., Fontaine A., Lauvernet C., Munoz-Carpena R., (2011), *Guide de dimensionnement des zones tampons enherbées ou boisées pour réduire la contamination des cours d'eau par les produits phytosanitaires*, 98 pages.
- Carlier, N., et al. (2016). "Defining context-specific scenarios to design vegetated buffer zones that limit pesticides transfer via surface runoff." *Science of the Total Environment* **575**: 701-712.
- Corpen/Groupe Zones Tampons, (2007), *Les fonctions environnementales des zones tampons, Les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux*, 75 pages.
- Muñoz-Carpena, R.; Parsons, J. E. & Gilliam, J. W. Modeling hydrology and sediment transport in vegetative filter strips *Journal of Hydrology*, 1999, 214, 111-129
- Muñoz-Carpena, R., Lauvernet, C., and Carlier, N. 2018. Shallow water table effects on water, sediment and pesticide transport in vegetative filter strips: Part A. non-uniform infiltration and soil water redistribution, *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22:53-70. doi:10.5194/hess-22-53-2018
- Lauvernet, C. and Muñoz-Carpena, R.. 2018. Shallow water table effects on water, sediment and pesticide transport in vegetative filter strips: Part B. model coupling, application, factor importance and uncertainty, *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22:71-87. doi:10.5194/hess-22-71-2018

Hydrophone de surveillance du transport solide de fond

Mots-clés : sédiments, transport

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
<ul style="list-style-type: none"> - Méthodologie - Modèle 	<ul style="list-style-type: none"> - Cours d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Hydrologie 	<ul style="list-style-type: none"> - Chercheurs, gestionnaires

OBJECTIFS

Suivre en continu le transport solide de fond de cours d'eau de grande dimension par une approche indirecte.

CONTENU DE L'OUTIL

Le transport des sédiments joue un rôle majeur dans la dynamique des cours d'eau. Il influe sur la morphologie du lit, le transport de polluants et détermine les habitats aquatiques disponibles.

La quantification du transport au fond des matériaux les plus grossiers (charriage) est particulièrement important dans les questions d'ingénierie des rivières ou de gestion des ouvrages ; ce domaine intéresse aussi les scientifiques : le transport solide de fond et ses conséquences sur le lit et la vie de la rivière sont encore mal connues. Des méthodes de mesures directes sont couramment utilisées tels que les échantillonneurs de charge comme le Helley-Smith sampler. Néanmoins ces techniques sont coûteuses en temps et en énergie. Elles peuvent même être dangereuses si l'on souhaite s'en servir pour faire des mesures lors d'événements à forts courants. De plus, elles sont chères et ne permettent d'obtenir des mesures que localement. Elles sont de ce fait peu adaptées aux cours d'eau larges tels que les fleuves.

Les méthodes de mesures indirectes présentent un attrait majeur pour pallier les manques des méthodes directes traditionnelles. Celles-ci ont vu le jour pour la première fois en 1933 grâce à Mühlhofer et elles ont pu être développées ces dernières années grâce aux progrès des techniques (capteurs, enregistrements) et des méthodes de traitement du signal. La méthode hydrophone développée par les chercheurs de l'IGE consiste à enregistrer les bruits de la rivière par un capteur immergé, à isoler dans ce paysage sonore les bruits générés par les sédiments lorsqu'ils s'entrechoquent et à analyser les caractéristiques de ce bruit pour en déduire le transport des sédiments sur le fond du lit.

L'ESSENTIEL

En tant que mécanisme majeur du fonctionnement des cours d'eau, la connaissance et le suivi du transport des sédiments sont des problématiques de recherche importantes. Néanmoins les moyens techniques disponibles sont limités. Entre autres les moyens de mesure du transport par charriage dans les grands cours d'eau sont imprécis et difficiles à mettre en œuvre.

Dans le domaine, les approches indirectes offrent des possibilités nouvelles. L'hydrophone de surveillance du transport solide de fond développée par l'Université de Grenoble-Alpes fournit un bon compromis pour l'étude du transport des sédiments et pour le dimensionnement des particules.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + La mesure est intégrative d'une zone étendue (le signal capté enregistre le transport dans un rayon supérieur à 10 mètres). + La méthode ne perturbe pas l'écoulement ni le transport. Quand il est placé en berge, le capteur est peu vulnérable. + La méthode est bien adaptée aux cours d'eau larges et profonds, qui sont des conditions où les autres méthodes sont souvent impossibles. + Le coût d'installation est faible. + Suivi continu à haute résolution temporelle. 	<ul style="list-style-type: none"> - La mesure est intégrative, elle demande donc la prise en compte des propriétés de propagation du son dans la veine fluide. - Nécessite une calibration pour l'estimation quantitative du flux de sédiments. - Méthode en développement.

MISE EN ŒUVRE

Moyens humains

2 personnes

Matériel

Hydrophone

Compétences

Besoin d'un apprentissage

PRINCIPES

Pour pouvoir établir une relation entre le flux des sédiments et les sons de la rivière, il est nécessaire d'isoler le bruit produit par les graviers et galets du bruit de fond issu des activités géophysiques (pluie, vent, chute de pierre), de la faune sauvage (oiseaux, poissons, mammifères) ou des activités humaines (trafic routier, engins motorisés). Ainsi l'étude a permis de déterminer que les sons émis à une basse fréquence (<100 Hz) sont le résultat des turbulences en l'absence de transport de sédiments, tandis que les sons à haute fréquence (>1000 Hz) correspondent au transport des particules ainsi qu'à l'agitation de surface. Bien que le bruit des vagues puisse encore parasiter l'enregistrement, l'utilisation de l'hydrophone pour des cours d'eau de grande taille, plus lisses à la surface et au fond, permet de limiter ces effets parasites.

La méthode permet en premier lieu de détecter la présence de transport solide au fond de la rivière pour des particules de taille supérieure à 2 mm.

Malgré les contraintes qu'imposent les mesures intégratives de l'hydrophone, celles-ci permettent d'acquérir des informations sur le flux des sédiments sur une large bande du cours d'eau. Ainsi l'étude a montré que la distance maximale pour laquelle le transport solide influe sur le signal perçu par l'hydrophone est de 5 à 10 mètres en fonction de la profondeur d'écoulement. L'utilisation de plusieurs hydrophones, ou l'exploration de la veine fluide, permet de localiser le transport. L'analyse du contenu fréquentiel permet de déterminer la taille des particules transportées. On a démontré aussi que la puissance sonore est liée au débit solide transporté.

PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Cette méthode peut être utilisée pour des applications opérationnelles, en particulier pour surveiller l'occurrence du transport solide de fond dans de grands cours d'eau au lit formé de gravier. Elle continue à faire l'objet de recherches et son développement est en cours, en particulier en ce qui concerne la détermination précise du flux et de la granulométrie.

PERSONNES RESSOURCES

Thomas GEAY

Labo/structure : Université Grenoble Alpes,
Grenoble INP, CNRS, GIPSA-Lab, Grenoble
thomas.geay@gipsa-lab.grenoble-inp.fr
Tél: 04 76 57 47 90

Philippe BELLEUDY

Labo/structure Université Grenoble Alpes, CNRS,
IRD, Grenoble INP, IGE, Grenoble
philippe.belleudy@univ-grenoble-alpes.fr
Tél : 04 76 63 56 62

DOCUMENT(S) SOURCE

Geay, T., P. Belleudy, C. Gervaise, H. Habersack, J. Aigner, A. Kreisler, H. Seitz, and J. B. Laronne (2017), Passive acoustic monitoring of bed load discharge in a large gravel bed river, *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, 122, 528–545, doi:10.1002/2016JF004112.

Geay, T., Belleudy, P., Laronne, J. B., Camenen, B., and Gervaise, C. (2017) Spectral variations of underwater river sounds. *Earth Surf. Process. Landforms*, 42: 2447–2456. doi: 10.1002/esp.4208.

Petrut, T., Geay, T., Gervaise, C., Belleudy, P., and Zanker, S.: Passive acoustic measurement of bedload grain size distribution using self-generated noise, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 767–787, <https://doi.org/10.5194/hess-22-767-2018>, 2018.

AUTEUR(S)

Thomas Geay, Philippe Belleudy

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

Université Grenoble Alpes

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Arc-Isère en particulier

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux, formes, habitats et biocénoses

Suivi de la mobilité des sédiments avec des galets synthétiques équipés de transpondeurs actifs à Ultra Haute Fréquence (a-UHT)

Mots-clés : transpondeur actif à ultra haute fréquence, galet synthétique

Type d'outil	Milieux étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
<ul style="list-style-type: none"> - Méthodologie - Objet technologique 	<ul style="list-style-type: none"> - Cours d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Géomorphologie fluviale 	<ul style="list-style-type: none"> - Chercheurs - Bureaux d'études

OBJECTIFS

Suivre le déplacement des sédiments (galets, graviers) d'un cours d'eau pour mieux comprendre la dynamique de transport de sédiments grossiers dans les systèmes fluviaux (distance parcourue par les sédiments en fonction du temps, du débit et de la taille des particules).

CONTENU DE L'OUTIL

Depuis les années 2000, l'étude de la mobilité des sédiments des cours d'eau s'appuie sur l'utilisation de technique d'IDentification par Radio-Fréquence (RFID) utilisant des Transpondeurs Passifs Intégrés (PIT tags) insérés dans des galets. Le succès et la généralisation de la méthode sont dus à quatre avantages principaux : (I) un coût faible (>5 US \$ par PIT tag), (II) une durée de vie potentiellement infinie des transpondeurs, donnant la possibilité d'effectuer des études sur le long terme, (III) une identification individuelle des particules permettant de suivre la formation de structures sédimentaires et d'étudier l'impact de flux locaux, et (IV) la possibilité d'équiper une large gamme de galets aux dimensions variables du fait de la taille réduite des transpondeurs ($\leq 32\text{mm}$). Des études sont régulièrement menées pour améliorer le dispositif (portée de détection et algorithme anticollision) néanmoins certaines limites demeurent : (I) une distance de détection faible, notamment pour les particules enterrées trop profondément, (II) des phénomènes de « collision » (détection d'un seul signal lorsque les transpondeurs sont trop proches) réduisant le taux de retour, (III) un effort de prospection important limitant la zone d'étude couverte pouvant conduire à une diminution du taux de retour et (IV) une application limitée aux petits cours d'eau (les taux de retour pouvant chuter jusqu'à presque 20% pour de grands cours d'eau). Face à ce constat, les chercheurs de l'UMR 5600 « Environnement Ville Société » (EVS) se sont interrogés sur la pertinence et l'utilité des transpondeurs actifs à ultra haute fréquence (a-UHT) afin de pallier les défauts des PIT tags pour l'étude de la mobilité des sédiments dans les cours d'eau.

L'ESSENTIEL

L'utilisation des transpondeurs actifs UHT associés à des galets synthétiques constitue une amélioration des moyens d'étude du transport des sédiments dans les cours d'eau. En palliant les limites des PIT tags, cette méthode permet d'étendre les études aux grands cours d'eau et offre une perspective pour la prise en compte des petites particules. Encore en développement, cette technologie vise à se généraliser pour mieux comprendre les phénomènes de transport de charge.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + Distance de détection décamétrique dans l'air et pluri-métrique dans l'eau ou les sédiments + Protocole anticollision + Temps et effort de prospection réduit + Possibilité d'étudier de grands cours d'eau (rivières en tresses ou système torrentiel très actif) 	<ul style="list-style-type: none"> - Taille des transpondeurs limitant et imposant l'utilisation de galets synthétiques pour l'étude des particules de petite taille (axe b < 35mm) - Prix élevé des transpondeurs (~40€ l'unité) - Détection réduite quand le transpondeur est profondément immergé dans l'eau (<2m) - Durée de vie des transpondeurs réduite (~8ans en fonction de la récurrence d'émission du signal)

MISE EN ŒUVRE



Temps

Granulométrie et sélection des galets : 1j

Préparation des galets : 5-20 galets/h
selon leurs volumes

Prospection : fonction de la superficie de la zone
d'étude (rapide dans l'ensemble)

Moyens humains : 2

Matériel

Transpondeurs actifs à ultra haute fréquence

Galets synthétiques

Une antenne et un lecteur

Tablette numérique/ordinateur

GPS

Compétences : Intermédiaire

Coûts : ~40€/transpondeur

Coût des matières premières des galets

Temps de travail des opérateurs

PRINCIPES

Basée sur la méthode des PIT tags, l'utilisation des transpondeurs actifs à ultra haute fréquence se différencie en deux points majeurs : l'usage de transpondeurs actifs émettant des signaux à une fréquence de 433,92MHz et l'utilisation de galets synthétiques.

Pour le choix des transpondeurs et de l'équipement de détection, l'UMR 5600 s'est équipée auprès de la société ELA Innovation basée à Montpellier. L'équipement se compose ainsi de tags RFID COIN-HC, d'une antenne SLENDER I et d'un lecteur SCIEL READER RU.

Les transpondeurs, équipés d'une batterie, émettent un signal transmettant un code d'identification, le niveau de la batterie et une indication de la force du signal reçu (RSSI : Received Signal Strength Indication). L'émission de ce signal fait la force de ce dispositif en assurant une meilleure distance de détection. Ainsi un transpondeur peut être repéré jusqu'à 80m à l'air libre et jusqu'à 2m60 de profondeur et ce, dans un rayon de 4m. En comparaison, la portée de détection des PIT tags est inférieure au mètre (fonction de la taille des PIT tags et de l'antenne). Cependant cet avantage est contre-balancé par une espérance de vie plus courte dépendant de la batterie. Le temps d'activité du transpondeur peut être modulé en réglant le temps de récurrence du signal (en secondes). Pour repère, le fournisseur assure une durée de vie de 8 ans pour un signal toutes les 1,3s. Le choix du temps de récurrence va aussi modifier la portée de détection et la précision de la localisation. Il doit donc être pensé en fonction des objectifs d'étude (échelle spatiale et temporelle).

Du fait des dimensions importantes du transpondeur actif (24mm de diamètre et 7mm d'épaisseur), l'intégration dans des sédiments naturels devient impossible pour les petites particules et induit une fragilité accrue pour les particules de plus grande taille. De ce fait, les transpondeurs actifs UHT sont utilisés en association avec des galets artificiels développés au sein de l'UMR 5600. Composés d'une résine de polyuréthane et de corindon, les galets artificiels sont sensibles à l'usure par attrition mais ont une résistance accrue à la fracture. Suite aux tests effectués par Cassel M., Piégay H. et Lavé J. (2016), ceux-ci semblent incassables. De plus, la composition n'affecte pas la transmission des signaux et permet d'atteindre des densités de 2,6g/cm³. Celle-ci permet de mimer au mieux le comportement des sédiments d'un cours d'eau. Les galets artificiels permettent ainsi d'étudier des particules dont les dimensions sont très proches de celles des transpondeurs, sans risque de fracture et de destruction du dispositif.

La fabrication des galets artificiels est réalisée à partir du moulage de cailloux prélevés dans le cours d'eau et que l'on souhaite suivre. La sélection des cailloux se fait de la même manière que pour les PIT tags et en fonction de la problématique abordée. Pour cela, la granulométrie du lit ainsi que les dimensions moyennes des particules (axes a, b et c) sont évaluées afin de sélectionner des pierres représentatives des sédiments du cours d'eau.

Les avantages des galets synthétiques ouvrent de nouvelles opportunités pour l'étude du transport des sédiments dans les cours d'eau. En effet, appliqués aux PIT tags, ceux-ci permettront d'étendre la gamme des particules étudiées grâce à leur taille réduite en comparaison avec les transpondeurs actifs. Et leur résistance assure des pertes limitées et ce, d'autant plus que les études se font sur le long terme.

PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Depuis sa mise au point, la méthode a été utilisée à trois reprises, sur le Rhône (barrage de Jons, brèche de Neyron) et sur le Buëch, un sous affluent du Rhône. Ces études ont permis des retours d'expérience positifs et encourageants quant au taux de retour assez élevé pour des temps de prospection courts. Le traitement de ces informations permettra à l'avenir de parfaire la technique et de faire des préconisations en vue de son utilisation généralisée par des gestionnaires.

En ce qui concerne les galets artificiels, le savoir-faire de leur conception n'est actuellement maîtrisé que par l'UMR 5600 et le bureau d'étude Geopeka.

PERSONNES RESSOURCES

Mathieu CASSEL

Labo/structure UMR 5600 Environnement Ville
Société, ENS Lyon
mathieu.cassel@ens-lyon.fr

Hervé/ PIEGAY

Labo/structure UMR 5600 Environnement Ville
Société, ENS Lyon
herve.piegay@ens-lyon.fr
Tel : 04 37 37 63 51

DOCUMENT(S) SOURCE

Cassel M., Piégay H., Lavé J., (2016), Effects of transport and insertion of radio frequency identification (RFID) transponders on resistance and shape of natural and synthetic pebbles: applications for riverine and coastal bedload tracking, Earth surface processes and landforms, 15 pages

Cassel M., Dépret T., Piégay H., (2017), Assessment of a new solution for tracking pebbles in rivers based on active RFID, Earth surface processes and landforms, 14 pages

AUTEUR(S)

CASSEL M., DEPRET T., LAVE J., PIEGAY H.

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

UMR 5600 « Environnement Ville Société », ENS Lyon

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Développé sur l'Ain et le Rhône (OHM-VR : Observatoire Homme Milieu – Vallée du Rhône) et le site « rivières en tresses »

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux, formes, habitats et biocénoses

PROJET

L'utilisation des transpondeurs actifs à ultra haute fréquence ainsi que la mise au point des galets synthétiques est une idée qui a été développée dans le cadre de la thèse de Mathieu Cassel au sein de l'UMR 5600.

Schéma directeur de réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône

Mots-clés : méthodologie, restauration, faisabilité

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
- Méthodologie	- Fleuve	- Hydro-morphologie, cartographie, écologie	- Gestionnaires

OBJECTIFS

Déterminer la faisabilité et les potentialités du démantèlement des ouvrages d'endiguement du Rhône (casiers et épis Girardon) afin de lui permettre de retrouver une dynamique naturelle de remobilisation des sédiments au niveau de ses marges.

L'ESSENTIEL

Le schéma directeur de réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône propose un cadre méthodologique qui constitue un support pour les gestionnaires qui souhaitent mettre en place des projets de renaturation de cours d'eau. Cette démarche a été élaborée dans le cadre de l'Observatoire des Sédiments du Rhône.

CONTENU DE L'OUTIL

Le rapport de synthèse du Schéma directeur de réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône constitue un support à destination des gestionnaires pour la mise en place de projets de renaturation de cours d'eau. En présentant les travaux réalisés dans le cadre du démantèlement des casiers Girardon du Rhône, ce rapport permet d'appréhender la méthodologie qui a été développée et de profiter du retour d'expérience de l'étude réalisée sur le Rhône.

Divisé en deux parties, le rapport commence par une présentation de la méthodologie puis détaille les résultats obtenus pour l'étude des sites des vieux-Rhône (tronçons court-circuités par les aménagements hydrauliques de la Compagnie Nationale du Rhône).

La méthodologie se décompose en trois étapes, conduisant à une synthèse de la faisabilité des projets de renaturation des berges de cours d'eau :

1. Une étude historique des aménagements et de l'évolution de l'occupation des sols
2. Une identification des enjeux locaux (infrastructures, patrimoines, zones protégées) et de la faisabilité hydraulique (vitesse d'écoulement, puissance spécifique)
3. Une synthèse cartographique de la faisabilité

Le déroulement de l'ensemble des étapes suivies dans le cadre du projet sur le fleuve Rhône et la méthodologie sont synthétisés dans un schéma récapitulatif.

La vocation du schéma directeur est de fournir un outil d'aide à la décision pour la gestion des fleuves aménagés et permettre aux acteurs et gestionnaires du territoire de discuter de leur devenir sur la base d'une expertise scientifique. Le rapport quant à lui doit permettre de réaliser au mieux le diagnostic de départ.

CONTEXTE

Très artificialisé, le Rhône a longtemps été perçu comme un fleuve maîtrisé et sans dangers. Néanmoins les crues majeures de 1990 sur le Haut-Rhône, celles de 1993 et 1994 en Camargue ainsi que celles de 2002 et 2003 sur le Rhône Aval ont ravivé les mémoires sur les risques possibles, en causant des dégâts matériels importants aux conséquences sociales non moins négligeables. Le besoin d'une gestion du risque inondation au travers d'une politique globale a alors vu le jour. En décembre 2005 naît le « Plan Rhône ». Celui-ci a pour objectif d'assurer un développement durable du fleuve et élargit la problématique de gestion en intégrant non seulement la thématique inondation, mais aussi les aspects culturels, qualité des eaux, ressources et biodiversité, énergie, transport et tourisme.

Parmi les actions préconisées, le « Plan Rhône » prévoit la réactivation de l'érosion des marges par un démantèlement d'une partie des aménagements Girardon pour limiter les risques d'inondation, en augmentant la capacité d'écoulement du chenal tout en redonnant au fleuve plus de liberté.

Dans cet objectif, l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR) a initié en 2009 l'élaboration du schéma directeur de réactivation de la dynamique fluviale du Rhône. La réalisation de ce schéma directeur a nécessité la mise au point d'une méthodologie qui peut aussi être appliquée à d'autres fleuves dans des contextes différents.

PRINCIPES

Afin d'estimer la faisabilité et la potentialité de renaturation d'un cours d'eau, il est nécessaire de compiler de nombreuses informations, notamment historiques, afin d'acquérir une connaissance précise de sa dynamique et de son évolution.

Pour cela la démarche consiste en une approche multicritères en trois étapes, assurant de prendre en compte les éléments les plus pertinents pour estimer la faisabilité du projet.

1. Etude historique :

Cette première étape vise à améliorer les connaissances quant à l'impact des aménagements sur le fleuve. Elle permet notamment de mettre en lumière l'évolution de la dynamique fluviale en fonction des aménagements successifs et d'identifier l'espace de mobilité historique du fleuve ou bande active. Ainsi, il est possible de mesurer la réduction de l'espace de liberté et d'intégrer ce résultat dans la réflexion en prenant en compte les objectifs du projet et les contraintes (atteinte d'une liberté complète ou partielle du fleuve).

L'étude historique s'appuie sur l'analyse de trois paramètres :

- L'étude de l'évolution diachronique de l'occupation des sols.
- Le recensement des aménagements. Il n'est pas toujours possible de vérifier la présence d'aménagements anciens parfois enfouis sous la végétation. Leur inventaire via les données historiques disponibles (cartes postales, plans...) permet de les prendre en compte dans la phase avant-travaux pour contrôler leur état et savoir s'ils remplissent toujours leur fonction.
- L'estimation de l'épaisseur des dépôts de sédiments pour élaborer des profils en travers et estimer la charge de sédiments qui sera remobilisée.

2. Enjeux locaux et faisabilité hydraulique :

Cette étape a pour objectif d'identifier les éléments vulnérables issus des aménagements et activités humaines ainsi que les enjeux écologiques, patrimoniaux et paysagers. Elle comprend une cartographie de la propriété foncière et des unités de sensibilité potentielle à l'inondation et à la sédimentation. Elle est couplée à une étude de l'évolution des puissances spécifiques permettant de déterminer la capacité de réaction et d'adaptation du fleuve en réponse aux travaux d'aménagement. L'ensemble de ces données vont permettre de hiérarchiser les projets en fonction de leur faisabilité et de les prioriser en fonction de leur intérêt.

3. Synthèse de la faisabilité :

L'ensemble des données des deux premières étapes sont croisées à l'aide d'un modèle de géo-traitement développé dans le cadre de l'étude du Rhône. Le modèle SIG permet de visualiser la faisabilité des différents projets sur une carte de synthèse. Les sites sont classés en 4 catégories : (1) unités prioritaires, (2) travaux à réaliser dans un second temps, (3) puissance hydraulique probablement insuffisante pour remobiliser des sédiments, (4) présence d'éléments vulnérables. Ce document servira de base de réflexion pour les gestionnaires dans le cadre de projets de renaturation du milieu fluvial.

PERSONNES RESSOURCES

Jean-Paul BRAVARD

Labo/structure UMR 5600 Environnement Ville
Société, CNRS
jean-paul.bravard@orange.fr

Fanny ARNAUD

Labo/structure UMR 5600 Environnement Ville
Société, CNRS
fanny.arnaud@ens-lyon.fr
Tél. 04 37 37 65 40

DOCUMENT(S) SOURCE

Gaydou P., Bravard J-P., (2013), Schéma directeur de réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône, Rapport de synthèse, Observatoire des Sédiments du Rhône, UMR 5600 EVS, 97 pages

AUTEUR(S)

Pauline Gaydou

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

UMR 5600 Environnement Ville Société, CNRS

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Observatoire des Sédiments du Rhône

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux, formes, habitats et biocénoses

PROJET

Le Schéma directeur de réactivation de la dynamique fluviale des marges du Rhône a été développé dans le cadre de l'action numéro 5 de l'Observatoire des Sédiments du Rhône (programmation OSR2 2010-2013) pour répondre aux objectifs du « Plan Rhône ».



Caractérisation des échanges nappes/rivières en milieu alluvionnaire

Guide méthodologique

Mots-clés : échanges nappe/rivière, géomatique, géochimie, macrophytes, invertébrés souterrains,

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
<ul style="list-style-type: none"> - Méthodologie - Indicateur 	<ul style="list-style-type: none"> - Cours d'eau et sa nappe 	<ul style="list-style-type: none"> - Hydrologie, hydrogéologie, biologie animale/végétale 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestionnaires

OBJECTIFS

Comprendre les échanges d'eau entre une rivière et sa nappe spatialement, temporellement et quantitativement.

CONTENU DE L'OUTIL

Le guide méthodologique propose une approche multidisciplinaire basée sur 4 méthodes :

- ❖ Analyse géomatique
- ❖ Analyse géochimique
- ❖ Analyse biologique basée sur les communautés de végétaux aquatiques (macrophytes)
- ❖ Analyse biologique basée sur les communautés d'invertébrés souterrains

L'approche multidisciplinaire assure une meilleure robustesse des résultats et une complémentarité des données.

Pour une utilisation cohérente et efficace des quatre méthodes présentées, une démarche en 7 étapes a été mise au point :

1. Définir et décrire la zone de travail
2. Choisir et sélectionner les bons outils en fonction du contexte territorial
3. Consulter les informations nécessaires pour choisir en connaissance de cause
4. Mesurer et calculer les échanges à partir des outils sélectionnés
5. Interpréter les résultats
6. Faire la synthèse des résultats
7. Cartographier les échanges nappes/rivières

L'ESSENTIEL

Ce guide propose une méthodologie d'évaluation des échanges nappes rivières en milieu alluvionnaire. Son contenu permet de choisir parmi 4 méthodes (géomatique, géochimie, biologique macrophytes, biologique invertébrés souterrains) la ou les méthodes d'analyse les plus adaptées pour réaliser ce diagnostic

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + Robustesse et complémentarité des données + Caractérisation des échanges du local à l'échelle des masses d'eau + Détection de certaines perturbations comme le colmatage du lit de la rivière 	<ul style="list-style-type: none"> - Incomplétude des méthodes prises séparément en cas de données manquantes ou incomplètes - Utilisation limitée à certains contextes hydrogéologiques - Coût élevé des analyses - Compétences techniques importantes

MISE EN ŒUVRE

Temps



1 semaine à 3 mois/méthode
fonction de l'emprise de la zone de travail

Moyens humains : 1 à 4 personnes/méthode

Matériel

Cf. guide pages 85, 90, 100, 106

Compétences : Novice à expert

Coûts : De ●●○○○ à ●●●○○

CONTEXTE

Les cours d'eau sont le support d'une diversité d'habitats remplissant des fonctions écologiques variées et accueillant une biodiversité riche et spécifique. Ils assurent aussi à l'homme son approvisionnement en eau pour la consommation domestique, industrielle et l'irrigation des cultures.

Pour préserver ces ressources, la Directive Cadre sur l'eau fixe à 2027 l'échéance pour atteindre un bon état écologique des milieux superficiels et souterrains, décliné à l'échelle du bassin avec le SDAGE et à l'échelle local avec le SAGE. Pour remplir ces objectifs, une connaissance approfondie des flux d'eau dans de la plaine alluviale est nécessaire.

Parmi ces flux, les échanges entre la rivière et sa nappe sont souvent peu étudiés et parfois mal appréhendés par les gestionnaires, et ce malgré le fait qu'ils influent fortement la dynamique d'un cours d'eau et la qualité de l'eau. C'est pourquoi la ZABR, avec le soutien de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, a développé une méthodologie décrite dans ce guide technique pour mettre à disposition des gestionnaires les connaissances et les outils les plus appropriés et les plus récents pour étudier les échanges nappes/rivières.

PRINCIPES

La caractérisation des échanges nappes/rivières suit une méthodologie en 7 étapes servant de fil directeur à la démarche d'expertise.

Les trois premières étapes (1, 2, 3) permettent de faire le point sur la zone de travail et de définir les objectifs attendus de l'étude pour choisir au mieux parmi les quatre méthodes détaillées dans le guide. Les étapes 4, 5 et 6 détaillent les procédures à suivre pour la mise en œuvre des techniques d'expertise, l'analyse et la synthèse des données produites. Enfin, l'étape 7 présente comment cartographier les résultats.

Pour caractériser les échanges nappes/rivières, de nombreuses techniques existent, qui s'appuient sur différentes approches (géomatique, analyse hydrodynamique, échantillonnage, marqueurs biologiques...). Dans ce guide, 4 méthodes sont détaillées :

Analyse géomatique :

L'analyse géomatique permet de déterminer le sens de l'échange entre la rivière et sa nappe et de quantifier cet échange en m³/jour.

Pour cela, la méthode s'appuie sur les données de hauteur d'eau dans la rivière et dans la nappe, sur le contour des berges et la surface d'échange ainsi que sur un calcul de débit basé sur la loi de Darcy.

Les hauteurs d'eau permettent à partir d'un SIG de créer un maillage TIN (Triangulated Irregular Network) modélisant la surface de la nappe en 3D, donnant une visualisation du sens d'écoulement de la nappe. A partir de cette modélisation et de la surface d'échange, un calcul de débit est réalisé en appliquant la loi de Darcy ($Q=K.A.i$).

L'analyse géomatique est une méthode facilement reproductible et qui offre une souplesse d'utilisation en permettant l'ajout ultérieur de nouvelles données pour le calcul des débits. Elle présente aussi l'avantage de permettre de travailler à différentes échelles, de pondérer le calcul de débit en fonction de l'angle entre la berge et la direction du gradient de nappe et enfin, elle permet d'automatiser les analyses spatiales. Néanmoins des améliorations sont à prévoir concernant l'estimation de l'incertitude autour des variables servant au calcul des débits et des gradients de nappe.

Analyse géochimique :

L'analyse géochimique a pour objet de déterminer l'origine de l'eau, selon qu'elle provient de la zone superficielle, interstitielle ou souterraine, et d'estimer le pourcentage de mélange comme proxy des quantités d'eau échangées entre la rivière et sa nappe.

Elle se base sur la connaissance des caractéristiques physico-chimiques des eaux dans ces différents compartiments. L'analyse peut ainsi se faire sur des éléments majeurs (Calcium, Nitrates, Phosphates...), des éléments en traces (Sulfates), la température, la conductivité électrique ou la teneur en oxygène dissous. En parallèle, une analyse isotopique peut être menée pour estimer, en plus des échanges, le temps de séjour de l'eau dans l'aquifère et l'altitude de recharge des apports en eau.

L'utilisation de cette méthode nécessite de nombreuses précautions du fait que la physico-chimie de l'eau est sujette à des modifications suite aux activités biologiques ou en fonction de la saison du fait des quantités d'eau affectant le niveau de dilution des composés et leur détectabilité. Pour ce qui est des isotopes, l'application de la méthode est délicate du fait des compétences requises pour l'analyse et l'interprétation des résultats, du nombre de réplicats nécessaires et des coûts d'analyse pouvant être élevés.

Analyse des communautés de végétaux aquatiques :

L'analyse des communautés de végétaux aquatiques est réalisée à partir des macrophytes se développant dans les annexes alluviales. Basée sur les exigences écologiques des espèces et couplée à une analyse physico-chimique des eaux superficielles, elle permet d'évaluer (I) le niveau de trophie, (II) le degré d'influence des perturbations par les crues et (III) les apports d'eaux souterraines.

Analyse des communautés d'invertébrés souterrains :

L'analyse des communautés d'invertébrés souterrains, en s'appuyant sur les espèces stygobies de la zone interstitielle, permet de déterminer l'origine de l'eau sur une échelle saisonnière mais aussi de détecter les phénomènes de recyclage (échanges alternés entre le fond du cours d'eau et la zone hyporhéique). Cette méthode s'appuie sur le principe d'écotone, localisé dans ce cas dans la zone interstitielle. Cette dernière, en tant que zone de transition, va voir ses communautés d'invertébrés influencées par les apports d'eau selon qu'ils proviennent de la nappe ou de la rivière. Ainsi la composition différentielle des communautés va renseigner sur les flux moyens d'eau entre les deux milieux.

PERSONNES RESSOURCES

Frédéric PARANGéomatique

Labo/structure, ENMSE -UMR 5600

frederic.paran@mines-stetienne.fr

Tél. 04 77 42 66 65

Florent ARTHAUD et Gudrun BORNETTEMacrophytes

Labo/structure

Université de Savoie, UMR INRA 042

Université de Franche-Comté, UMR CNRS 6249

florent.arthaud@univ-savoie.fr/04 79 75 88 70

gudrun.bornette@univ-fcomte.fr/03 81 66 65 63

Veronique LAVASTRE et Yves TRAVIGéochimie

Labo/structure :

Université Jean Monnet de Saint-Etienne, UMR CNRS 6524

Université d'Avignon Pays de Vaucluse

Veronique.lavastre@univ-st-etienne.fr

Tel : 04 77 48 15 85

Yves.Travi@univ-avignon.fr

Christophe PISCART et Pierre MARMONIERInvertébrés souterrains :

Labo/structure :

Université de Rennes 1, UMR CNRS 6553

Université Claude Bernard Lyon 1, UMR CNRS 5023 - LEHNA

christophe.piscart@univ-rennes1.fr/02 23 23 54 39

pierre.marmonier@univ-lyon1.fr

Tel : 04 72 44 82 61

DOCUMENT(S) SOURCE

PARAN F. et al., 2015, *Caractérisation des échanges nappes/rivières en milieu alluvionnaire – Guide méthodologique*, 180 pages

Lien : http://www.graie.org/zabr/zabrdoc/Guides_methodo/Guide_Echanges_NR_RMC_VF.pdf

AUTEUR(S)

1PARAN F, 2ARTHAUD F, 3NOVEL M, 1GRAILLOT D, 4BORNETTE G, 5PISCART C, 3MARMONIER P, 6LAVASTRE V, 7TRAUVI Y, 8CADILHAC L

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

1. ENSM-S3E –GSE : Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, Centre SPIN, UMR CNRS 5600 EVS, Département Géo-Sciences et Environnement,
2. US-CARTEL : Université de Savoie, UMR INRA 042, Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et les Ecosystèmes Limniques
3. UCBL –LEHNA : Université Claude Bernard Lyon 1, UMR CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés
4. UMR CNRS 6249, Chronoenvironnement, Université de Franche Comté, Besançon
5. ECOBIO : Université de Rennes 1, UMR CNRS 6553, Ecosystèmes, Biodiversité, Evolution
6. UJM-SE : Université Jean Monnet de Saint-Etienne, UMR CNRS 6524, Magmas et Volcans
7. UAPV –LHA : Université d'Avignon Pays de Vaucluse, Département Hydrogéologie
8. AE-RMC : Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse
9. Irstea : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, Lyon, UR Bely
10. ENTPE –LEHNA : Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Vaulx-en-Velin, UMR CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Observatoire Hommes/Milieus pour la vallée du Rhône (OHM-VR)

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux, formes, habitats et biocénoses

PROJET

L'élaboration de cet outil s'inscrit dans le programme de recherche « Evaluation des échanges nappes/rivières et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface : application au fleuve Rhône et aux aquifères associées » qui s'est déroulé de 2006 à 2015. Ce programme répond à la thématique « Risques environnementaux et vulnérabilité des milieux » de l'accord-cadre conclu entre l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse et la ZABR.



Modèle micro-habitats ESTIMHAB : ESTIMation d'HABitats

Mots-clés : modèle micro-habitat

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
- Modèle	- Cours d'eau morphologie naturelle	- Hydrologie	- Gestionnaires

OBJECTIFS

Estimer les impacts de la gestion des cours d'eau sur les habitats aquatiques afin d'aider à la détermination des débits réservés et à la gestion du lit des cours d'eau.

CONTENU DE L'OUTIL

L'outil, disponible gratuitement sur le site internet de l'Institut national de recherche en science et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea), est constitué de 3 fichiers. Un document texte contenant la licence et un document PDF présentant les principes et fondements scientifiques de la méthode ainsi que le protocole à appliquer. Enfin, un fichier Excel avec quatre feuilles permet d'appliquer le modèle :

- Feuille « simulations-populations » : pour estimer les courbes de valeur d'habitat et de surface utile pour 100m de cours d'eau en fonction du débit pour 8 espèces de poissons à différents stades de développement
- Feuille « simulations-guildes » : pour estimer les courbes de valeur d'habitat et de surface utile pour 100m de cours d'eau en fonction du débit pour 4 grands types d'habitats (mouille, rive, radier, chenal)
- Feuille « données terrain » : pour relever les données de terrain nécessaire à l'application du modèle
- Feuille « copyright »

L'ESSENTIEL

Les modèles dits « micro-habitats » couplent des modèles hydrauliques et biologiques afin de déterminer la disponibilité en habitats favorables pour des cours d'eau. L'approche Estimhab, développée par l'Irstea en 2002, a fait ses preuves avec plusieurs centaines d'applications à l'échelle nationale. Sa simplicité de mise en œuvre et la qualité de ses résultats ont été à l'origine de son succès.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + Rapidité des mesures de terrain par rapport aux méthodologies micro-habitat numériques + Application possible sur des rivières non salmonicoles 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne permet pas une analyse et une cartographie fine de la qualité d'habitat du secteur étudié - Mêmes limites que les modèles d'habitat numériques (domaine de validité, logique et contexte d'interprétation) - Facteurs environnementaux (température, qualité d'eau...) et historiques non pris en compte

MISE EN ŒUVRE



Temps
2h30 x2

Moyens humains
2 personnes

Matériel
Tige graduée, décamètre/distance-mètre, parfois bateau

Compétences

Formation de 2 jours recommandée

Coûts

Modèle disponible gratuitement sur le site de l'Irstea

CONTEXTE

Depuis les années 70, de nombreux modèles de micro-habitats ont été développés (PHABSIM, EVHA) afin de déterminer les habitats disponibles des cours d'eau en fonction des caractéristiques physiques du milieu et des préférences écologiques des espèces. La mise en place en 1984 et 1992 de la « Loi Pêche » et la « Loi sur l'Eau » a induit de nouvelles contraintes pour le système fluvial et notamment les tronçons court-circuités à l'aval des aménagements hydroélectriques. L'obligation d'appliquer des débits réservés minimaux (au-delà d'un plancher de 1/40 du module annuel et 1/10 pour les nouveaux barrages et les renouvellements de concessions) a créé un besoin en outils de gestion adaptés.

Face à ce constat, des chercheurs de l'Irstea (Institut national de recherche en science et technologie pour l'environnement et l'agriculture, anciennement CEMAGREF), avec le soutien de la CNR, de l'Agence de l'eau et du Ministère de l'Environnement, ont décidé d'adapter les méthodes des micro-habitats à partir des modèles existants et de simplifier les mesures de terrain et la modélisation hydraulique. De ce travail est ressorti un nouveau modèle micro-habitat : l'approche ESTIMHAB.

PRINCIPES

L'approche Estimhab est un modèle statistique dérivé des applications de méthodes de micro-habitats conventionnelles. Ces méthodes ont pour objectif de définir les habitats aquatiques potentiels d'un cours d'eau à partir du croisement de données physiques (topographie, hydraulique, hydrologie) et des préférences écologiques de modèles biologiques de référence. Estimhab se distingue des modèles conventionnels (Phabsim, Evha) par sa simplicité d'application. En effet, ce modèle a été développé afin de pallier la lourdeur des protocoles nécessaires pour les méthodes de micro-habitats classiques.

Avec le modèle Estimhab, les estimations sont basées sur la mesure ou la connaissance de 5 paramètres :

- Le débit journalier médian naturel (Q50)
- Le débit du cours d'eau à deux dates différentes
- La largeur du cours d'eau à deux débits différents ($n \geq 15$)
- La profondeur du cours d'eau à deux débits différents ($n \geq 100$)
- La taille du substrat dominant

A partir de ces informations, le modèle va permettre de réaliser des courbes d'évolution d'une qualité ou d'une quantité d'habitats en fonction du débit. On parlera alors de VH pour Valeur d'Habitat ou SPU pour Surface Pondérée Utile.

En fonction de la problématique abordée, deux approches sont possibles quant à l'utilisation du modèle.

Une approche par espèce quand la gestion a pour objectif de favoriser le développement d'une espèce particulière (espèce menacée, à forte valeur patrimoniale, économique...).

Une approche par guildes prenant en compte plusieurs espèces inféodées à un habitat particulier. Cette méthode permet d'étudier les rivières non salmonicoles qui ont une diversité plus importante. Ainsi, quatre guildes d'espèces ont été définies en fonction de quatre types d'habitats :

- Guilde « mouille » : anguille, perche soleil, perche, gardon, chevesne ($>17\text{cm}$)
- Guilde « berge » : goujon, blageon ($<8\text{cm}$), chevesne ($<17\text{cm}$), vairon
- Guilde « radier » : loche franche, chabot, barbeau ($<9\text{cm}$)
- Guilde « chenal » : barbeau ($>9\text{cm}$), blageon ($>8\text{cm}$)

A partir de ces guildes, des courbes de preferenda d'habitats moyens sont élaborées et permettent d'estimer les courbes d'évolution de la qualité d'habitat avec le débit pour les différents groupes d'espèces.

PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Depuis sa création (2002), l'approche Estimhab est utilisée en routine et a été appliquée plus de 600 fois. Des formations annuelles assurées par l'AFB (anciennement ONEMA) permettent d'assurer le transfert des compétences nécessaires auprès des bureaux d'études. Bien que très utilisé, le modèle Estimhab présente des limites, et des améliorations doivent être apportées. Une réflexion est actuellement en cours afin de développer une plateforme modulaire couplant différents modèles hydrauliques et biologiques. Mise au point en collaboration avec l'Irstea, la ZABR, l'ONEMA et EDF, cette plateforme devrait permettre d'élargir le champ d'application des modèles d'habitats à des problématiques de restauration et de gestion des éclusées.

PERSONNES RESSOURCES

Nicolas LAMOUROUX

Labo/structure IRSTEA
nicolas.lamoureux@irstea.fr
Tél. 04.72.20.87.84

Yann LE COARER

Labo/structure : IRSTEA
yann.lecoarer@irstea.fr

DOCUMENT(S) SOURCE

Estimhab – Estimation de l'impact sur l'habitat aquatique de la gestion hydraulique des cours d'eau, (2008), 21 pages

Lien internet : <http://www.irstea.fr/estimhab>

AUTEUR(S)

LAMOUROUX Nicolas

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

Irstea : Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Développée au sein de la ZABR (Rhône), la méthode est appliquée au niveau national et à l'étranger

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux, formes, habitats et biocénoses

BIBLIOGRAPHIE

- Lamoureux N., Augeard B., Baran P., Capra H., Le Coarer Y., Girard V., Gouraud V., Navarro L., Prost O., Sagnes P., Sauquet E., Tissot L. (in press) Débits écologiques : la place des modèles d'habitat dans une démarche intégrée. Hydroécologie Appliquée. <https://doi.org/10.1051/hydro/2016004>
- Lamoureux N., Souchon Y. (2002) Simple predictions of instream habitat model outputs for fish habitat guilds in large streams. Freshwater Biology, 47, 1531-1542.
- Lamoureux N., Capra H. (2002) Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. Freshwater Biology, 47, 1543-1556.



Fluvial Corridor ToolBox

Mots-clés : corridors fluviaux, analyse géomatique, SIG, procédures automatisées

Type d'outil	Milieus étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
<ul style="list-style-type: none"> - Boîtes à outils - Modèle 	<ul style="list-style-type: none"> - Cours d'eau - Réseau hydrographique d'un bassin versant 	<ul style="list-style-type: none"> - Géomorphologie - Hydrologie - Statistique 	<ul style="list-style-type: none"> - Chercheurs - Gestionnaires

OBJECTIFS

Fluvial Corridor est un outil SIG permettant d'étudier les paysages riverains et de caractériser les corridors fluviaux à différentes échelles, que ce soit à l'échelle locale d'un tronçon de quelques centaines de mètres ou à l'échelle très large du bassin versant dans son entier et de son réseau hydrographique.

L'ESSENTIEL

Pour faciliter l'étude et la caractérisation des systèmes fluviaux, les chercheurs de l'UMR 5600 EVS ont développé une boîte à outils sous ArcGIS. Entièrement automatisée, celle-ci permet d'améliorer la gestion des cours d'eau et s'applique tant à l'échelle locale que régionale.

CONTENU DE L'OUTIL

Fluvial Corridor est une boîte à outils utilisable sous ArcGis. Celle-ci contient plusieurs procédures automatisées pour permettre la caractérisation des corridors fluviaux :

1. extraction d'unités fluviales,
2. désagrégation spatiale en segments élémentaires,
3. caractérisation du continuum,
4. réagrégation spatiale en tronçons homogènes et identification des discontinuités longitudinales.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + Automatisation des procédures + Etude à l'échelle locale et régionale + Processus cumulatif (enrichissement progressif du jeu de données) 	

MISE EN ŒUVRE



Temps

Variable, en fonction des données, des traitements lancés et de la puissance de l'ordinateur (de quelques s à plusieurs h)

Moyens humains : 1 personne

Matériel

ArcGis

Compétences

Maîtrise du SIG

Coûts

Licence

Respect des règles de citation

CONTEXTE

L'étude de la géomorphologie, de l'écologie des cours d'eau, des caractéristiques biophysiques en termes de qualité et de santé, ou encore la compréhension de l'impact des activités humaines sur le réseau hydrographique, a conduit à la production de nombreux outils d'analyse cartographique. Ces différents outils permettent de caractériser les bassins versants et faire des prédictions à la même échelle ou caractériser la morphométrie des bassins versants.

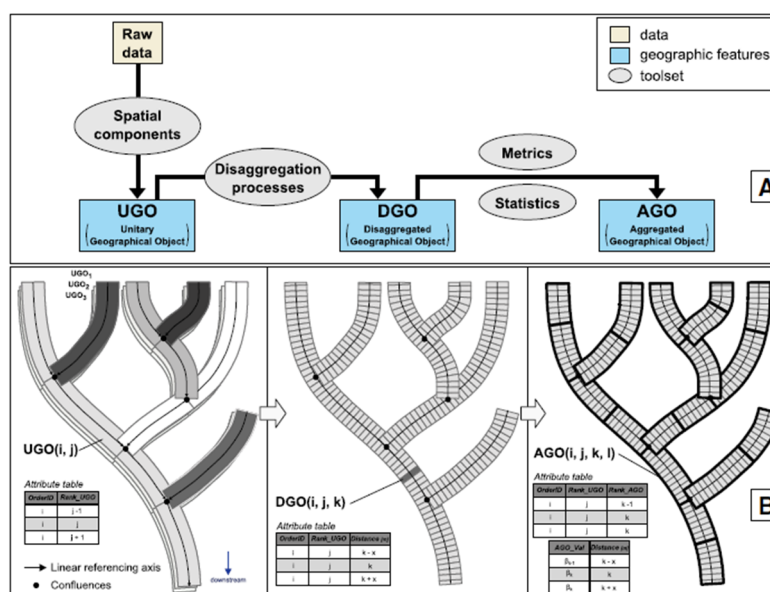
Malgré tous ces outils, il manquait une méthodologie automatisée pour caractériser les unités constitutives du paysage riverain le long du réseau fluvial et ce, à différentes échelles. C'est pourquoi les chercheurs de l'UMR 5600 *Environnement Ville et Société* ont travaillé à l'élaboration d'une boîte à outils pour la caractérisation des corridors fluviaux à l'aide d'un système d'information géographique (SIG).

PRINCIPES

La caractérisation des corridors fluviaux s'appuie sur le concept de paysage riverain introduit en 1968 par Léopold et Marchand. Cette conception considère le paysage riverain comme un complexe écologique composé d'un ensemble d'unités d'échelles différentes, imbriquées les unes dans les autres et échangeant de l'énergie et de la matière. A partir de cette définition, on peut décrire le milieu fluvial de différentes manières en fonction de l'orientation des échanges entre les unités composant le cours d'eau :

- Longitudinalement, pour mettre en évidence la géomorphologie, l'hydraulique et les patrons écologiques.
- Transversalement, pour étudier les interactions bio-morphologiques entre le chenal principal et la plaine alluviale.
- Verticalement, pour étudier les échanges d'eau entre la surface et la nappe.
- Dans le temps, pour souligner l'évolution de l'écoulement en fonction des activités anthropiques et des événements de crues.

Fluvial Corridor permet ainsi la mise en évidence des différentes unités composant le continuum fluvial, afin de caractériser la structure des corridors fluviaux. Pour cela, la méthode s'appuie sur la succession de quatre procédures :



Schématisation de la procédure pour la caractérisation des corridors fluviaux

Source : Roux C., Bertrand M., Vaudor L, Piégay H., 2015

1. Extraction d'unités fluviales d'intérêt :

Cette étape consiste à délimiter la zone d'intérêt (fond de vallée, chenal principal, ...) par l'extraction d'objets géographiques unitaires (Unitary Geographical Objects : UGO). Les UGO peuvent être des polygones ou des polygones. Ces unités servent de base de travail pour la réalisation des étapes suivantes.

2. Désagrégation spatiale en segments élémentaires :

La désagrégation spatiale a pour objectif de subdiviser les UGO en unités plus petites, toutes de même longueur ; ce sont les DGO (Disaggregated Geographical Objects). La fragmentation est assurée de manière automatique par un script Python (SLEM : Split Line Each Meter) réalisant une segmentation en polygones. Cette étape permet d'obtenir des unités spatiales avec une résolution plus fine nécessaire à la caractérisation du continuum.

3. Caractérisation du continuum :

A partir des DGO produits lors de la désagrégation spatiale, une caractérisation du continuum peut être faite pour décrire le cours d'eau. La caractérisation est basée sur la définition du bassin hydrographique, du fond de vallée, du chenal actif et du circuit parcouru par le cours d'eau. La détermination de ces paramètres s'appuie sur plusieurs métriques dont la sinuosité, la longueur, l'amplitude moyenne ou encore la longueur d'onde des méandres.

4. Réagrégation spatiale en tronçons homogènes et identification des discontinuités longitudinales :

La réagrégation spatiale et l'identification de discontinuités longitudinales permet de délimiter les tronçons du cours d'eau se comportant comme des entités homogènes et de localiser les points de rupture longitudinaux entre ces entités. La détermination des portions homogènes et des zones de différenciation est basée sur une analyse statistique, métrique par métrique. Cette analyse est réalisée à partir du « *Hubert test* » disponible dans les outils statistiques d'ArcGis. On obtient ainsi les AGO (Aggregated Geographical Objects).

PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Fluvial Corridor étant encore en développement, des défauts persistent au niveau de certains traitements de données. Néanmoins, ceux-ci sont rares et les recherches se poursuivent pour perfectionner le modèle et intégrer de nouveaux outils de caractérisation. La boîte à outils fournit déjà une base solide pour l'étude et la gestion de l'environnement fluvial à l'échelle locale et régionale. Un travail est en cours pour transférer la toolbox sous QGIS.

PERSONNES RESSOURCES**Aurélien ANTONIO**

Labo/structure ENS de Lyon, CNRS - UMR5600
Environnement Ville Société
aurelie.antonio@ens-lyon.fr

DOCUMENT(S) SOURCE

Téléchargement possible à l'adresse suivante :
<http://umrevs-isig.fr/node/34>

AUTEUR(S)

Clément Roux, Mélanie Bertrand, Lise Vaudor, Hervé Piégay

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

UMR 5600 *Environnement Ville Société*, plateforme ISIG (Imagerie et Systèmes d'Information Géographique)

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

Site Drôme, rivières en tresses, OHM VR, OSR, Zones humides, Bassin du Rhône au sens large

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux, formes, habitats et biocénoses

PROJET

Fluvial Corridor Toolbox a été pour partie financé dans le cadre du projet SedAlp du Programme *Espace Alpin* « Environnement et prévention des risques »

BIBLIOGRAPHIE

- Alber A., Piégay H., (2011), *Spatial disaggregation and aggregation procedures for characterizing fluvial features at the network-scale : Application to the Rhône basin (France)*, *Geomorphology*, 125(3), 343-360.
- Bertrand M., Piégay H., Pont D., Liébault F., Sauquet E., (2013), *Sensitivity analysis of environmental changes associated with riverscape evolutions following sediment reintroduction : geomatic approach on the Drôme river network, France*, *International Journal of River Basin Management*, 11(1), 19-32.
- Notebaert B., Piégay H., (2013), *Multi-scale factors controlling the pattern of floodplain width at a network scale : The case of the Rhône basin, France*, *Geomorphology*, 200, 155-171.
- Roux C., Alber A., Bertrand M., Vaudor L., Piégay H., (2015), « *FluvialCorridor* » : A new ArcGIS toolbox package for multiscale riverscape exploration, *Geomorphology*, n°242, 29-37
- Wiederkehr E., (2012), *Apport de la géomatique pour une caractérisation physique multi-échelle des réseaux hydrographiques. Élaboration d'indicateurs appliqués au bassin du Rhône*, Ph.D. Thesis, École Normale Supérieure de Lyon, Lyon, France.
-



DoMinEau : outil de gestion et de partage de données pour le suivi des micropolluants dans l'eau

Mots-clés : base de données, mutualisation

Type d'outil	Milieux étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
- Base de données	- Tous types de matrices liés aux milieux aquatiques et aux eaux usées	- Chimie, écotoxicologie, microbiologie, hydrobiologie	- Chercheurs dans le domaine des polluants de l'eau

OBJECTIFS

L'outil DoMinEau (base de données micropolluants dans l'eau) a été conçu pour mutualiser les efforts de développement d'un outil de base de données et contribuer à la dynamique d'échanges inter-projets. Il permet de stocker des données physico-chimiques (classiques et micropolluants), des données biologiques (microbiologie, bioessais, indices hydro-biologiques) et de qualifier ces données en fonction de leur fiabilité.

L'ESSENTIEL

Dans le cadre de sa mission d'animation du site SIPIBEL, le Graie a développé un outil permettant de mettre en place une base de données mutualisée. Ainsi, les résultats de différents sites d'études sur les pollutions de l'eau par des produits pharmaceutiques peuvent être partagés et comparés pour faire avancer la recherche.

CONTENU DE L'OUTIL

Pour faciliter l'appropriation et l'utilisation de la base de données par les utilisateurs, celle-ci a été développée sous Excel. Disponible auprès du Graie, le fichier se compose de quatre classeurs :

1. **Sites-parameters-and-methods** : contient les informations relatives aux points de prélèvement, aux paramètres analysés et aux méthodes d'analyses.
2. **Campaigns-and-results** : contient les informations relatives aux campagnes de mesures et aux échantillons prélevés, ainsi que les résultats d'analyses.
3. **Statistics-and-graphics** : permet d'afficher des statistiques et des graphiques automatiques, qui constituent des indicateurs d'avancement et permettent une visualisation globale des résultats.
4. **Extraction-Matlab-R** : permet d'extraire les données sous un format adapté aux logiciels d'exploitation statistique.

Pour prendre en main l'outil, des vidéos tutorielles sont consultables sur le [site internet de SIPIBEL](#) (Site Pilote de Bellecombe). Deux vidéos permettent de se familiariser avec l'organisation des données pour pouvoir les consulter efficacement et apprendre à modifier les données.

En complément, une présentation succincte du projet et de l'organisation de l'outil y est faite.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> + Interface ludique et attrayante + Automatisation des calculs et de la production des graphiques pour un suivi continu du projet + Format standardisé des données permettant d'échanger et comparer des résultats issus de projets variés 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne pas sous-estimer le temps nécessaire à bonne prise en main de l'outil - La bancarisation fine des données prend du temps - La saisie des résultats des bioessais demande beaucoup de rigueur

MISE EN ŒUVRE

Moyens humains

1 personne

Compétences

Maîtrise d'Excel

Notions de Visual Basic

Matériel

Outil informatique

(double écran recommandé)

Coûts

Outil DoMinEau disponible gratuitement sur demande auprès du Graie

CONTEXTE

Mis en place en 2011, SIPIBEL (Site Pilote de Bellecombe) est un site de recherche appliquée ayant pour objectif d'étudier la caractérisation de la traitabilité et des impacts des effluents hospitaliers en station d'épuration urbaine. Dans le cadre de sa mission d'animation de ce site, et pour améliorer le suivi des données et résultats produits le SIPIBEL, le Graie a débuté en 2013 la création d'une base de données commune. En 2014, suite à un appel à projet de l'ONEMA sur le thème « Lutte contre les micropolluants des eaux urbaines : innovations et changement de pratiques », le Graie, à partir de la base de données du réseau européen NORMAN et avec la participation des projets Rempar, Lumieau, Cosmet'eau et SMS, a poursuivi le développement de sa base de données pour créer l'outil DoMinEau. Celui-ci est opérationnel depuis 2016.

PRINCIPES

Pour mettre au point sa base de données sur les micropolluants, le Graie s'est appuyé sur les travaux du réseau NORMAN. Ce réseau a pour objectif de développer une base de données à l'échelle européenne pour la surveillance des substances émergentes dans l'environnement.



A partir de cette base, le Graie a pu développer un modèle unique assurant une comparaison possible entre les différents sites de recherche. Entièrement automatisés et prêts à l'emploi, les fichiers Excel ne demandent de la part des utilisateurs que de renseigner les différents

paramètres en fonction des résultats d'expérience. De plus, les calculs automatiques du classeur « Statistics-and-graphics » permettent d'avoir un suivi continu du projet grâce à la création de graphiques et tableaux synthétiques. Il est à noter que ces analyses sont néanmoins non exhaustives et ne dispensent pas les gestionnaires d'une analyse plus fine et adaptée aux problématiques traitées.

Concernant les données renseignées dans les tableaux, il était important de pouvoir déterminer leur fiabilité. En effet, en fonction de la sûreté des données, l'analyse et l'interprétation des résultats peuvent être complètement différents. Ces informations sont d'autant plus importantes que les conclusions et actions relatives à l'étude des micropolluants de l'eau peuvent impacter la santé humaine. Pour déterminer la fiabilité des données (correcte, douteuse, incorrecte), trois paramètres sont pris en compte :

- Les blancs de prélèvement
- La qualité de l'analyse
- La qualité de l'échantillon (le matériel de prélèvement, l'échantillonnage, la reconstitution de l'échantillon, le sous échantillonnage)



Critères de qualification des données de l'outil base de données DoMinEau

PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

Développé en partenariat avec cinq sites d'études (Rempar, Lumieau, Cosmet'eau et SMS), l'outil DoMinEau est aujourd'hui utilisé par ces différents sites en plus de SIPIBEL. Pour favoriser la mutualisation des données et fédérer les utilisateurs de l'outil, son accès est géré par le Graie. Ainsi le suivi et l'aide dans la prise en main de la base de données par les différents organismes est favorisé ainsi que l'amélioration du système grâce aux retours. De plus, le lien entre les différents acteurs permet de dynamiser la recherche dans le domaine de la pollution de l'eau par les polluants pharmaceutiques.

Une enquête auprès des utilisateurs a été lancée en 2017 à l'initiative de l'AFB et du Graie afin de recueillir des informations sur :

- l'état d'avancement de la bancarisation des données des différents projets
- les moyens humains et techniques mobilisés et nécessaires à la bancarisation et à la valorisation des données
- les actions transversales envisageables à l'issue des différents projets

Les résultats de cette enquête seront disponibles au premier trimestre 2018.

PERSONNES RESSOURCES

Géraud BOURNET

Labo/structure : Graie
sipibel@graie.org
Tél : 04 72 43 83 68

Elodie BRELOT

Labo/structure : Graie
sipibel@graie.org
Tél : 04 72 43 83 68

DOCUMENT(S) SOURCE

Informations complémentaires sur le site internet de SIPIBEL, projet DoMinEau :

<http://www.graie.org/Sipibel/projets.html>

Fichier DoMinEau disponible sur demande auprès du Graie

AUTEUR(S)

Hugo Prieur, Margaux Lobez, Vivien Lecomte, Elodie Brelot

STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

GRAIE, Groupe de Recherche Rhône Alpes sur les Infrastructures et l'Eau

SIPIBEL, Site Pilote de Bellecombe

Réseau européen NORMAN

ONEMA, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (devenu Agence Française pour la Biodiversité)

SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

SIPIBEL, Site Pilote de Bellecombe

THEMATIQUES ZABR ABORDEES

Flux polluants, écotoxicologie, écosystèmes

PROJET

L'outil DoMinEau a été développé en 2016 dans le cadre de l'appel à projet de l'ONEMA sur le thème « Lutte contre les micropolluants des eaux urbaines : innovations et changements de pratiques ».