

Les petites rivières périurbaines :

Connaissance des risques,
évaluation de la qualité,
aide à la décision



OBSERVATOIRE
DE TERRAIN
EN HYDROLOGIE
URBAINE

Jeudi 25 janvier 2007
Hôtel de la communauté urbaine de Lyon

Sommaire

Avant propos

Programme

Supports d'intervention de la journée

Comment mesurer l'évolution des risques d'inondation et comment identifier leurs causes ? Pascal BREIL, CEMAGREF de Lyon, U.R. Hydrologie Hydraulique Bernard CHOCAT, INSA de Lyon, L.G.C.I.E -----	09
Quelle est l'importance des interactions entre les réseaux d'assainissement et les rivières périurbaines dans la genèse des inondations ? André PAQUIER, CEMAGREF de Lyon, U.R. Hydrologie Hydraulique -----	23
Quelles méthodes de suivi morphodynamique des cours d'eau ? Laurent SCHMITT, Loïc GROSPRETRE, Université Lyon 2, UMR 5600 -----	39
Pour la mise en œuvre de la DCE : quels sont les enjeux et les difficultés de l'évaluation de la qualité des petites rivières de type "Yzeron" ? Thomas PELTE, Agence de l'eau RM&C -----	65
Pourquoi et comment développer des micro-capteurs pour l'analyse de la qualité chimique des eaux de surface ? Philippe NAMOUR, CEMAGREF de Lyon, U.R. Qualité des eaux Nicole JAFFREZIC, Université Lyon1, Laboratoire des sciences analytiques & al. -----	75
Comment mesurer la qualité écologique d'une petite rivière ? Michel LAFONT, CEMAGREF de Lyon, U.R. Biologie des Ecosystèmes Aquatiques & al. -----	95
Les outils d'intégration des connaissances : l'exemple de l'Yzeron Jean-François PERRIN, CEMAGREF de Lyon, U.R. Hydrologie Hydraulique Jean-Pierre ASTE, GIPEA -----	107
Comment agir en connaissance de conséquences ? L'intérêt et les possibilités de la modélisation Bernard CHOCAT, INSA Lyon, LGCIE -----	131

*Les supports d'intervention de la journée sont téléchargeables en couleur sur le site internet
du GRAIE*

Avant Propos

La problématique périurbaine

La tendance à l'expansion périphérique des grandes villes est un phénomène mondial. Entre autres effets, cette expansion entraîne une mutation rapide de l'occupation des sols qui affecte souvent le comportement hydrologique de petits cours. L'ouest de l'agglomération lyonnaise, drainé par l'Yzeron, fait l'objet d'une urbanisation rapide depuis une trentaine d'années. Ce bassin versant constitue donc un très bon laboratoire pour l'étude des impacts de l'urbanisation sur le fonctionnement hydrologique des petites rivières.

Les dysfonctionnements des rivières associés à la périurbanisation sont maintenant bien identifiés :

- modification des régimes d'écoulement avec intensification des petites crues, aggravation des étiages et incision des rivières,
- modification des apports trophiques et toxiques via les déversoirs d'orage,
- modification des flux d'échange nappe-rivière affectant la qualité du milieu aquatique souterrain.

A ces effets qui touchent le linéaire des cours d'eau, il faut ajouter la grande vulnérabilité des zones urbaines aval soumises à des aléas de crues plus intenses.

Les principales difficultés résident dans l'identification et la hiérarchisation de ces dysfonctionnements en vue de concilier les usages anthropiques avec les besoins de l'écosystème.

Le territoire périurbain est aussi caractérisé par une organisation particulière des différents types d'espace (ruraux, urbains, ...) qui dépend à la fois de l'évolution urbaine et de la topographie et par la présence d'espaces non affectés à un usage précis (par exemple zones en déprise agricole). Ces espaces préservés et souvent mal gérés constituent un véritable atout pour le maintien ou l'amélioration du fonctionnement écologique des milieux.

Enfin, la caractérisation de l'état des milieux aquatiques est aujourd'hui essentielle, notamment pour la mise en application de la Directive Cadre Européenne sur l'eau : elle permet d'évaluer les conséquences de l'activité anthropique ; elle est également utilisée comme une base pour définir des objectifs de pratiques durables.

A ce titre, l'OTHU développe des outils d'auscultation, de représentation et de simulation non seulement des effets mais aussi des fonctions naturelles ce qui permet de mieux utiliser ces fonctions. 5

Programme

09h00 Accueil

09h30 OUVERTURE

Mireille ELMALAN*, Vice-Présidente du Grand Lyon, chargée de l'Eau et de l'assainissement

Sylvie BARRAUD*, Directeur de l'OTHU

1 – La gestion des risques hydrologiques et morphodynamiques

10h00 Comment mesurer l'évolution des risques d'inondation et comment identifier leurs causes ?

Pascal BREIL, CEMAGREF de Lyon, U.R. Hydrologie Hydraulique

10h30 Quelle est l'importance des interactions entre les réseaux d'assainissement et les rivières périurbaines dans la genèse des inondations ?

André PAQUIER, CEMAGREF de Lyon, U.R. Hydrologie Hydraulique

11h00 Quelles méthodes de suivi morphodynamique des cours d'eau ?

Laurent SCHMITT, Loïc GROSPRETRE, Université Lyon 2, UMR 5600

Mise en perspective : Elisabeth SIBEUD, Grand Lyon - Stéphane GUERIN, SAGYRC – Karine LAMBERSENS, DDE 69

12h00 Déjeuner

2 – L'évaluation de la qualité chimique et écologique d'un petit cours d'eau périurbain

13h30 Pour la mise en œuvre de la DCE : quels sont les enjeux et les difficultés de l'évaluation de la qualité des petites rivières de type "Yzeron" ?

Thomas PELTE, Agence de l'eau RM&C

14h00 Pourquoi et comment développer des micro-capteurs pour l'analyse de la qualité chimique des eaux de surface ?

Philippe NAMOUR, CEMAGREF de Lyon, U.R. Qualité des eaux et Nicole JAFFREZIC, Université Lyon1, Laboratoire des sciences analytiques

14h30 Comment mesurer la qualité écologique d'une petite rivière ?

Michel LAFONT, CEMAGREF de Lyon, U.R. Biologie des Ecosystèmes Aquatiques

Mise en perspective : Christophe ROSTAING, Grand Lyon - Stéphane GUERIN, SAGYRC

15h10 - PAUSE

3 – Les outils de capitalisation des connaissances et d'aide à la gestion des petites rivières

15h30 Les outils d'intégration des connaissances : l'exemple de l'Yzeron

Jean-François PERRIN, CEMAGREF de Lyon, U.R. Hydrologie Hydraulique
Jean-Pierre ASTE, GIPEA

16h00 Comment agir en connaissance de conséquence ? L'intérêt et les possibilités de la modélisation.

Bernard CHOCAT, INSA de Lyon, L.G.C.I.E

Mise en perspective : Emmanuelle VOLTE, Grand Lyon - Stéphane GUERIN, SAGYRC

16h40 Synthèse : Pascal BREIL, Responsable du sous programme "Gestion des rivières périurbaines de l'ouest lyonnais" du programme finalisé de l'OTHU

17h00 Fin de la journée

* sous réserve

Comment mesurer l'évolution des risques d'inondation et comment identifier leurs causes ?

Pascal BREIL, CEMAGREF de Lyon,
U.R. Hydrologie Hydraulique
Bernard CHOCAT, INSA de Lyon,
L.G.C.I.E

Comment mesurer l'évolution des risques d'inondation et comment identifier leurs causes ?

Pascal BREIL, Cemagref Lyon
Bernard CHOCAT, Insa de Lyon

Le risque d'inondation est l'une des catastrophes naturelles les plus coûteuses pour la société. L'évolution actuelle du climat tend à renforcer les phénomènes climatiques brutaux dont les pluies intenses. Nous devons nous en accommoder le cas échéant. Cependant, le risque peut aussi être aggravé par le développement urbain.

La notion de risque n'existe qu'en face d'une vulnérabilité avérée. Nous conviendrons ici comme cela est exposé dans la méthode « Inondabilité » (cf. cahier technique N° 60 des études de l'Inter agence) de définir le niveau de vulnérabilité d'un site comme la fréquence d'inondation qu'il peut accepter sans dommages conséquents pour les personnes comme pour les biens.

La notion d'aléa est de manière classique quantifiée par la fréquence du phénomène, ici les crues qui vont causer les dommages.

- Si la fréquence de l'aléa est supérieure à celle de la vulnérabilité, le risque d'inondation existe.
- Si la fréquence de l'aléa est inférieure à celle de la vulnérabilité, le risque n'existe pas.

D'une manière générale, l'aléa hydrologique est un phénomène naturel mais sa fréquence peut augmenter du fait du développement urbain. Ce développement contribue à l'accélération des écoulements d'eau et l'augmentation des volumes ruisselés. De même une évolution du régime des pluies peut modifier le régime des crues.

L'expansion périurbaine se propage depuis le centre vers la périphérie mais aussi depuis les satellites urbains. Le processus est général pour les grandes agglomérations. Les projections réalisées par le service Population des Nations Unies indiquent que les $\frac{3}{4}$ de la population mondiale sera urbaine en 2030. Les progressions les plus importantes concerneront les pays en voie de développement. Les pays développés pourront atteindre 80% de population urbaine.

Le bassin de l'Yzeron, dont les contours sont surimposés aux limites de la communauté urbaine de Lyon, a servi à l'application de la méthode présentée.

Cette méthode nécessite de disposer :

- De chroniques concomitantes de pluie et de débit d'au moins 10 années. Cette contrainte est nécessaire pour l'analyse statistique du régime des crues.
- De données d'occupation du sol. Il peut s'agir de fonds cartographiques de l'IGN, de photos aériennes, d'images satellites.
- Un modèle hydrologique spatialisé est nécessaire afin de pouvoir représenter l'effet de l'occupation du sol dans le modèle ainsi que des scénarii d'évolution
- Un logiciel d'analyse statistique permet de comparer les régimes de crue afin de détecter des différences significatives. Celles-ci ne portent pas uniquement sur les débits de pointe des crues mais peuvent affecter la forme et donc les volumes des crues.

Cas du bassin de l'Yzeron

L'exutoire du bassin versant de cette rivière arrive au Rhône mais la rivière principale traverse tout d'abord d'ouest en est un massif montagneux couvert de forêt, un plateau parsemé d'activité agricole et de satellites urbains puis une zone urbaine dense, Oullins, à laquelle on attribue une grande vulnérabilité.

Durant les 18 dernières années (de 1989 à 2006), 6 crues ont débordé à Oullins alors qu'une seule est recensée dans les 19 années précédentes (1970 à 1988). Nous pouvons chiffrer l'évolution de la couronne urbaine de Lyon grâce à des campagnes de photos aériennes (~1/20000) réalisées par l'IGN en 1979 et 1996. Les fonds aériens ont été découpés en maille carrée de 167 m de coté puis codifiés en 5 modalités pour rendre compte de l'occupation du sol : urbain, péri-urbain, prairies et cultures, zones boisées, l'absence d'informations. Cependant pour cette dernière et après contrôle des cartes IGN de la même époque, il s'agit à 90% de zones boisées.

Entre 1979 et 1996 la propagation de la modalité urbaine vers l'ouest est importante mais existe aussi à partir des satellites urbains, les villages, qui établissent des connexions avec la couronne urbaine. Cette progression se fait au détriment des activités agricoles mais pas des zones boisées qui progressent de l'ouest vers l'est. Cela s'explique par l'abandon des activités agricoles et la mise en friche des terres. L'urbanisation est passée en 18 ans de 20 à 35%. Le pourcentage d'imperméabilisation associé de 6 à 19 %. La progression moyenne de l'urbanisation est de 0.8% et celle de l'imperméabilisation de 0.7 % par an. Tous ces changements peuvent être quantifiés.

Le modèle hydrologique doit permettre la simulation des processus hydrologiques rural et urbain ainsi que le routage des écoulements entre les différents sous bassins au travers du réseau hydrographique. Le modèle Canoe (utilisé ici et co-produit par l'INSA et la SOGREAH) permet aussi de simuler un fonctionnement hydrologique périurbain. Les processus d'écoulement entre forêt et prairie n'étant pas distingués, ils sont assimilés à un processus d'écoulement rural unique. Ces caractéristiques du modèle sont aussi nécessaires pour construire des scénarii d'évolution du bassin.

Le découpage du bassin est réalisé en considérant des sous bassins versant le plus homogène possible (en terme d'occupation du sol). La règle retenue dans l'exemple de l'Yzeron était de définir des sous-bassins ayant plus de 50 % dans

Le calage du modèle hydrologique est réalisé à partir d'un échantillon de crues. Les crues sont sélectionnées de manière à rendre compte de l'influence hydrologique rurale qui évolue en fonction des saisons à la différence des processus de ruissellement urbain. Le modèle reçoit comme donnée d'entrée la pluie, répartie sur l'espace du bassin versant de manière plus ou moins précise en fonction de la densité des postes mesurant la pluie. Le calage est donc réalisé de manière classique par variation des valeurs de certains paramètres non mesurés et en restant dans des gammes de valeurs réalistes. La qualité du calage est appréciée de manière visuelle mais aussi numérique (critère de Nash,..)

La validation est volontairement rendue contraignante : ainsi, le modèle ne doit pas seulement rendre compte des pointes de débit mais aussi des formes des crues car cela :

- garantit qu'il représente bien la dynamique associée aux crues
- restitue les volumes qu'il faudrait éventuellement stocker
- donne une meilleure capacité de simulation de scénarii

Pour décrire les formes des crues, on procède à l'échantillonnage des valeurs les plus fortes puis des valeurs dépassées sur des durées fixes. Les durées sont contenues dans la dynamique des crues observées. Les débits correspondants à une durée constituent un échantillon de valeurs qui donne une représentation statistique du régime des crues.

L'échantillonnage est réalisé sur la chronique des débits observés et des débits simulés en respectant des critères d'indépendance entre crues, condition nécessaire à l'application des tests de comparaison d'échantillons). Pour être validé le modèle doit avoir simulé des crues

n'appartenant pas aux jeux des crues ayant servi au calage. Des échantillons des débits dépassés sur différentes durées, ici depuis 1 heure jusqu'à 24 heures, sont constitués à partir du jeu de crues simulées. Les échantillons de même durée « d » observés et simulés sont comparés à l'aide d'un test statistique de comparaison. Nous avons retenu ici le test de Wilcoxon-Mann-Whitney qui est très sensible aux différences entre deux échantillons.

Le principe d'un **test de comparaison** est de faire une hypothèse : l'Hypothèse nulle (appelée H0) considère que les deux échantillons sont identiques. L'hypothèse alternative (appelée H1) considère que les deux échantillons sont différents.

Nous avons retenu 3 seuils de rejets : 10%, 5% et 1%.

- L'acceptation de H0 à 10 % indique une forte similitude des régimes de crues observé et simulé.
- Le rejet de H0 à 1% indique une différence très significative.

Le modèle est validé jusqu'à 12 heures. Nous sommes dans les débits débordants et le résultat est donc satisfaisant. Nous l'utilisons ici pour tester deux scénarii d'urbanisation. Le principe de comparaison des régimes de crues est le même que pour la validation.

Les scénarii sont construits à partir des directions d'expansion urbaines observées : les bassins versants périphériques de la couronne et les villages.

L'état d'urbanisation actuel du bassin est d'environ 20%.

Le scénario à 25% , soit 5% de plus, n'indique aucun changement sensible.

Le scénario à 50%, soit 30% de plus, indique une différence significative pour les débits dépassés jusqu'à 6 heures. Les durées de 1h à 6 heures constituent la partie haute des crues, susceptibles de déborder. Il est alors intéressant de quantifier l'accroissement du régime des crues.

La quantification peut être réalisée en faisant le rapport des débits simulés aux débits observés en fonction de la fréquence associée. On préfère utiliser ici à la place de la fréquence la période ou l'occurrence moyenne de retour (qui est l'inverse de la fréquence de dépassement) que l'on exprime en années.

On observe que les rapports diminuent avec l'augmentation de la durée de débit dépassé. Cela indique clairement que les crues deviennent plus « pointues ». Les débits de pointes sont pratiquement multipliés par 4. Le nombre des crues débordantes à Oullins avec le même régime de pluie passe ainsi de 6 à 17 en 18 ans. Le risque d'inondation devient alors pratiquement annuel. Les rapports diminuent aussi avec l'augmentation de la période de retour. Ces résultats sont cohérents avec la littérature internationale (Hollis, 1975).

Si l'on tient compte du taux d'accroissement urbain observé entre 1979 et 1996, qui est de 0.8% (15 / 18), le scénario à 50% pourrait être atteint dans 20 ans. L'intensification des régimes de crues devrait amplifier du fait de l'accroissement urbain et peut être du changement climatique.

Des outils d'aide à la décision sont nécessaires pour limiter le risque d'inondation dans un contexte évolutif, orienter les axes du développement urbain pour limiter la vulnérabilité mais aussi ne pas accroître l'aléa des crues.

L'originalité de la méthode réside dans l'analyse du régime des crues au travers des formes des crues. Il est possible d'en déduire des volumes.

Les perspectives de développement de cette méthode d'analyse sont :

- d'améliorer la distribution spatiale de la pluie. Dans ce sens des travaux sont engagés en coordination avec l'OTHU pour mettre au point un générateur de scénarii de pluies spatialisées. Il devrait aussi permettre de simuler une influence du changement climatique.
- d'intégrer dans les scénarii d'évolution urbaine des ouvrages de stockages répartis dans l'aire périurbaine pour en apprécier l'efficacité selon le positionnement dans l'espace du bassin versant. Là aussi des travaux sont initiés.

Troisième journée technique de l'OTHU

S E M I N A I R E Z A B R

Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision

Mesurer l'évolution du risque d'inondation et de ses causes

Breil P. – Cemagref Lyon
Chocat B. – INSA Lyon

GRANDLYON
grai
Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

3^{ème} journée technique de l'OTHU

Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision

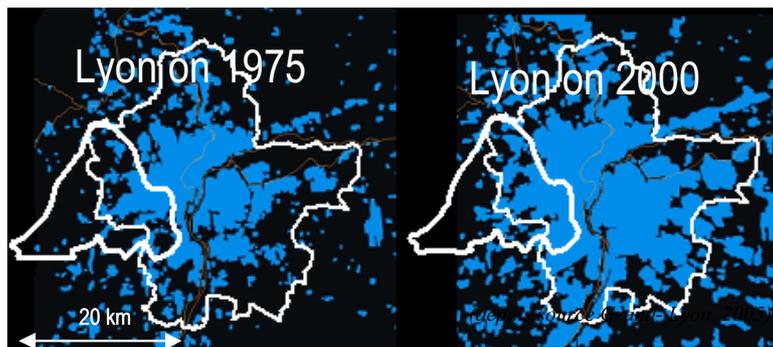
Le risque d'inondation

Aléa
*Fréquence
des crues*

Vulnérabilité
*Fréquence
d'inondation
acceptable*

GRANDLYON
grai
Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

La croissance périurbaine



Le nécessaire

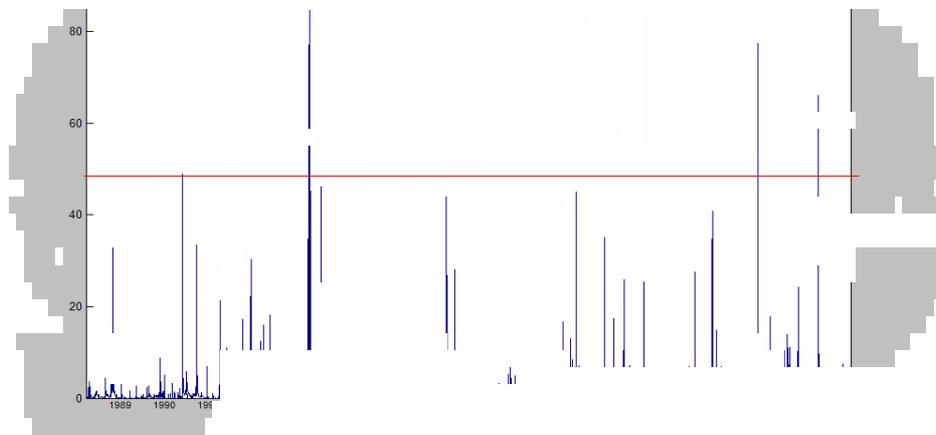
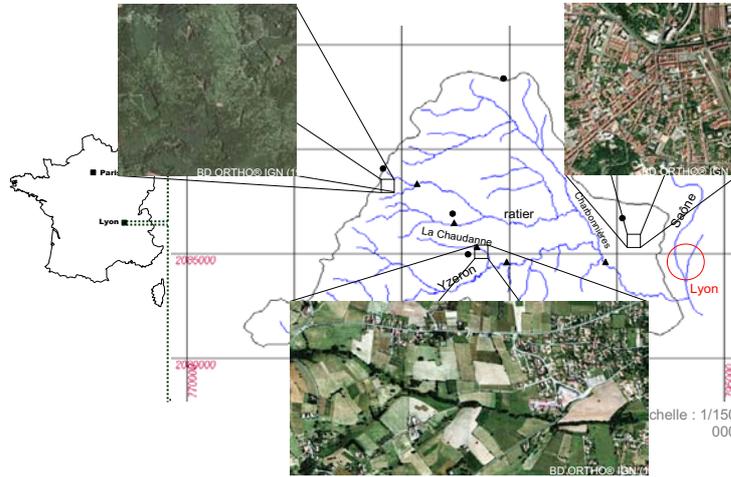
Des chroniques de pluie et de débit

Des données d'occupation du sol

Un modèle hydrologique spatialisé

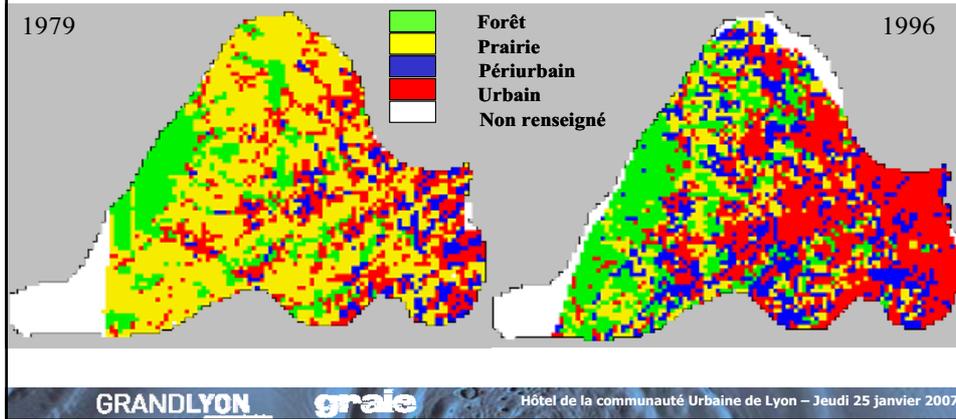
Un logiciel d'analyse statistique

Localisation et paysages du bassin de l'Yzeron



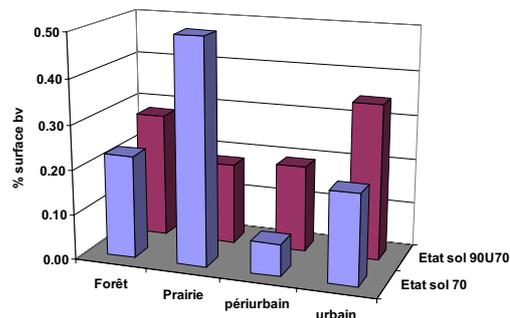
Le développement périurbain

Directions et intensités



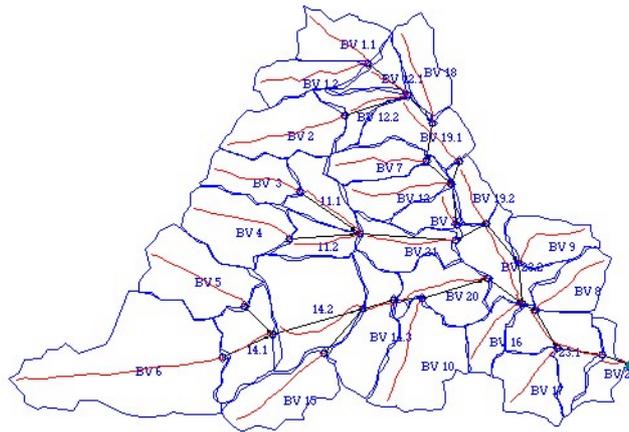
Le développement périurbain

Directions et intensités



décennie	1979	1996
% imperméabilisation	6%	19%

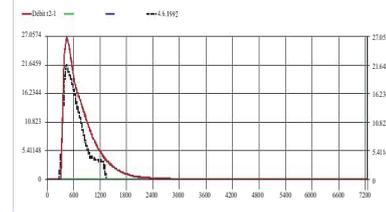
Découper l'espace Urbain, périurbain et rural



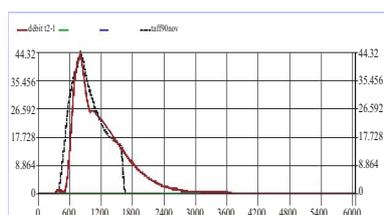
Modéliser l'influence rurale Le modèle est calé sur les 4 saisons



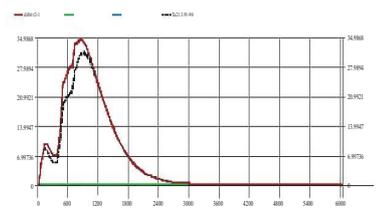
Printemps



Eté



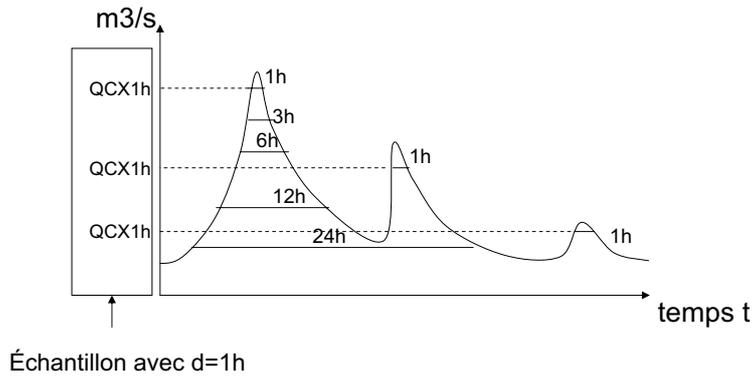
Automne



Hiver

Décrire le régime des crues

Échantillonner les « formes »



Valider le modèle hydrologique

Comparaison des régimes de crues observée et simulée

% d'urbanisation 1996 = 19%

test Wilcoxon-Mann-Whitney / test bilatéral			
H0	P(QCXserie1>QCXserie2) = 0.5		
H1	P(QCXserie1>QCXserie2) <> 0.5		
durées QCX	seuil 10%	seuil 5%	seuil 1%
1h	oui	oui	oui
3h	oui	oui	oui
6h	oui	oui	oui
12h	oui	oui	oui
24h	non	non	non

Simuler des *scenarii* Taux d'urbanisation à 25 et 50 %

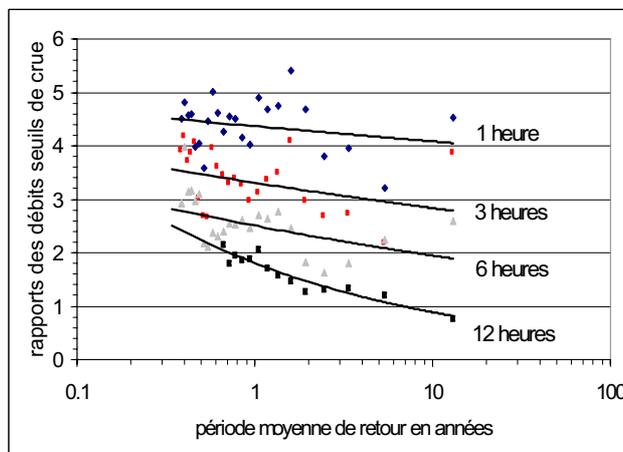
Simulation avec 25% d'urbanisation

test Wilcoxon-Mann-Whitney / test unilatéral			
H0	P(QCXserie1>QCXserie2) = 0.5		
H1	P(QCXserie1>QCXserie2) >0.5		
durées QC	seuil 10%	seuil 5%	seuil 1%
1h	oui	oui	oui
3h	oui	oui	oui
6h	oui	oui	oui
12h	oui	oui	oui
24h	non	non	oui

Simulation avec 50% urbanisation

test Wilcoxon-Mann-Whitney / test unilatéral			
H0	P(QCXserie1>QCXserie2) = 0.5		
H1	P(QCXserie1>QCXserie2) >0.5		
durées QC	seuil 10%	seuil 5%	seuil 1%
1h	non	non	non
3h	non	non	non
6h	non	non	non
12h	oui	oui	oui
24h	oui	oui	oui

Quantifier l'accroissement Rapport des régimes de crues



Perspectives

- **Améliorer la méthodologie en :**
 - Utilisant un générateur de *scenarii* de pluie
 - Simulant l'effet de stockages répartis

Ces travaux sont engagés dans l'OTHU

Quelle est l'importance des
interactions entre les réseaux
d'assainissement et les rivières
périurbaines dans la genèse des
inondations ?

André PAQUIER, CEMAGREF de Lyon, U.R.
Hydrologie Hydraulique

Quelle est l'importance des interactions entre les réseaux d'assainissement et les rivières périurbaines dans la genèse des inondations ?

André PAQUIER, Cemagref Lyon

Les travaux de recherche sur les inondations en milieu urbain ont été développés au Cemagref à Lyon dans le cadre de projets soutenus au plan national (programme RIO (risques d'inondation) du MEDD (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable) en particulier) et européen (projet IMPACT sur les crues extrêmes). Actuellement, ils sont menés dans le cadre du projet RIVES (risques d'inondation en ville et évaluation de scénarios) soutenu par l'ANR (Agence nationale de la Recherche) programme RGCU (Réseau génie Civil et Urbain) et du projet HY2VILLE (Hydrologie et Hydraulique pour la ville) soutenu par l'ANR programme ECCO-PNRH (programme national de recherches en hydrologie). Pour les travaux de terrain, ils s'appuient sur le site de terrain du centre d'Oullins, en banlieue lyonnaise, au bord de l'Yzeron, petit affluent du Rhône dont le bassin versant est intégré dans l'OTHU (Observatoire de terrain en hydrologie urbaine).

Sur ce site d'Oullins, sont constatées des inondations soit en provenance du débordement du réseau d'assainissement suite à des orages localisés sur le site soit résultant du débordement de l'Yzeron faisant suite à des précipitations plus généralisées et prolongées. La concomitance possible de ces deux types de précipitations a conduit à étudier de manière conjointe le fonctionnement du réseau d'assainissement et des inondations en surface (mise en place d'un réseau de mesures). Les données fournies par la base de données urbaines du Grand Lyon ont été complétées par des relevés sur le terrain et devraient s'enrichir au fur et à mesure de l'avancement des projets.

Le couplage entre un code simulant les écoulements dans un réseau d'assainissement et un code simulant les écoulements en surface dans un environnement urbain est un objet de recherches depuis de nombreuses années. Il inclut des questions :

- D'ordre hydrodynamique afin de décrire les processus mis en oeuvre lors des échanges entre surface et réseau ; plus simplement, se pose la question de calculer le débit transféré par des ouvrages complexes fonctionnant entre des systèmes eux-mêmes complexes (faible lame d'eau en surface, conduites en partie en charge, multiples bifurcations, etc) ;
- D'ordre informatique et mathématique afin de décrire le système de manière cohérente et de mettre en place des méthodes de calcul stables ; les limites en terme de temps de calcul obligent à une simplification de la discrétisation en temps et en espace qui est en elle même un défi et ce d'autant plus que le domaine d'étude est grand.

L'expérience du couplage de modèles a été acquise par le Cemagref sur le logiciel OpenMI dans le cadre du projet européen HARMONIT qui avait pour but de bâtir un outil de couplage de modèles hydrologiques au sens large (c'est à dire incluant tout modèle gérant les ressources en eau). La solution d'un couplage externe tel que le permet OpenMI a donc été

privilegié. Dans le cadre du projet RIVES, le couplage sera effectué entre le logiciel CANOE (www.alison-envir.com/canoe) et le logiciel Rubar20 (www.lyon.cemagref.fr/hh/panorama/logiciels/Rubar20_presentation.shtml) mais cette solution de couplage externe permet d'envisager de remplacer facilement un des codes à coupler par un autre (Rubar 20 par Telemac 2D est prévu). Pour l'utilisation dans OpenMI, les contraintes sur les codes existants sont les suivantes :

- Possibilité d'encapsulation du module de calcul de manière à le rendre pilotable par OpenMI. La solution choisie est la création d'un fichier dll correspondant à un calcul hydraulique sur un pas de temps
- Les codes existants doivent être modifiés d'une part pour pouvoir être encapsulés et d'autre part pour faire apparaître les ouvrages particuliers utilisés pour les échanges (s'ils ne préexistent pas) et introduire la possibilité de modifier leurs paramètres ou variables d'entrée à travers le module de couplage.

Les développements effectués en 2006 ont conduit à :

- Une première définition des termes d'échange et de leur mode de calcul
- La modification de Rubar 20 afin de le rendre pilotable par OpenMI
- La définition des modifications à effectuer dans Canoe
- L'écriture d'une première version du module de couplage limité au pilotage du seul code Rubar20

En 2007, l'objectif est d'atteindre une première version utilisable sur le cas d'Oullins.

Au sein du projet RIVES, ces développements sont effectués conjointement par des chercheurs ou ingénieurs de Sogreah, l'URGC (Unité de Recherches en Génie Civil) de l'INSA, Insavalor et le Cemagref. Les tests ultérieurs pourront impliquer d'autres partenaires du projet tels que le Cetmef, Le CETE Méditerranée, le CETE de Bordeaux, Hydrosociences Montpellier.

Les objectifs du projet RIVES incluent l'utilisation de ce modèle couplé sur des cas réels (Oullins, Marseille, Bordeaux, ...) afin de valider son utilisation en conditions opérationnelles.

La modélisation d'un réseau d'assainissement par Canoe est opérationnelle depuis de nombreuses années et ne devrait pas être un facteur limitant.

La modélisation des écoulements de surface en ville a été développée lors des travaux déjà effectués lors des précédents projets mais elle sera complétée (sur la période 2006-2008) par les projets RIVES et HY2VILLE. La modélisation bidimensionnelle de base qui suppose la description détaillée du milieu urbain reste très consommatrice de puissance de calcul mais les solutions alternatives (modélisation 1D maillée, modélisation 2D simplifiée par porosité, etc) ne semblent pas susceptibles d'utilisation immédiate pour un couplage avec les écoulements en réseau d'assainissement ; ces aspects sont toutefois aussi étudiés dans le cadre du projet RIVES.

Les premiers résultats de modélisation sur le secteur test d'Oullins tendent à montrer que le débordement de rivière en contribuant à la surcharge du réseau dans les parties basses peut engendrer des débordements de réseau plus à l'amont.

Références

- BLANPAIN, O., CHOCAT, B. – 1999. Un système d'aide au choix de modèles hydrologiques et hydrauliques pour la simulation des réseaux d'assainissement. *Revue des sciences de l'eau*; 12/2, 317-332.
- CEMAGREF et al. - 2004. Estimation des écoulements de surface pour une crue extrême en milieu urbanisé. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Programme Risque d'inondation. Rapport final, mars 2004.
- CHOCAT B., ASSOCIATION EURYDICE92 (coordonnateurs)– 1997. Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Editions Tec et Doc/Lavoisier ; Paris ; ISBN 2-7430-0126-7 ; 1124p.
- HAIDER, S., PAQUIER A., MOREL R., CHAMPAGNE, J . Y. – 2003. Urban flood modelling using computational fluid dynamics. *Water and Maritime Engineering*, 156, 1-8.
- LHOMME, J. – 2006. Modélisation des inondations en milieu urbain : approches unidimensionnelle, bidimensionnelle et macroscopique. Thèse de doctorat de l'Université Montpellier II.

- LHOMME, J., BOUVIER, C., PERRIN, J. L. – 2004. Applying a GIS-based model geomorphological routing model in urban catchments. *Journal of Hydrology*, 299, 203-216.
- LHOMME, J., BOUVIER, C., MIGNOT, E. PAQUIER A. – 2006. One – dimensional GIS-based model compared to two-dimensional model in urban floods simulation. *Water Science and Technology*, 54(6-7), 83-91.
- MIGNOT, E. – 2005. Etude expérimentale et numérique de l'inondation d'une zone urbaine : cas des écoulements dans les carrefours en croix. Thèse de Doctorat de l'Ecole Centrale de Lyon.
- MIGNOT, E., PAQUIER, A. - 2003. Impact – Flood propagation case study – The model city flooding experiment. 3rd IMPACT Workshop (EU-funded research project on Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty), Louvain La Neuve, Belgium, 5-7 November 2003. 23 p.
- MIGNOT, E., PAQUIER, A. - 2003. Impact - Flood propagation. Isolated building test case. 3rd IMPACT Workshop (EU-funded research project on Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty), Louvain La Neuve, Belgium, 5-7 November 2003. 25 p.
- MIGNOT, E., PAQUIER, A. - 2004. Impact-Flood propagation case study. The flooding of Sumacárcel after Tous Dam Break. Cemagref's modelling. 4th IMPACT Workshop (EU-funded research project on Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty), Zaragoza, Spain, 3-5 November 2004. 7 p.
- MIGNOT, E., PAQUIER, A., HAIDER, S. – 2006. Modeling floods in a dense urban area using 2D shallow water equations. *Journal of Hydrology*, 327, 186-199.
- MIGNOT, E., PAQUIER, A., ISHIGAKI, T. – 2006. Comparison of numerical and experimental simulations of a flood in a dense urban area. *Water Science and Technology*, 54(6-7), 67-74.
- MIGNOT, E., PAQUIER, A., PERKINS, R., RIVIERE, N. – 2006. Flow structures at the junction of four supercritical channel flows. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark, 21-26 August 2005. 8p.
- MIGNOT, E., PAQUIER, A., RIVIERE, N. - 2004. How a 2-D code can simulate urban flood situations. Proc. of the 2nd international conference on fluvial hydraulics. Grecco, Carravetta and Della Morte Eds, River flow 2004, Napoli, Italy. 8 p.
- MIGNOT, E., PAQUIER, A., RIVIERE, N. – 2005. 2D numerical simulation of four branches experimental supercritical junction flows. XXXI IAHR Congress, Seoul, Korea, 11-16 September 2005. 10p.
- O'LOUGHLIN, G., HUBERT, W., CHOCAT, B. - 1997. Rainfall-runoff processes and modelling. *Journal of hydraulic research*, 34(6)733-752.
- PAQUIER, A. – 2003. Ecoulements de surface lors des fortes inondations en ville. *La Houille Blanche*, 6, 89-93.
- PAQUIER A., TANGUY J.M., HAIDER S., ZHANG B., 2003. Estimation des niveaux d'inondation pour une crue éclair en milieu urbain : comparaison de deux modèles hydrodynamiques sur la crue de Nîmes d'octobre 1988. *Revue des Sciences de l'Eau*, 16(1): 79-102.
- PAQUIER, A., MIGNOT, E. - 2004. Impact-Flood propagation uncertainty calculations. The flooding of Sumacárcel after Tous Dam Break Cemagref's modelling. 4th IMPACT Workshop (EU-funded research project on Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty), Zaragoza, Spain, 3-5 November 2004. 6 p.
- PONS F., ZHANG B., SERGENT P., FELTS D. - 2005. Simulation of flash floods in Marseille and Bordeaux with a two-dimensional runoff model, 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen/Denmark 21-26 august 2005, 8p.
- RENOUF, E., PAQUIER, A., MIGNOT, E. – 2005. Assessment of the exchanges between sewage network and surface water during flooding of the town of Oullins. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark, 21-26 August 2005. 8p.
- RIVIERE N., PERKINS R.J. – 2004. Supercritical flow in channel intersections. Proc. of the 2nd international conference on fluvial hydraulics. Grecco, Carravetta and Della Morte Eds, River Flow 2004, Napoli, Italy, 23-25 June 2004, 1073-1077.
- RIVIERE N., PERKINS R.J., MIGNOT E. – 2005. Flow in a four branch channel intersection - A comparative study of subcritical and supercritical regimes. XXXI IAHR Congress, Seoul, Korea, 11-16 September 2005, 10 p.

Quelle est l'importance des interactions entre les réseaux d'assainissement et les rivières périurbaines dans la genèse des inondations?

A. Paquier – Cemagref

METHODE DEVELOPPEE

- Couplage de codes existants à travers OPENMI, logiciel développé pour le couplage de codes d'hydrologie
 - Réseau d'assainissement par Canoe
 - Ecoulement de surface par Rubar20
 - Interactions à travers les échanges au niveau des ouvrages (avaloirs, regards, déversoirs d'orages, etc) et par la gestion du pas de temps
- Actuellement, phase préliminaire

CANOE

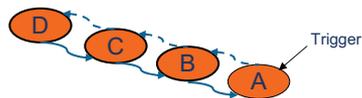
- Modèle développé par SOGREAH et INSAVALOR
- Résout les équations de Saint Venant (ou onde cinématique) dans un réseau de conduites d'assainissement (DT=x mn)
- Permet de prendre en compte des séquences de pluie ou des hydrogrammes
- Interactions avec l'extérieur par ouvrages inclus dans modèle : débordement perdu ou stocké dans un réservoir

RUBAR 20

- Modèle développé par le Cemagref
- Résout les équations de Saint Venant bidimensionnelles sur toute surface y compris avec bâtiments (DT =0.x s)
- Permet de prendre en compte des séquences de pluie et des hydrogrammes
- Interactions possibles avec l'extérieur par des ouvrages

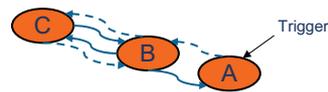
Description de l'environnement OpenMI

Chaîne linéaire (uni-directionnelle)



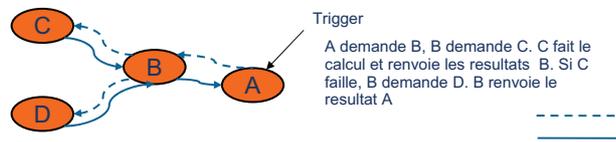
A demande B, B demande C, C demande D.
D fait le calcul et renvoie les résultats à C, C fait le calcul et renvoie les résultats à B, etc.

Chaîne linéaire (bi-directionnelle)



A demande B, B demande C, C demande B
B renvoie le meilleur résultat à C. C fait le calcul et renvoie les résultats à B. B fait le calcul et renvoie les résultats A..

Logical decision chain



A demande B, B demande C. C fait le calcul et renvoie les résultats B. Si C faillit, B demande D. B renvoie le résultat A



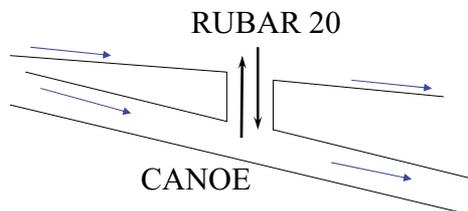
OPEN MI

- Développé par l'Université de Delft dans le cadre du projet européen HARMONIT pour le couplage de codes d'hydrologie
- Effectue gestion du temps avec lancement des 2 codes hydrauliques encapsulés
- Gère échanges par une correspondance entre ouvrages de chaque code et le stockage temporaire ou la conversion des données échangées
- Exige une modification des deux codes pour avoir accès au temps et aux ouvrages

Lieux d'échange : avaloirs, regards et exutoires avec 3 cas

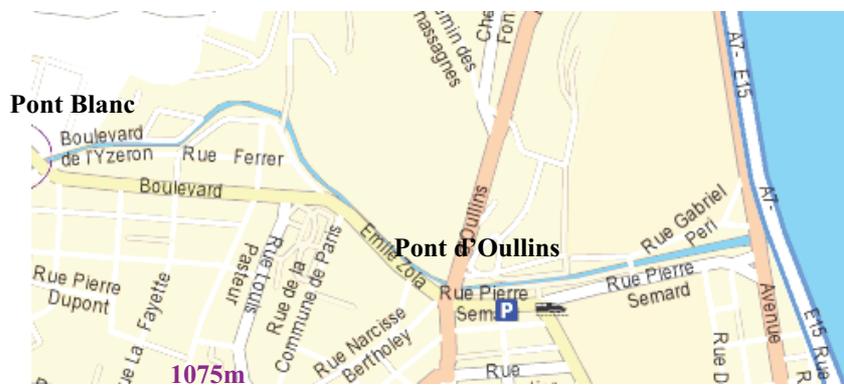
- débit descendant
- débit descendant et réseau saturé
- débit ascendant

Avaloirs Rubar 20 : débits descendants }
Regards Rubar 20 : débits ascendants } Nœuds d'échange CANOE

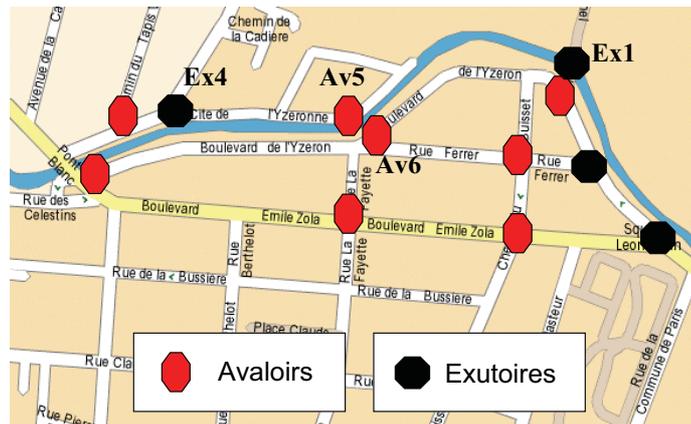


CAS D'OULLINS

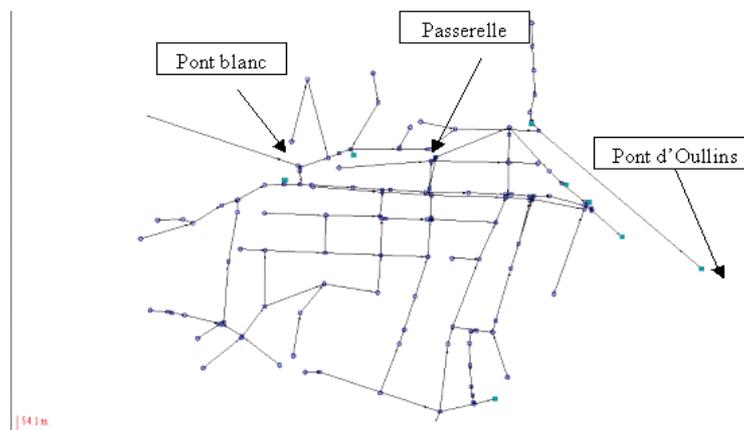
- Crues débordantes en décembre 2003 et avril 2005



Définition des points d'échange

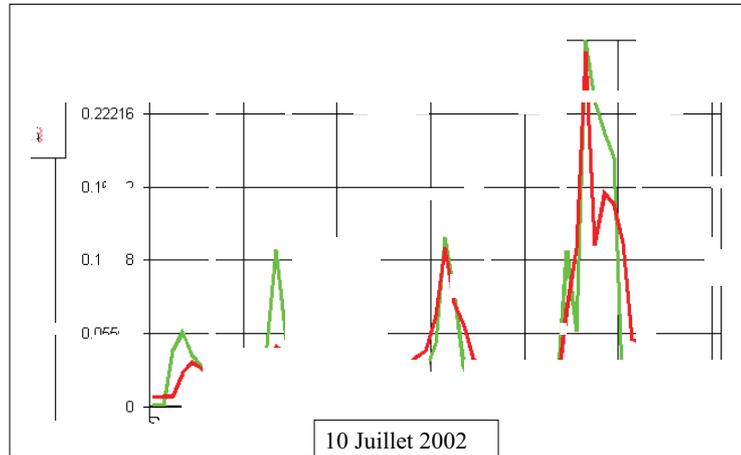


Simplification du réseau d'assainissement



Calage de Canoe

Bassin versant de la Camille



10 Juillet 2002

— Débit mesuré
— Débit calculé

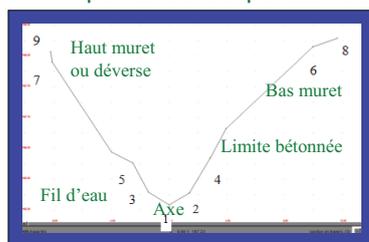
Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

Modélisation sous Rubar20 Relevé topographique

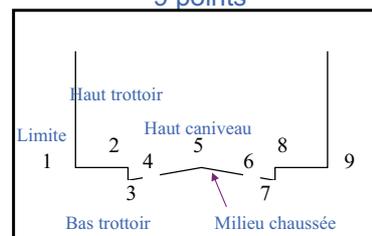
Campagne de relevés effectués sur site :

Sections du lit mineur et du lit majeur (zone urbaine)

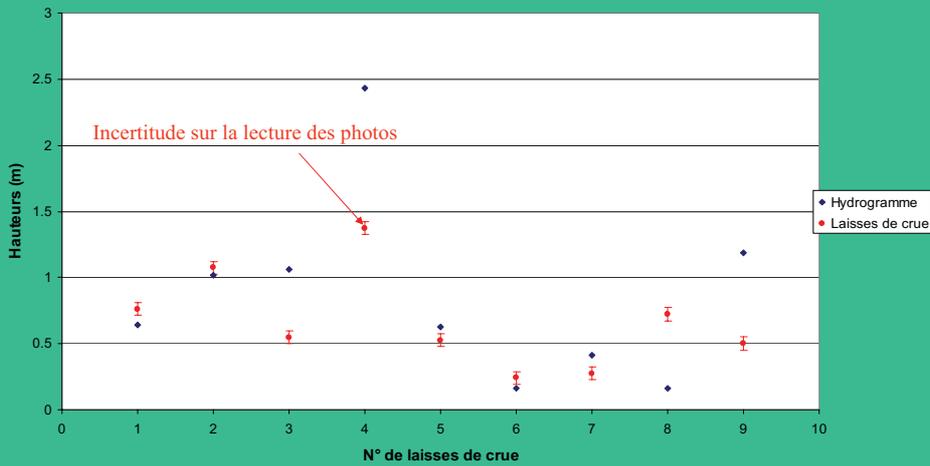
- ◆ Section de rivière
17 points dont 9 particuliers



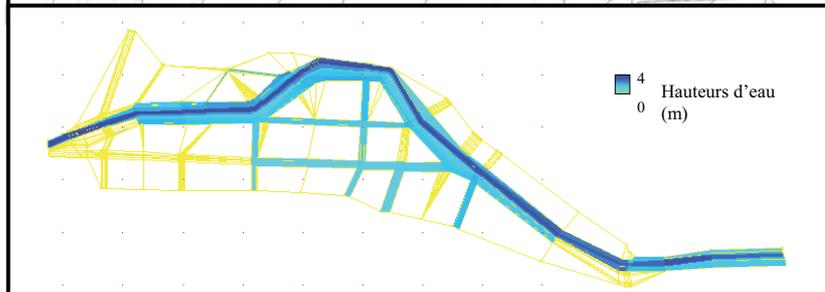
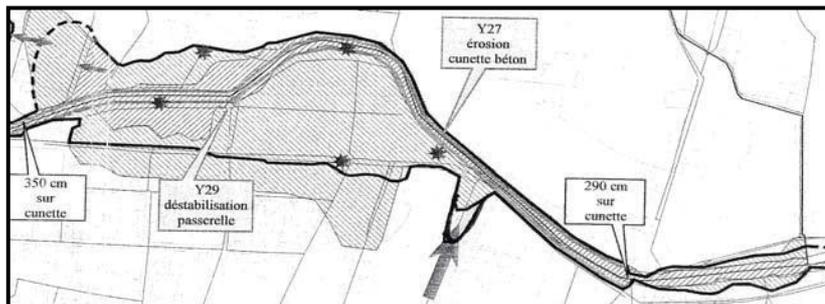
- ◆ Section de rue
9 points



Calage de Rubar 20 Comparaison aux laisses de crue (décembre 2003)



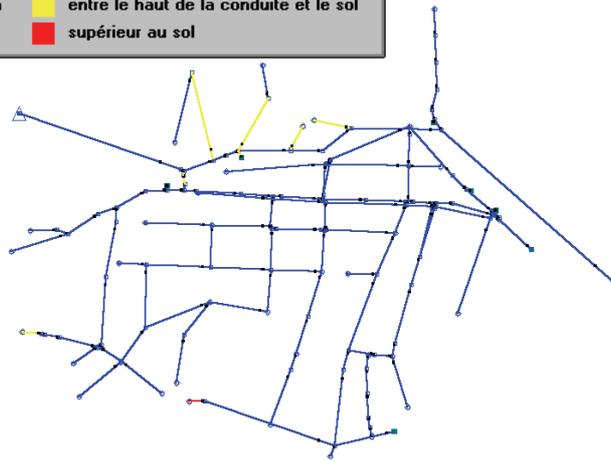
Comparaison des zones inondées



Modélisation sous Canoe, Crue de Décembre 2003

hauteur

- non défini ou 0 m
- dans la conduite
- entre le haut de la conduite et le sol
- supérieur au sol

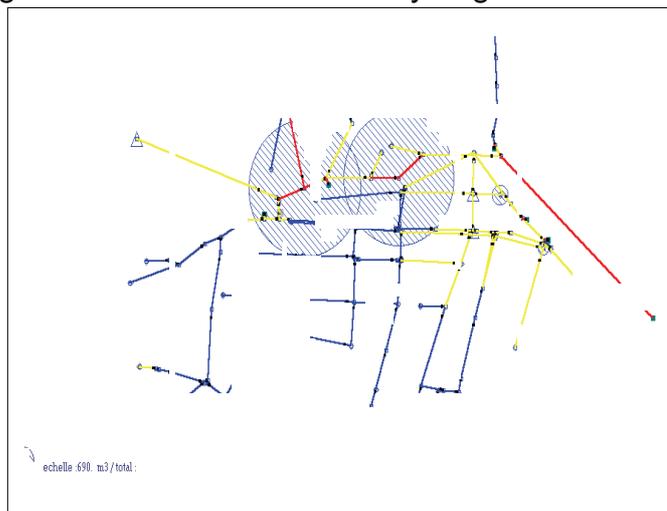


GRANDLYON

grai.e

Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

Avec précouplage: blocage exutoires et introduction hydrogrammes



GRANDLYON

grai.e

Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

GENERALISATION

- Complexité du système implique temps de calcul important et problèmes de stabilité
 - Simplification réseau sous Canoe
 - Maillage de densité variable sous Rubar 20
 - Gestion du pas de temps adaptée
- Permet de traiter différentes solutions d'aménagement sous différents scénarios de crue mais système étudié reste limité
 - Pour Oullins, digues locales en bord de rivière, renforcement conduite principale, etc

CONCLUSIONS

- Développement du modèle couplé en cours
 - Fait partie du projet de recherche RIVES (ANR-RGCU)
 - Échéance : fin 2007
- Méthode transposable à d'autres logiciels ou à d'autres problèmes
- Utilisation opérationnelle immédiate car apprentissage limité au couplage mais limitation de la taille du domaine étudié

Quelles méthodes de suivi morphodynamique des cours d'eau ?

Laurent SCHMITT,
Loïc GROSPRETRE,
Université Lyon 2, UMR 5600

Quelles méthodes de suivi morphodynamique des cours d'eau ?

Laurent SCHMITT et Loïc GROSPRÊTRE
Université Lyon 2, Laboratoire Rhodanien de
Géographie de l'Environnement, UMR 5600 CNRS

En milieu périurbain, les rejets urbains de temps de pluie dégradent la qualité de l'eau et des biocénoses aquatiques et exacerbent les débits dans les petites rivières périurbaines.

Dans le bassin de l'Yzeron, très impacté par ce type de rejets, l'hydro-géomorphologie a été intégrée aux recherches pluridisciplinaires de l'OTHU pour deux problématiques :

- sur un plan écologique, il a été considéré sur des bases bibliographiques que la qualité des biocénoses impactées par les rejets et la capacité d'autoépuration des polluants des écosystèmes aquatiques différent en fonction du contexte géomorphologique. En conséquence, une **typologie hydro-géomorphologique d'états de référence de cours d'eau** du réseau hydrographique de l'Yzeron a été réalisée. Les études biologiques et physico-chimiques menées sur le bassin de l'Yzeron se fondent en grande partie sur cette typologie (Lafont et al., 2006 ; Jezequel, 2006) ;
- sur un plan strictement morpho-dynamique, un important problème d'incisions de ruisseaux de têtes de bassin récepteurs de rejets a été constaté. En outre, ces incisions sont susceptibles d'accentuer l'ensablement des branches principales du réseau hydrographique, situées plus en aval. Pour comprendre ces ajustements et tenter d'y remédier, un diagnostic hydro-géomorphologique a débuté en 2005.

1. Typologie hydro-géomorphologique d'états de référence de cours d'eau

Le modèle de typologie hydro-géomorphologique du réseau hydrographique de l'Yzeron a consisté à :

- délimiter dans le bassin versant des unités hydro-géomorphologiques homogènes, en terme d'écoulement et de fourniture sédimentaire aux drains ;
- sectoriser les cours d'eau à partir de variables de contrôle faciles d'accès : (i) les changements d'unités hydro-géomorphologiques naturelles traversées par le cours d'eau ; (ii) les variations de la pente longitudinale ; (iii) les changements de morphologie des fonds de vallée (largeur) ; (iv) les discontinuités liées aux héritages géomorphologiques ; (v) les changements de styles fluviaux et de sinuosité ;
- regrouper les secteurs homogènes obtenus pour élaborer une classification ;
- valider la typologie à partir de données morphodynamiques de terrain et d'analyses statistiques multivariées ;
- caractériser la morphodynamique de chaque type.

La typologie obtenue sur l'Yzeron comporte 8 classes. Elle a guidé la localisation des sites de mesures de la qualité de l'eau et des biocénoses (programme GEREHPUR) pour chercher à discriminer les influences respectives des types de rejets et du contexte géomorphologique sur les capacités d'auto-épuration des écosystèmes (Lafont et al., 2006). Les premiers résultats montrent

que cette dernière est effectivement corrélée à certains types géomorphologiques (Jezequel, 2006). Des études doivent se poursuivre sur ce thème. A terme, cette typologie devrait permettre de spatialiser la capacité d'autoépuration des polluants de l'ensemble du réseau hydrographique.

2. Diagnostic hydro-géomorphologique des incisions et de l'ensablement : méthodologie et premiers résultats (Grosprêtre et Schmitt, 2006)

Ce diagnostic vise principalement à :

1. identifier les facteurs de prédisposition et déclencheurs des incisions. Un inventaire exhaustif des incisions et des éléments perturbateurs a été réalisé. Les premiers tests soulignent le rôle de la taille des cours d'eau, mais aussi celui de leur appartenance typologique.
2. déterminer à quelle vitesse une incision est susceptible de débiter après la mise en place d'un rejet. Pour cela, la méthode de la dendrochronologie a été utilisée pour étudier l'évolution de l'épaisseur des cernes de croissance des ripisylves (aulnes et frênes). Les premiers résultats montrent que les incisions peuvent débiter très rapidement (quelques années) après la mise en place d'un rejet.
3. identifier les causes et comprendre l'évolution de l'ensablement depuis 20 ans. Là aussi, un inventaire exhaustif, des zones ensablées et des obstacles au transport sableux, a été réalisé. L'évolution de l'ensablement sera notamment appréciée en estimant les vitesses de sédimentation sableuse dans les lits majeurs grâce à des marqueurs radioactifs (¹³⁷Cs et ²¹⁰Pb).
4. estimer et modéliser le transport solide sableux (et grossier). La modélisation du transport solide est basée sur la mesure des volumes transportés par crue. Elle doit permettre d'estimer la production sédimentaire annuelle moyenne. Deux méthodes innovantes de traçage des particules sont utilisées : le traçage par fluorescence pour le transport solide sableux et le traçage par transpondeurs électroniques (Passive Integrated Transponders) pour la charge de fond (galets). Les distances de transport obtenues sont converties en volumes grâce aux résultats de la méthode des « chaînes d'érosion ». Parallèlement, les dépôts sableux présents au niveau des branches principales, ainsi que les volumes de matériaux déstockés au niveau des incisions, seront quantifiés et caractérisés. Les débits critiques de mise en mouvement des particules seront également déterminés. Ces informations permettront :
 - d'analyser la capacité des écoulements à prendre en charge les dépôts au niveau des tronçons ensablés ;
 - d'estimer la fréquence de renouvellement des stocks sableux ;
 - d'étudier l'influence des incisions amont sur l'ensablement.
5. proposer des modes de gestion-restauration (préventifs et curatifs).
6. et enfin proposer et tester des indicateurs de suivi, essentiellement morphologiques.

Références

- GROSPRETRE L. ET SCHMITT L., 2006 (août). Etude hydro-géomorphologique de l'Yzeron et définition d'indicateurs de suivi Rapport d'avancement n°2. Université Lyon 2 CNRS/UMR 5600. Réalisé pour le compte du Grand Lyon et du S.A.G.Y.R.C. 92 p. + ann.
- LAFONT M., BREIL P., PERRIN J.-F., SCHMITT L., NAMOUR P., MALARD F., ASTE J.-P., BURNOUD S., GUERIN S., & BONNEFILLE M., 2006. Rapport final du Projet GEREHPUR (Gestion de la Ressource en Eau des hydrosystèmes périurbains), Thématique prioritaire Région Rhône-Alpes 2003 – 2005 « Développement Durable », 19 p. + ann.
- JEZEQUEL C., 2006. Le rôle de la géomorphologie sur les échanges nappe-rivière et les écosystèmes aquatiques interstitiels en milieu pollué (compartiments superficiel et hyporhéique). Mémoire de Master 1, Université Lyon 2, CEMAGREF-Lyon, 52 p. + ann.

Quelles méthodes de suivi morphodynamique des cours d'eau ?

Laurent SCHMITT, Loïc GROSPRÊTRE

Université Lyon 2
UMR 5600 CNRS
Laboratoire Rhodanien de Géographie de l'Environnement

Rejet urbain de temps de pluie

Impacts :

- Élévation des pics de crue et augmentation des fréquences des crues
- Eau polluée dans le milieu récepteur



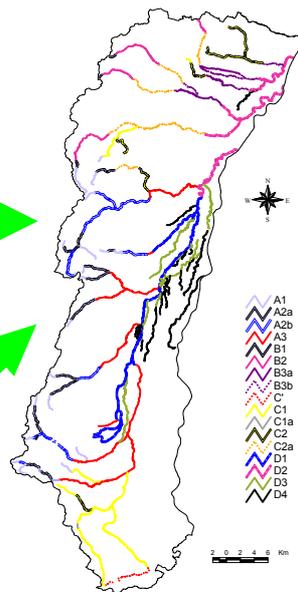
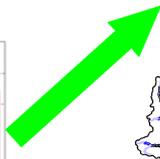
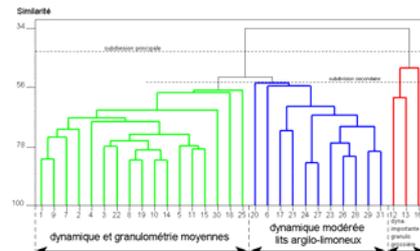
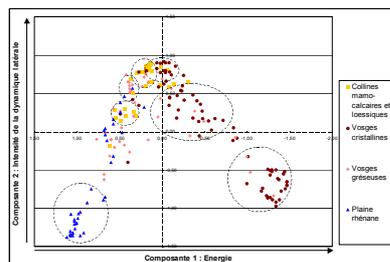
Une typologie hydro-géomorphologique : pourquoi ?

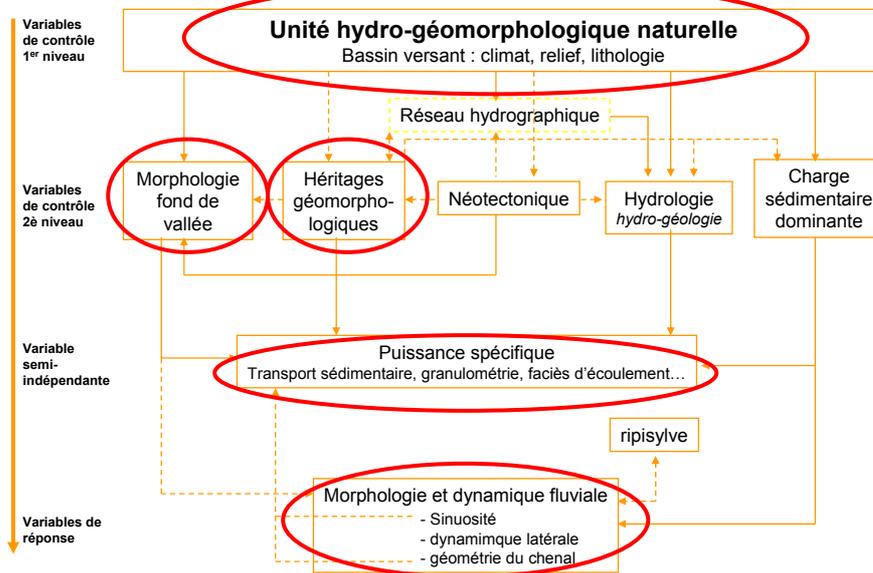
« Tout n'est pas pareil partout »

Une typologie des cours d'eau, *état (naturel) de référence* pour :

- étudier la biologie des milieux aquatiques en prenant en compte la diversité géomorphologique des fonds de vallée et des chenaux (formes = habitats physiques)
 - localisation des sites de prélèvements biologiques
 - transfert d'échelle de la station de mesure à un linéaire hydrographique
- évaluer la qualité du milieu physique des cours d'eau et restaurer les cours d'eau (DCE)
- gérer en « routine » les cours d'eau en intégrant la diversité géomorphologique des milieux aquatiques
- favoriser une meilleure communication
- donner une meilleure connaissance globale d'un réseau hydrographique

L'expérience d'Alsace

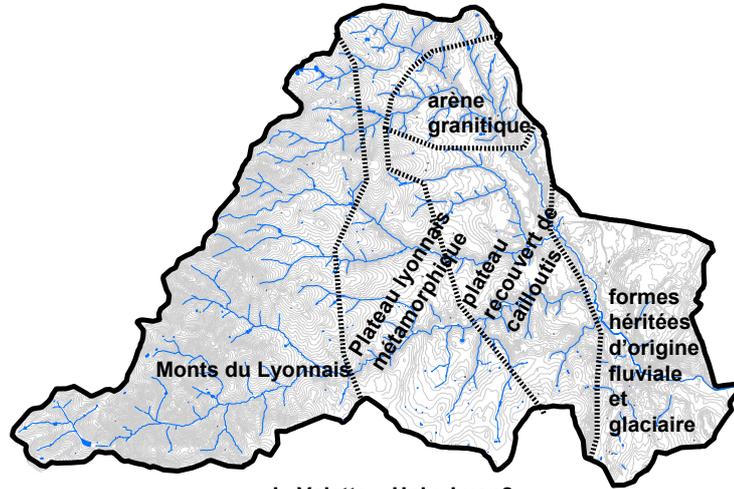




Méthodologie générale : hypothético-déductive

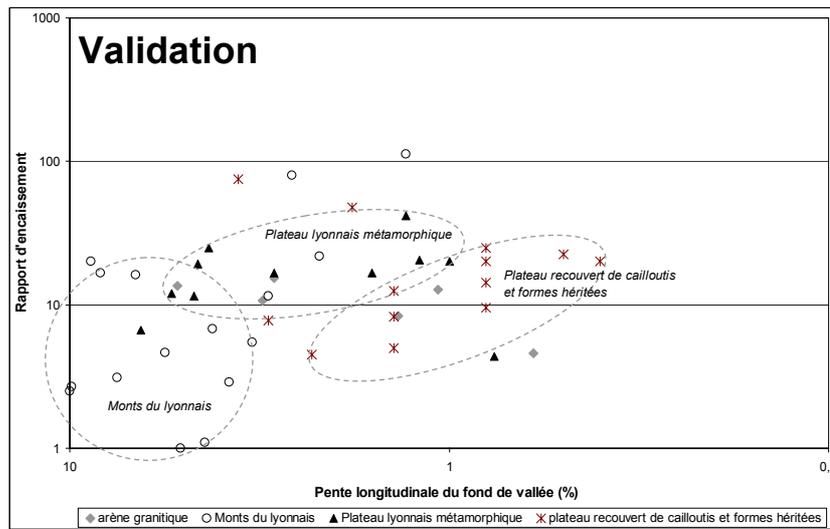
- Découpage du bassin en unités hydro-géomorphologiques naturelles + validation
- Typologie à partir de variables de contrôle (d'accès facile : cartes, SIG)
 - Unités hydro-géomorphologiques naturelles
 - Morphologie du fond de vallée
 - Pente du corridor fluvial
 - Héritages géomorphologiques
 → Regroupements par expertise
- Validation de la typologie à partir de données de réponse (terrain)
 - Variables de terrain : énergie, morphométrie du chenal, faciès d'écoulement, granulométrie, dynamique latérale...
 - Analyses statistiques multivariées : ACP inter-classes
- Caractérisation fonctionnelle de chaque type et intégration dans un SIG

Unités hydro-géomorphologiques du bassin de l'Yzeron

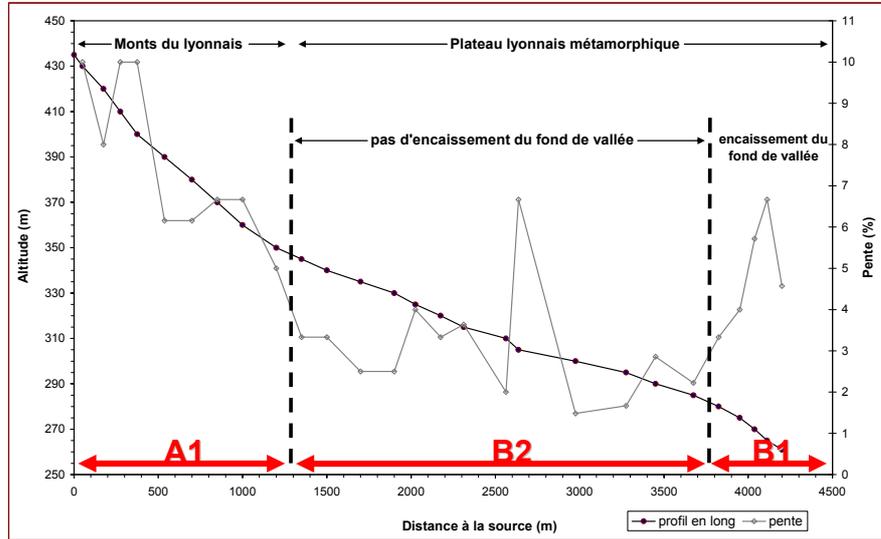


L. Valette – Univ. Lyon2

Unités hydro-géomorphologiques du bassin de l'Yzeron



Exemple de la sectorisation de la Chaudanne

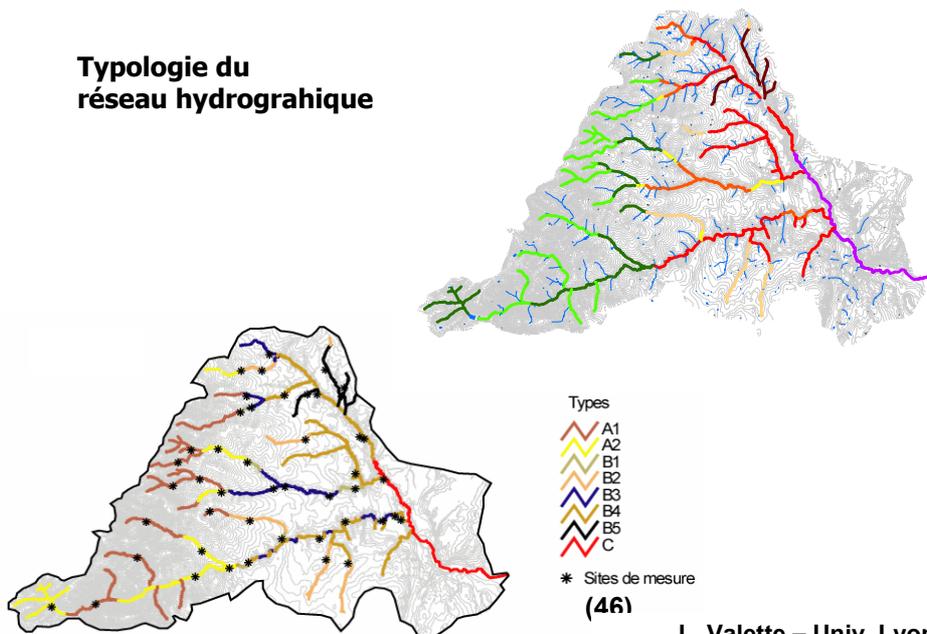


GRANDLYON

grai

Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

Typologie du réseau hydrographique



L. Valette – Univ. Lyon2

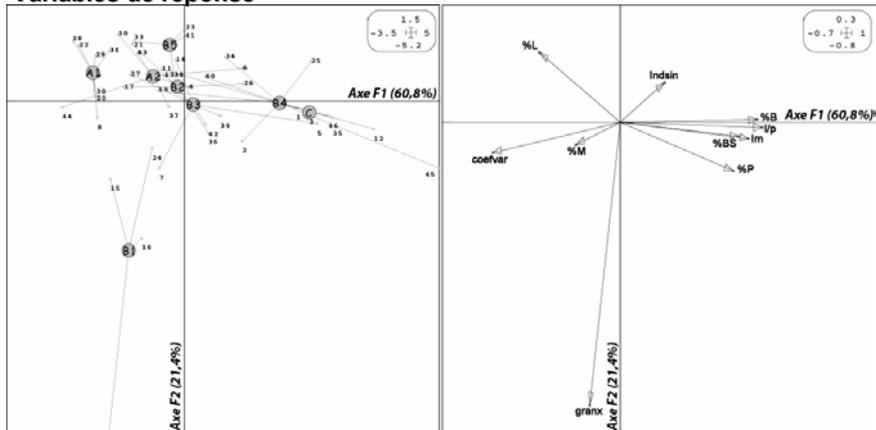
Validation

16 variables

VARIABLE	MODE D'ESTIMATION
Variables informatives	
Coordonnées de l'extrémité amont du site	Terrain (GPS) ou SIG
Longueur du site	Terrain, topofil
Variables indépendantes (de contrôle)	
Superficie du bassin versant (SupBV)	SIG
Altitude du site (alt)	SIG
Largeur du fond de vallée (lval)	Terrain, topofil
Rapport d'encassement (lv/lm)	Largeur du fond de vallée/largeur du lit mineur ; Terrain, topofil
Pente moyenne du lit mineur (pente)	SIG
Puissance spécifique (Pspé)	Terrain, SIG
Variables dépendantes (de réponse)	
Rapport largeur/profondeur du lit mineur (L/p)	Terrain, topométrie simplifiée
Indice de sinuosité (lndsin)	Terrain, topofil
Granulométrie moyenne des sédiments du fond du lit (granx)	Terrain, Méthode de Wolman (1954) sur les seuils naturels et les rapides, Méthode de Chin (1998) sur les torrents à séquences marches-cuvettes
Tri des sédiments du fond du lit (coefvar)	Coefficient de variation de la largeur (axe-B) des sédiments du fond du lit
Pourcentage de faciès découlement lotiques (%L)	Terrain, topofil, Faciès pris en compte : seuils naturels, rapides, marches, bedrock
Pourcentage de mouilles (%M)	Terrain, topofil
Pourcentage de plats (%P)	Terrain, topofil
Pourcentage de berges sapées (%BS)	Terrain, topofil
Pourcentage de bancs (%B)	Terrain, topofil
Indice de mobilité pondéré I_m	Terrain, topofil, $I_m = \frac{S + 3B}{4L} \cdot 100$; S=longueur des berges sapées, B=longueur des bancs, L=longueur du site,

Validation par les variables de réponse

Variables de réponse



Rapprochement entre B4 et C

Sur 1000 permutations aléatoires des sites, une seule combinaison donne une variance inter-classes plus élevée

Discrimination des types B2 et B3 car encassement très différent

Discrimination du type A2 par expertise car fond de vallée très évasé (écologie)

Caractérisation des types

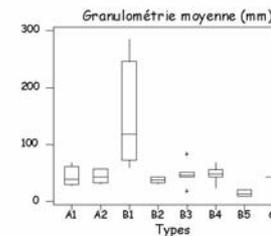
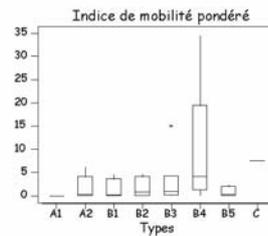
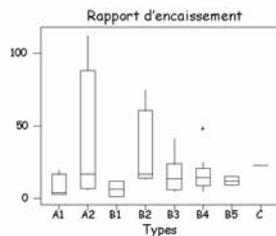
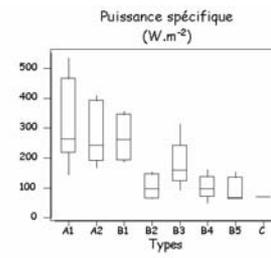
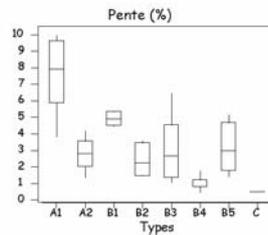
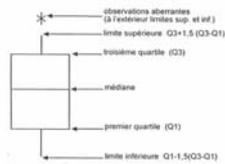
Caractérisation quantitative

	Ival (m)	Iv/lm	Indsin	pente (%)	I/p	Pspé (W.m ²)	granX (mm)	coefvar	%M	%P	%L	%BS	%B	I _n
A1	16 (1,2)	8,6 (0,9)	1,11 (0,1)	7,58 (0,3)	3,1 (0,2)	313 (0,5)	42 (0,4)	1,05 (0,2)	43 (0,3)	1 (1,9)	56 (0,2)	3 (1,2)	2 (2,8)	1,9 (1,5)
A2	110 (1,4)	39,7 (1,1)	1,20 (0,1)	2,77 (0,4)	5,1 (0,7)	275 (0,4)	44 (0,3)	0,97 (0,4)	42 (0,2)	6 (0,9)	52 (0,2)	11 (1,1)	9 (0,9)	9,2 (0,9)
B1	17 (0,9)	6,4 (1,1)	1,09 (0,1)	4,90 (0,1)	3,8 (0,3)	267 (0,3)	145 (0,7)	1,10 (0,5)	43 (0,3)	14 (1,3)	43 (0,2)	12 (1,5)	7 (1,4)	7,8 (1,5)
B2	63 (0,9)	30,2 (1)	1,06 (0)	2,38 (0,4)	4,3 (0,5)	103 (0,4)	37 (0,1)	1,00 (0,2)	37 (0,4)	15 (1,0)	48 (0,3)	29 (0,9)	14 (0,7)	17,8 (0,2)
B3	46 (0,7)	16,2 (0,8)	1,10 (0,1)	3,05 (0,6)	4,7 (0,3)	181 (0,4)	47 (0,4)	0,85 (0,2)	41 (0,2)	18 (0,8)	40 (0,3)	24 (1,4)	13 (0,5)	17,0 (0,6)
B4+C	103 (0,5)	17,5 (0,7)	1,18 (0,2)	0,91 (0,4)	7,0 (0,4)	100 (0,4)	48 (0,2)	0,70 (0,2)	38 (0,3)	20 (0,9)	42 (0,3)	37 (1)	22 (0,8)	26,1 (0,6)
B5	19 (0,4)	12,0 (0,3)	1,16 (0,1)	3,14 (0,5)	3,8 (0,4)	89 (0,5)	14 (0,4)	0,94 (0,2)	38 (0,4)	15 (0,5)	46 (0,3)	14 (1,1)	12 (0,9)	12,7 (0,7)

Caractérisation des types

Variabilité des types

Valeurs indiquées par les boîtes à moustaches :



Caractérisation des types**Exemple de
Fiche descriptive**

Type B4
Cours d'eau à énergie modérée et à fond de vallée encaissé et large de la
bordure orientale du plateau lyonnais

Description générale

Les cours d'eau de type B4 parcourent l'unité naturelle du plateau lyonnais recouvert de cailloutis. Le fond de vallée est encaissé et large, ce qui autorise une dynamique latérale active. L'intensité de celle-ci est variable selon les secteurs. La charge solide, assez hétérogène, est constituée de galets, graviers, sables et limons. Les unités morphodynamiques s'organisent en séquences seuils/mouilles, associées à des plats, voire localement des rapides. Le colmatage sableux est important.

Données qualitatives

Unité naturelle : plateau lyonnais recouvert de cailloutis mioènes/pliocènes
Type de fond de vallée : alluvial
Charge solide dominante : sables, graviers, galets

Données quantitatives

Pente moyenne (‰)	0,91 (0,4)	Tri des sédiments du fond du lit	6,70 (0,2)
Largeur du fond de vallée (m)	103,3 (0,7)	% de faciès lotiques	42,3 (0,3)
Rapport d'encastrement	17,4 (0,7)	% de mouilles	37,4 (0,3)
Fréquence spécifique (W.m ⁻¹)	99,9 (0,4)	% de plats	20,3 (0,9)
Saisonnité	1,18 (0,2)	% de berges rapides	37,2 (1)
Fréquent largeur/profondeur	6,00 (0,4)	% de ruis occupés par des bancs	25,4 (0,8)
Diamètre moyen (mm)	47,7 (0,2)	Indice de mobilité pondère	9,23 (1,1)

Moyenne (coefficient de variation)

Site de référence : YzPchab04.

**Conclusion - Perspectives**

- Typologie globalement validée
- Bonne compréhension de la structuration spatiale des habitats physiques du réseau hydrographique
- Le modèle de classification pourra être amélioré en intégrant l'«importance de l'encaissement du fond de vallée»
- ...

Impacts morphodynamiques des rejets

Incisions des cours d'eau
de têtes de bassin

ruisseau du Vallier



Incisions

ruisseau de la Chaudanne



Incisions

ruisseau de la Goutte des
Verrières



Ensablement



ensablement amont seuil



ensablement lit majeur



ensablement du lit mineur
et colmatage des frayères



ensablement amont seuil



ensablement amont seuil
Longueur : 200 m !

Problèmes de gestion

■ Incisions

- ⊕ Déstabilisation des ouvrages
- ⊕ Abaissement du niveau piézométrique
- ⊕ Accentuation de la dynamique latérale
- ⊕ Appauvrissement biologique
- ⊕ Augmentation des apports sédimentaires vers l'aval
- ⊕ Augmentation du rayon hydraulique et des vitesses

■ Ensablement

- ⊕ Appauvrissement biologique
- ⊕ Comblement des caches des poissons
- ⊕ Colmatage des frayères
- ⊕ Accentuation des inondations (localement)

Objectifs

- **Incisions**
 - Identifier les facteurs de prédisposition et déclencheurs
 - À quelle vitesse une incision est-elle susceptible de débuter après l'implantation d'un déversoir ?
 - Proposer des modes de gestion-restauration (préventifs, curatifs)

- **Ensablement**
 - Identifier les causes et comprendre l'évolution de l'ensablement depuis 20 ans
 - Modéliser le transport solide sableux (et grossier)
 - Proposer des modes de gestion-restauration (préventifs, curatifs)

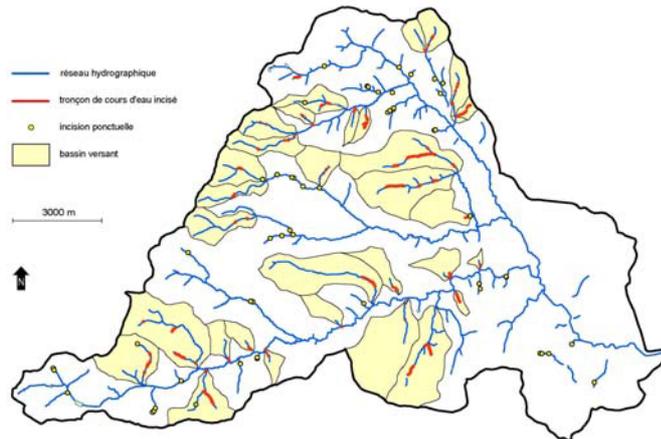
Méthodes – Premiers résultats

- **1. Identifier les facteurs de prédisposition et déclencheurs des incisions**
 - Inventaire des incisions
 - Localisation des éléments perturbateurs (rejets, obstacles au transport solide...)
 - Confrontation avec les données physiographiques (pente, lithologie, occupation du sol, typologie)

=> carte de sensibilité à l'incision

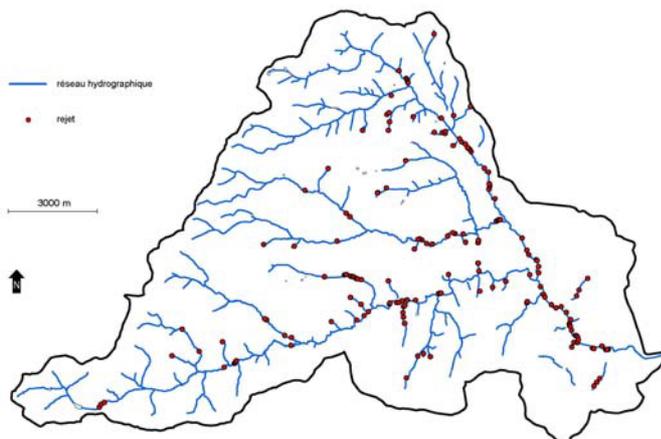
Méthodes – Premiers résultats

- 📍 Inventaire des incisions des cours d'eau de tête de bassin



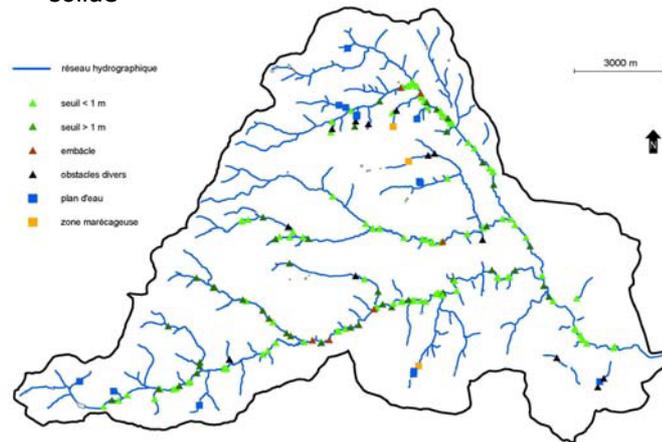
Méthodes – Premiers résultats

- 📍 Localisation des déversoirs d'orage et rejets d'eau pluviale



Méthodes – Premiers résultats

- Localisation des seuils et autres obstacles au transport solide

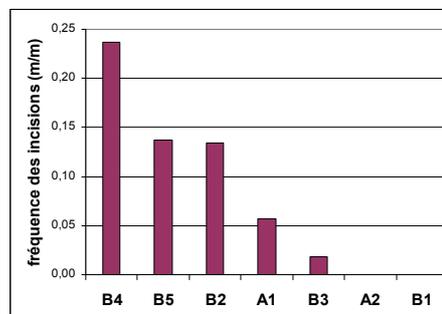


Méthodes – Premiers résultats

- Sensibilité à l'incision
– en fonction de la typologie

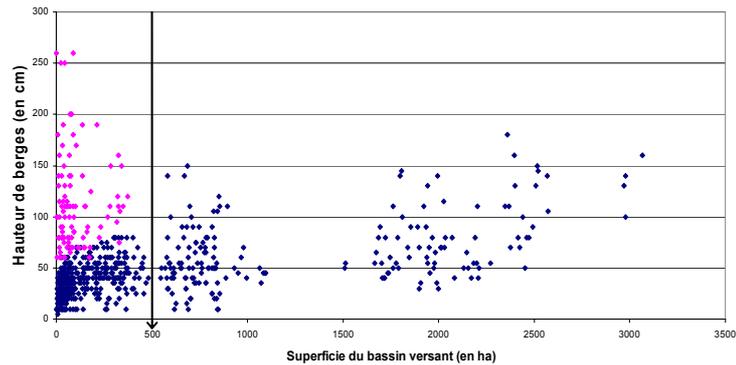
Type	Fréquence des incisions (m/m)
A2	0
B1	0
B3	0,02
A1	0,06
B2	0,13
B5	0,14
B4	0,24

moyenne : 0,08



Méthodes – Premiers résultats

- Sensibilité à l'incision
 - en fonction de la typologie
 - en fonction de la taille du bassin versant



Méthodes – Premiers résultats

- Sensibilité à l'incision
 - en fonction de la typologie
 - en fonction de la taille du bassin versant
 - en fonction de la lithologie ou de la constitution des berges
 - en fonction de la pente
 - en fonction de l'occupation du sol

Méthodes – Premiers résultats

- 2. A quelle vitesse une incision est-elle susceptible de débuter après l'implantation d'un déversoir d'orage ?
 - Dendrochronologie
 - Détermination des dates d'implantation des déversoirs d'orage

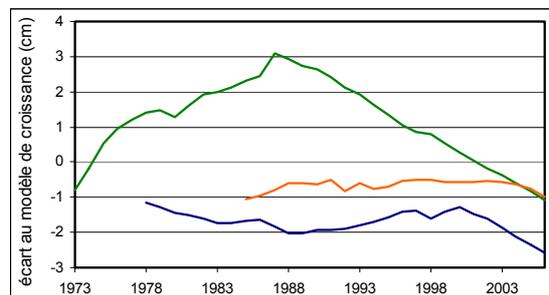
Méthodes – Premiers résultats

- Dendrochronologie

Exemple :

Ruisseau du Bouleau

Courbes des écarts de croissance des aulnes échantillonnés au niveau du tronçon incisé par rapport à la population témoin



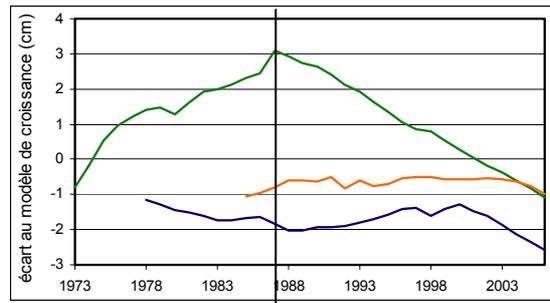
Méthodes – Premiers résultats

☐ Dendrochronologie

photo

Exemple :

Ruisseau du Bouleau



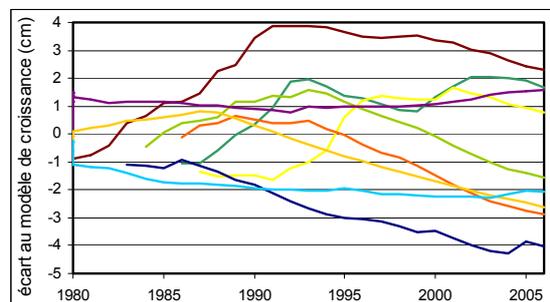
↓
date de perturbation : 1987
implantation D.O. : 1985

Méthodes – Premiers résultats

☐ Dendrochronologie

Exemple :

Ruisseau du Méginant



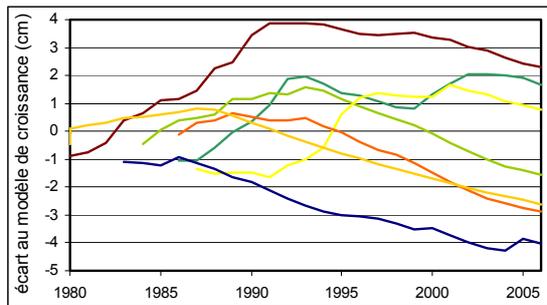
Courbes des écarts de croissance des aulnes
échantillonnés au niveau du tronçon incisé
par rapport à la population témoin

Méthodes – Premiers résultats

• Dendrochronologie

Exemple :

Ruisseau du Méginant

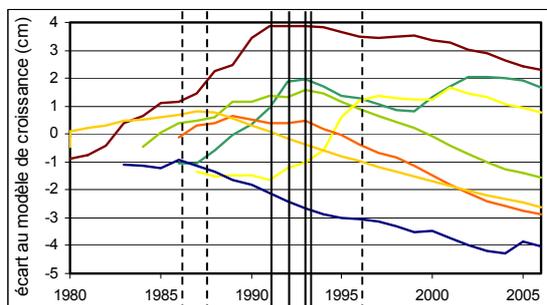


Méthodes – Premiers résultats

• Dendrochronologie

Exemple :

Ruisseau du Méginant



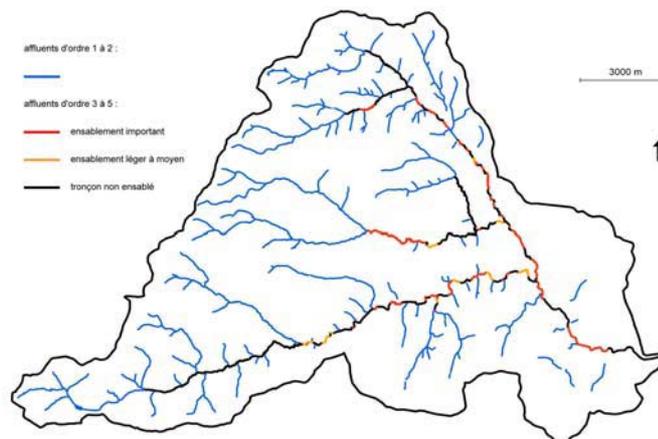
dates de perturbation : 1991-1993

Méthodes – Premiers résultats

- 3. Identifier les causes et comprendre l'évolution de l'ensablement depuis 20 ans
 - Inventaire des tronçons ensablés
 - Modélisation du transport solide sableux (et grossier)

Méthodes – Premiers résultats

- Inventaire des tronçons ensablés



Méthodes – Premiers résultats

- Modélisation du transport solide sableux

Principe :

- Mesure des volumes de matériaux transportés par crue
- Estimation de la production sédimentaire annuelle moyenne et de la fréquence de renouvellement des stocks sableux
- Bilan de la dynamique d'ensablement des tronçons aval de l'Yzeron

Classes granulométriques étudiées :

- Charge de fond : axe b > 32 mm
- Sables et graviers fins : $0,5 < \text{axe b} < 4 \text{ mm}$
 en 3 fractions : 0,5-1 mm
 1-2 mm
 2-4 mm

Méthodes – Premiers résultats

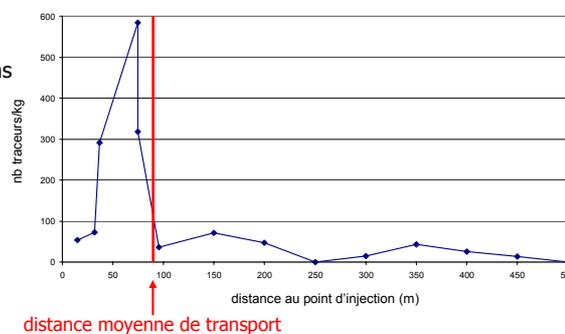
- Modélisation du transport solide sableux

Sables et graviers très fins : traçage par fluorescence

Exemple :

courbe des concentrations
en traceurs sableux

crue du 17/11/2006
fraction 0,5-1 mm



Méthodes – Premiers résultats

- Modélisation du transport solide sableux

Charge de fond (galets) : traçage par transpondeurs électroniques (P.I.T.)

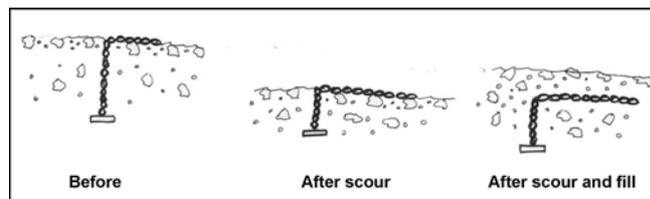


Méthodes – Premiers résultats

- Modélisation du transport solide sableux

Méthode des chaînes d'érosion

- Levé topographique du fond du lit avant/après crue
- Localisation des points d'inflexion des chaînes



source : modifié d'après Gordon et al. 1992

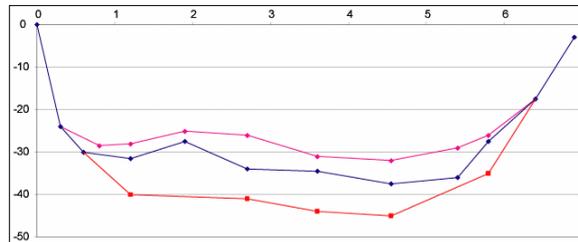
Méthodes – Premiers résultats

- Modélisation du transport solide sableux

Méthode des chaînes d'érosion

- Levé topographique du fond du lit avant/après crue
- Localisation des points d'inflexion des chaînes

— surface initiale du lit
— surface finale du lit
— profondeur maximum d'érosion

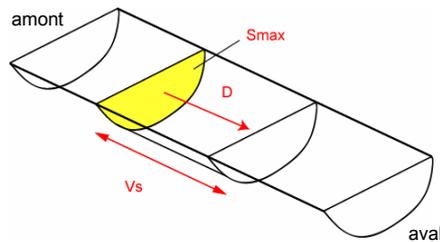


Méthodes – Premiers résultats

- Modélisation du transport solide sableux

Méthode de calcul :

$$\begin{array}{r} \text{section maximum d'érosion (m}^2\text{)} \\ \times \text{ distance moyenne de transport (m)} \\ \hline = \text{volume transporté par une crue (m}^3\text{)} \end{array} \quad \begin{array}{l} S_{\max} \\ D \\ V_s \end{array}$$



Résultats attendus

- Production sédimentaire annuelle moyenne
 - Modélisation $V_s = f(Q_p ; \dots)$
- Fréquence de renouvellement des stocks sableux
 - Comparaison avec les volumes stockés dans le cours d'eau
- Bilan de l'ensablement des tronçons aval de l'Yzeron
 - Influence des incisions sur l'ensablement de l'Yzeron
 - Comparaison avec la vitesse du déstockage de matériaux au niveau des incisions amont

Les incisions sont elles responsables de l'ensablement de l'Yzeron ?

Où intervenir ? Comment prévenir les incisions ?

=> lien avec l'inventaire des tronçons de cours d'eau incisés et l'établissement d'une carte de sensibilité à l'incision

Résultats attendus

- Production sédimentaire annuelle moyenne
 - Modélisation $V_s = f(Q_p ; \dots)$
- Fréquence de renouvellement des stocks sableux
 - Comparaison avec les volumes stockés dans le cours d'eau
- Bilan de l'ensablement des tronçons aval de l'Yzeron
 - Influence des incisions sur l'ensablement de l'Yzeron
 - Conditions critiques de mise en mouvement
 - Détermination des débits critiques de mise en mouvement par charriage ou suspension

Les conditions hydrologiques actuelles permettent-elles de prendre en charge les dépôts sableux ?

Eventuelle évolution des conditions critiques de mise en mouvement liée au régime hydrologique ?

Pour la mise en œuvre de la DCE :
quels sont les enjeux et les difficultés
de l'évaluation de la qualité des
petites rivières de type "Yzeron"?

Thomas PELTE,
Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse

Pour la mise en œuvre de la DCE : quels sont les enjeux et les difficultés de l'évaluation d la qualité des petites rivières de type "Yzeron" ?

Thomas PELTE,
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse

Avec la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et la définition d'un nouveau SDAGE, les objectifs pour les gestionnaires se précisent. Le Bon Etat des masses d'eau est à ce sujet l'un des objectifs structurants et devient la base de définition des états des lieux, écarts aux objectifs et programmes d'actions à entreprendre pour restaurer la qualité des milieux aquatiques.

Dans le cas des rivières périurbaines, un certain nombre de pressions et d'altérations des cours d'eau peuvent être constatées. La marge de manœuvre apparaît limitée pour restaurer une rivière à l'image d'un milieu naturel de référence, d'autant plus que les facteurs responsables des altérations sont bien souvent liés à des bénéfices pour la population difficiles à remettre en cause : lutte contre les inondations, protection du bâti, infrastructures routières,...

La DCE intègre cette notion avec le principe de désignation en « masses d'eau fortement modifiées – MEFM » pour lesquelles les conditions de références ne sont plus uniquement naturelles. L'objectif à atteindre devient alors le Bon Potentiel Ecologique et la référence est définie en intégrant les altérations à l'origine du classement MEFM.

Cette approche est totalement adaptée au cas des rivières périurbaines. Mais elle est nouvelle et en conséquence il apparaît nécessaire que la stratégie à adopter soit bien encadrée par les instances décisionnelles. Il est également nécessaire qu'un système d'évaluation de la qualité adapté soit construit afin d'apporter les informations structurantes pour la définition du plan de gestion : quel état des lieux ? Quel objectif ? Quels indicateurs de suivi ?

Sur ces derniers points, l'Yzeron apparaît comme un site atelier très pertinent. Il fait l'objet d'une mobilisation locale importante par les collectivités riveraines. Il est également le support de travaux de recherches nombreux, menés par la communauté scientifique lyonnaise. De fait, l'acquisition de connaissance d'un côté, la mise en œuvre d'actions de l'autre, les conditions sont réunies pour permettre de progresser sur la manière d'appréhender la notion de Bon Potentiel Ecologique.

Ainsi, les travaux portant sur la qualité hydromorphologique de la rivière permettent de mieux cerner quelles altérations relèvent de la désignation en MEFM et celles qui relèvent d'autres pressions sur lesquelles des actions sont envisageables. Par ailleurs, cette connaissance doit pouvoir permettre de progresser sur la connaissance des interactions entre hydromorphologie et biologie, ceci de façon à pouvoir définir quelle expression écologique il est possible d'attendre d'un milieu au vu de la qualité de ses habitats et de son fonctionnement hydrodynamique.

Les opérations de restauration entreprises et leur suivi en terme d'effets biologiques permet également d'y voir plus clair sur le potentiel écologique de la rivière, ce qu'elle peut exprimer compte tenu de ses contraintes incontournables.

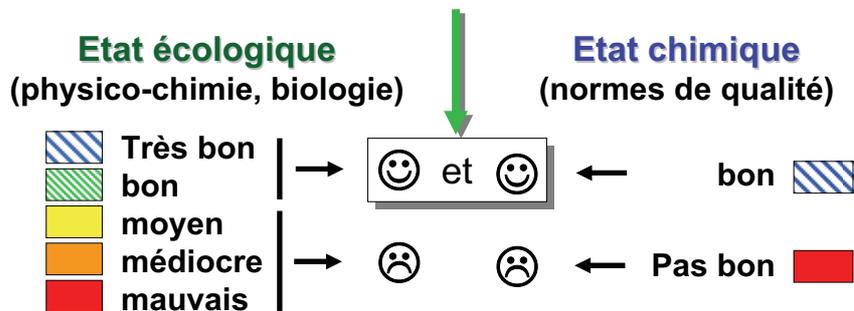
Ainsi, si un certain nombre d'inconnues persistent encore, on peut considérer avec une certaine satisfaction la portée stratégique du principe des MEFM défini par la DCE. Il s'agit d'envisager un objectif toujours ambitieux, mais réaliste au regard des contraintes liées au caractère périurbain de certains cours d'eau.

Pour la mise en œuvre de la DCE : quels sont les enjeux et les difficultés de l'évaluation de la qualité des petites rivières de type « Yzeron »?

Thomas PELTE – Agence de l'Eau RM&C

Rappel sur la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

- Parmi les objectifs : le **Bon Etat en 2015**



Conditions de référence = très bon état

De la notion de Bon Etat à la notion de Bon Potentiel

- Une altération substantielle de l'hydromorphologie (= visible/évidente, étendue, permanente)
- ... due à des activités/usages spécifiés :
 - stockage d'eau, navigation, protection contre les crues, autres activités de développement durable

→ Désignation en Masse d'Eau Fortement Modifiée (MEFM)

Cas de rivières périurbaines

- Emprise du bâti
- Protection contre les crues
 - endiguement
 - artificialisation des berges

→ Désignation en MEFM

Référence au Potentiel écologique maximal : valeur des éléments biologiques pertinents reflétant, autant que possible, celles associées au type de masse d'eau le plus comparable vu les conditions physiques qui résultent des caractéristiques « fortement modifiées ».

A quoi sert la désignation MEFM ?

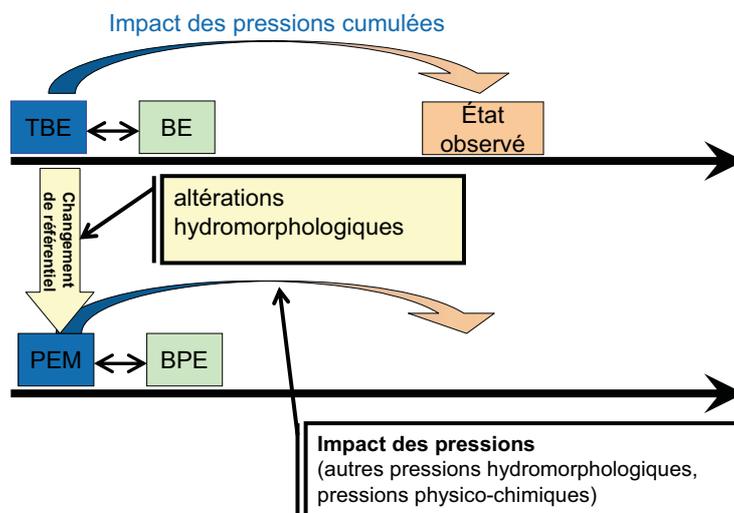
A évaluer correctement et de manière réaliste l'état écologique de certaines masses d'eau

A viser un objectif adapté aux situations aménagées, non ou peu réversibles, qui soutiennent des activités de développement durable

= notion de **Bon potentiel écologique**

(au lieu de Bon état écologique)

Un nouveau référentiel



Quels enjeux pour la mise en œuvre de la DCE?

- avoir des objectifs pertinents
 - réalistes
 - ambitieux
- Évaluer sur la base d'indicateurs pertinents
 - exprimant les « autres pressions »

→ un système d'évaluation à bâtir...

Quelles difficultés?

- faire la part des altérations justifiant la désignation MEFM des autres
 - une stratégie à définir...
- Définir jusqu'où on peut aller en terme de restauration : le potentiel écologique maximal
 - des connaissances à acquérir...

L'Yzeron : un site atelier pour progresser

- décrire la qualité « physique » de la rivière
 - identifier l'ensemble des altérations
 - envisager les interactions biologie/hydromorphologie
- identifier des leviers possibles pour améliorer
 - faire la part entre altérations permanentes et autres
- envisager l'expression écologique possible
 - approcher la notion de potentiel écologique maximum
 - identifier les indicateurs pertinents
 - préciser l'objectif

Conclusion

- MEFM et Bon Potentiel = un référentiel adapté et un objectif toujours ambitieux
- Une approche nouvelle → toujours en chantier
- L'Yzeron = un site atelier pertinent

Pourquoi et comment développer des micro-capteurs pour l'analyse de la qualité chimique des eaux de surface ?

Philippe NAMOUR,
CEMAGREF de Lyon, U.R. Qualité des eaux
Nicole JAFFREZIC,
Université Lyon1,
Laboratoire des sciences analytiques
& al.

Pourquoi et comment développer des micro-capteurs de mesure de la qualité chimique des eaux de surface ?

Ph. NAMOUR, Cemagref Lyon
N. JAFFREZIC & O. VITTORI, LSA Université Lyon 1
P. KLEIMANN, LENAC Université Lyon 1

Les appareils de mesure qualitative en continu doivent être compatibles avec les caractéristiques géomorphologiques et dynamiques des hydrosystèmes étudiés.

Pour cela il faut développer des moyens d'investigation présentant des caractéristiques spécifiques : économiques afin de permettre la multiplication des mesures ; autonomes pour limiter les coûts de maintenance ; rapides car adaptés aux événements transitoires, fiables et précis afin de conserver la qualité des mesures actuelles et enfin non perturbateurs pour ne pas modifier les caractéristiques de l'environnement autour du point de mesure.

Les prélèvements d'échantillons puis analyses en laboratoire permettent le dosage précis d'un grand nombre de substances chimiques mais ne répondent pas à ces exigences.

Les micro-capteurs peuvent apporter une réponse et ouvrent une voie innovante pour la quantification des flux dans l'environnement.

La fiche technique OTHU N°13 détaille l'état d'avancement et les perspectives d'évolution de la mise en œuvre de micro-capteurs in situ destinés à quantifier qualitativement l'évolution de grandeurs physico-chimiques.

Pourquoi & Comment développer des micro-capteurs de mesure de la qualité chimique des eaux

**Ph. NAMOUR – Cemagref-Lyon
N. Jaffrezic & O. Vittori – LSA-Lyon 1
P. Kleimann LENAC – Lyon 1**

Pourquoi des micro-capteurs ?

- Raisons méthodologiques
- Raisons financières

Évaluation des flux polluants & de l'exposition aux toxiques des organismes vivants

Contraintes métrologiques

**Situations spatio-temporelles variables
parfois largement imprévisibles**

**Non prises en compte par les méthodes
actuelles d'analyse en laboratoire**

Requiert métrologie adaptée

Méthodologie adaptée

Contraintes d'espace

Échelle spatiale

$\text{mm}^3\text{-cm}^3$ → km^2
Micro-organismes, invertébrés Bassin versant

Échantillonnage

Faible quantité Nombreux

Méthodologie adaptée

Contraintes de temps

Echelle de temps

Phénomènes transitoires → tendance
e.g. : Déversoir d'orages e.g. : changement global

Échantillonnage

Nombreux Régulier
Pas de temps serré Longue période

Instrumentation disponible

- Analyses en laboratoire
- Analyseurs de terrain (analyse en ligne)
- Sites instrumentés (capteurs conventionnels)
- Micro-capteurs

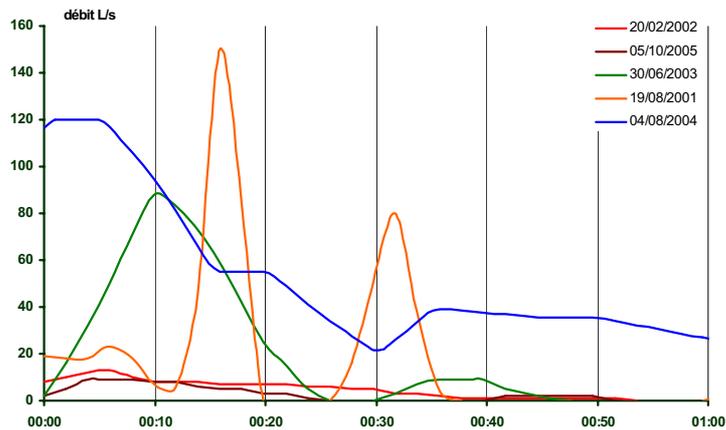
Analyseur en ligne

Prélèvement ⇒ Analyse

- Rapidité d'intervention
- Méthode proches du laboratoire
- Faible de cadence de mesure (10 à 20 min)
- Temps de latence (mesure déportée)

Analyseurs en ligne

Cadence d'analyse 10 min

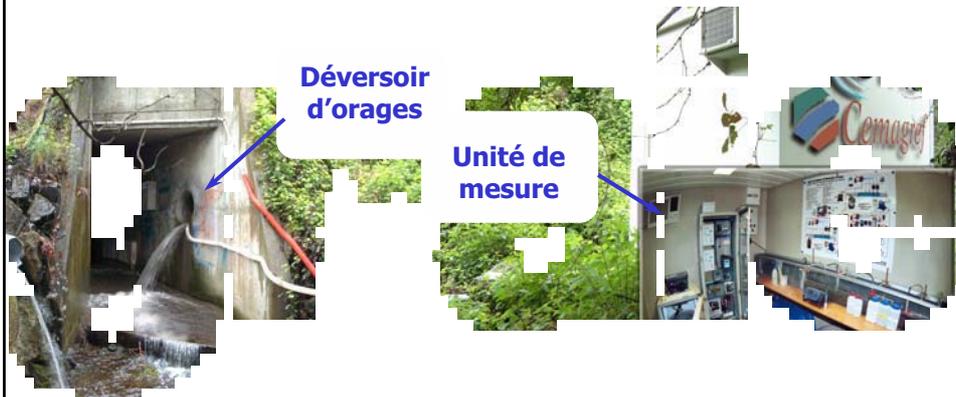


Capteurs conventionnels

Prélèvement \Rightarrow mesure

- Rapidité d'intervention
- Cadence rapide de mesure
- Temps de latence (mesure déportée)

Site OTHU-Zabr Grézieu-la-Varenne

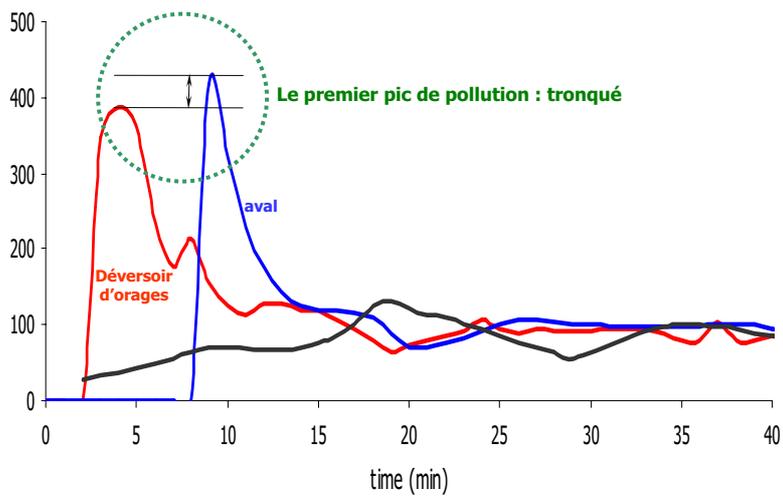


GRANDLYON

graie

Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

Temps de latence



Micro-capteur

Analyse *in situ*

- Cadence rapide de mesure
- Pas de temps de latence
- Faible coût
- Non disponible sur le marché

Cas 1 : rejet ponctuel

- Suivi sur 1 an,
- 1 pollutogramme hebdomadaire,
- durée = 1 heure

Equipement de chaque point de mesure	Mesure laboratoire (préleveur)	Analyseur en ligne	Capteur conventionnel	Micro-capteur
Nombre de mesures	1 248	312	6 240	6 240
Coût des données	35 256 €	20 000 €	4 500 €	(250 €)
Coût de la donnée	28 €	64 €	0,72 €	0,04 €

Maintenance hebdomadaire non incluse

Cas 2 : maillage

- Suivi sur 1 an,
- 10 points de mesure

Equipement de chaque point de mesure	Mesure laboratoire (préleveur)	Analyseur en ligne	Capteur conventionnel	Micro-capteur
Nombre de mesures	12 480	52 560	1 051 200	1 051 200
Coût des données	352 560 €	200 000 €	45 000 €	(2 500 €)
Coût de la donnée	28 €	0,38 €	0,43 c	0,02 c

Maintenance hebdomadaire non incluse

GRANDLYON

graie

Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

3^{ème} journée technique de l'OTHU

Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision

Comment développer des micro-capteurs ? Techniques & Moyens

GRANDLYON

graie

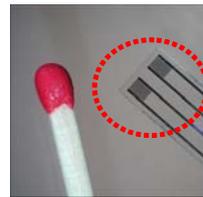
Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

La mesure idéale

Privilégier une mesure

- locale
- non perturbante
- continue
- économique
- autonome
- fiable

Micro-capteur



micro-
électrodes

OTHU sous-programme 7 métrologie

Acquisition & Analyse des données relatives
au fonctionnement des hydro-systèmes

Action 3
Développement & tests de micro-capteurs

Action 4
Instrumentation zone hyporhéique

Paramètres à l'étude

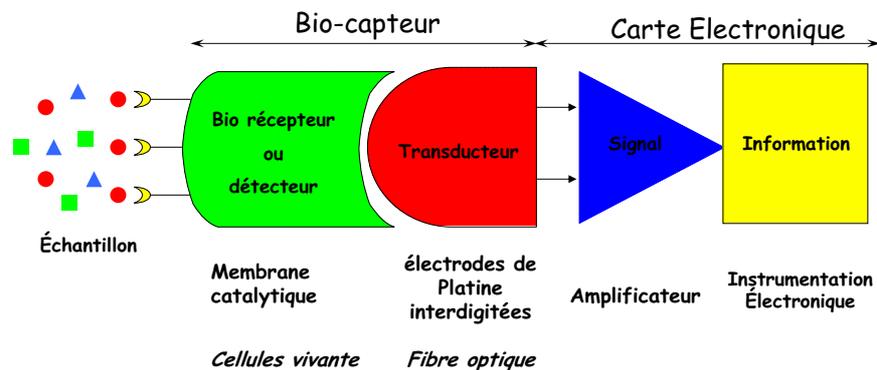
Indicateurs trophiques

- **Matière Organique**
- **NO₂ & NO₃**
- **Ammonium**

Indicateurs toxiques

- **Métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Cu)**

Bio-capteur Matière Organique : Principe

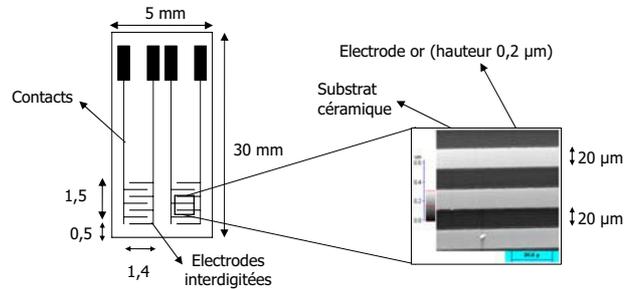


Estimateur de la MO = protéines

Protéines : 30% de la MO identifiable d'une eau

Matière organique

Les enzymes sont immobilisées à la surface d'un micro-transducteur conductimétrique (membrane enzymatique).



Il est fondé sur la reconnaissance et la transformation des protéines par des protéinases



Lors de la transformation des protéines, il y a libération espèces chargées.



Variation de la conductivité mesurée par les électrodes

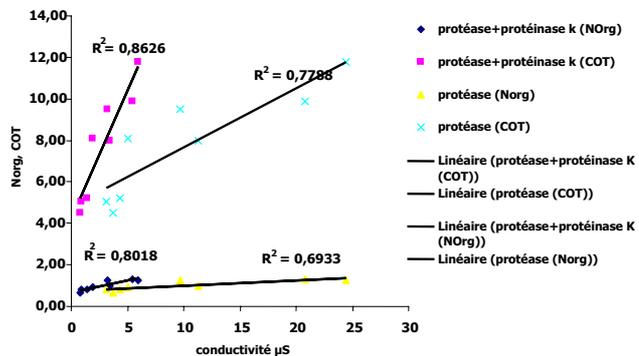
Corrélations N_{org} , COT / réponse du microcapteur pour différentes formulations de membranes enzymatiques

Origine des eaux :

Ribes

Chaudanne

Yzeron



Potentiostat Impulsionnel

Premier prototype de laboratoire (11x10 cm)



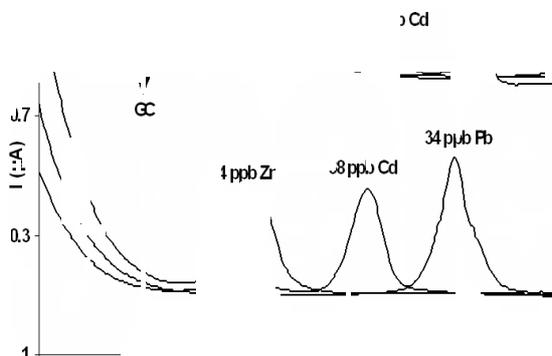
Potentiostat numérique
interfacé à un PC
portable par bus USB

Coût actuel : 250 €

Conçu par le LENAC (Laboratoire Electronique Nanotechnologie & capteurs)

Métaux : Cu, Pb, Cd & Zn

Voltamétrie en re-dissolution anodique à balayage impulsionnel
sur électrode de carbone

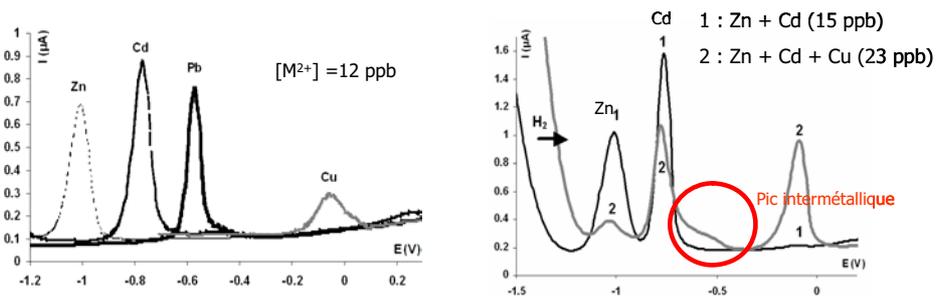


**Carbone vitreux (GC) /
Carbone adamantin (DLC)**

Diamond Like Carbon :
plus sensible (> 4 x)
plus résistant
que le Carbone Vitreux

Métaux Cu, Pb, Cd & Zn

Problème d'interférences métalliques



NO₂ & NO₃

Voltampérométrie

▪ Nitrates

• Électrodes Cu, Cu/Pd & Pd

- Labo : Cu à -1,5 V (passivation du Cu)
- Eau naturelle : Pd à -1,5 V (réponse stable et sensible)

▪ Nitrites

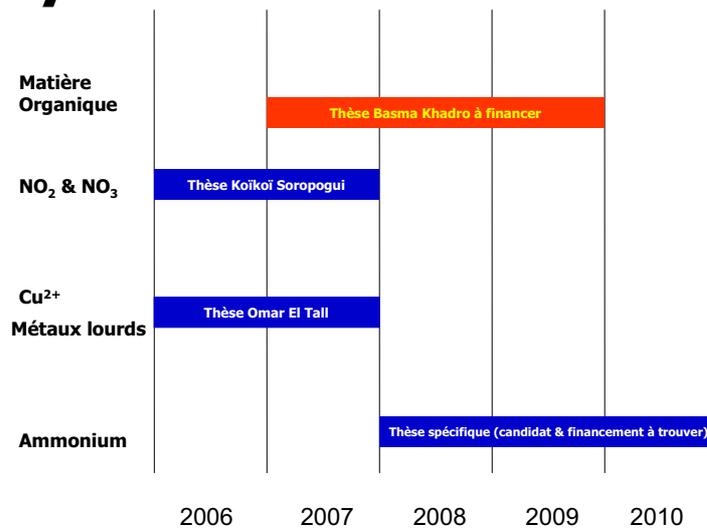
• Électrodes Co/Pd & Co

- 1er essais : réponse linéaire & pas d'interférences NO₃

Avancées

	Conception	Développement	Evaluation laboratoire	Evaluation terrain
Matière Organique				
NO ₂ & NO ₃				
Pb, Cd, Cu & Zn				
Ammonium				

Moyens



Développements futurs

Mesure de rejets polluants

Déversoir d'orage

Calcul d'exposition des organismes

Mesure de flux hyporhèiques

Réseau piézomètres instrumentés de micro-capteurs

Développement d'autres micro-capteurs

Quels autres paramètres développer ??

Base de données des chroniques générés ??

...

Analyses en laboratoire

Prélèvement ⇒ Transport ⇒ Analyse

- Fiabilité, qualité de la mesure (référence)
- Coût élevé des analyses
- Délais de transport (modification du prélèvement)
- Faible capacité d'analyse (nombre)

Validation terrain

XP T 90 210

Caractérisation du micro-capteur

- Linéarité
- Limite de détection

Comparaison micro-capteur/norme

- Répétabilité
- Justesse
- Spécificité

Domaine de validation dispositif OTHU

Eaux :

- **Superficielles**
 - Yzeron, Rhône
- **Souterraines**
 - bassin d'infiltration, hyporhéon
- **Résiduaire**
 - réseau, déversoir d'orages

Comment mesurer la qualité écologique d'une petite rivière ?

Michel LAFONT,
CEMAGREF de Lyon, U.R. Biologie des
Ecosystèmes Aquatiques
& al.

Comment mesurer la qualité écologique d'une petite rivière ?

M. LAFONT ⁽¹⁾, A. VIVIER ⁽²⁾, P. BREIL ⁽³⁾, C. JEZEQUEL ⁽⁴⁾,
L. SCHMITT ⁽⁴⁾, J.F. PERRIN ⁽³⁾, Ph. NAMOUR ⁽⁵⁾ & S. BERNOUD ⁽⁶⁾

(1) : UR Biology, Cemagref Lyon;

(2) : DIREN Bourgogne, Dijon

(3) : UR Hydrologie/Hydraulique, Cemagref Lyon

(4) : Université Lyon2, Bron

(5) : UR Qualité des Eaux, Cemagref Lyon

(6) : BURGÉAP Lyon

L'examen des invertébrés interstitiels des sédiments grossiers superficiels et du milieu hyporhéique a permis de caractériser le potentiel écologique "PE" de cours d'eau préservés et anthropisés, à partir de la technique des traits fonctionnels (TRF).

Divers exemples ont été illustrés, depuis des systèmes vierges jusqu'à des systèmes périurbains très altérés par une synergie entre rejets polluants et altérations physiques.

La méthodologie présentée est opérationnelle et transférable à des opérateurs.

Les résultats opérationnels des recherches conduites dans cette voie sont résumés dans la fiche technique OTHU N°3.

Appréciation et suivi du potentiel écologique « PE » : application aux cours d'eau en paysages urbanisés.

Lafont M.(1), Vivier A.(2), Breil P.(3), Jézéquel, C. (4),
Schmitt L.(4), Perrin J.F.(3), Namour Ph.(5) & Bernoud S.(6)

(1) : UR Biology, *Cemagref* Lyon; (2) : DIREN Bourgogne, Dijon

(3) : UR Hydrologie/Hydraulique *Cemagref* Lyon

(4) : Université Lyon2, Bron

(5) : UR Qualité des Eaux, *Cemagref* Lyon

(6) : BURGÉAP Lyon

Problématique (initiale)

- lier les pressions d'usage et les réponses écologiques d'un bassin versant dans des gradients d'urbanisation
- disposer d'outils opérationnels d'aide à la décision et à la gestion de la ressource en eau

Hypothèse retenue

Le fonctionnement d'un hydrosystème est l'expression d'interactions entre

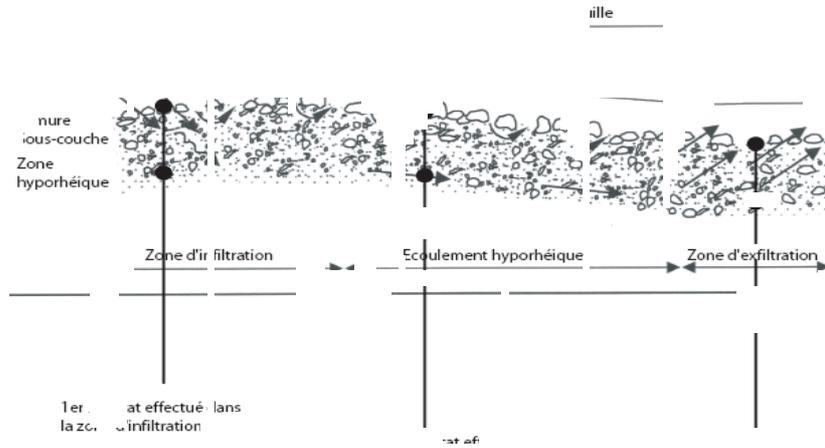
le **paysage aquatique** (modelage hydrogéomorphologique, flux d'eaux et de substances)
la **biodiversité** (*sensu lato*, **fonctionnalités**, richesse taxonomique,... cf. DCE, 2000)
le **contexte socio-économique** du corridor

Problématique (actualisée)

- dresser les bases d'une bioindication des fonctionnalités dans les hydrosystèmes
- disposer d'outils opérationnels d'aide à la décision et à la gestion de la ressource en eau

Ecologie de la Restauration

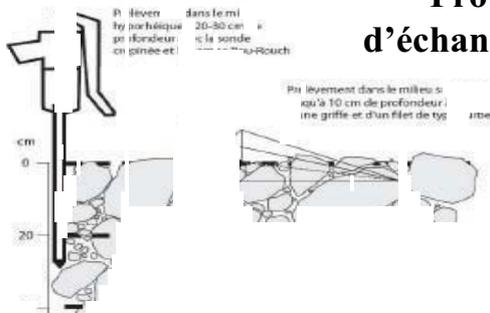
→ ***notre problématique pluridisciplinaire***



Protocole d'échantillonnage



Protocole d'échantillonnage



S E M I N A I R E Z A B R

Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision

Troisième journée technique de l'OTHU

Laboratoire

GRANDLYON **grale** Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

S E M I N A I R E Z A B R

Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision

Troisième journée technique de l'OTHU

Variables biologiques : traits fonctionnels TRFs

Traits regroupant les informations communes
qu'apportent plusieurs espèces et permettant de
caractériser les fonctionnalités d'un milieu

TRF 1	Perméabilité	% d'oligochètes indiquant des échanges hydrologiques actifs entre les eaux de surface et les eaux souterraines
TRF 2	Intolérance	% d'oligochètes intolérants à la pollution de l'eau
TRF 3	Tolérance	% d'oligochètes tolérants à la pollution de l'eau (pollution organique et certains toxiques)
TRF 4	Effet Boues	% d'oligochètes indicateurs de la présence de boues polluées dans les interstices sédimentaires

D'après Lafont et al. 2006

GRANDLYON **grale** Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

Calcul du potentiel écologique PE :

rapport entre les TRF indicateurs de bon fonctionnement et les TRF indicateurs d'altérations dans le milieu superficiel (S) et le milieu hyporhéique (H), soit :

$$PE(S) = [(TRF1 + TRF2)+1] / [(TRF3 + TRF4) + 1]$$

$$PE(H) = [(TRF1 + TRF2)+1] / [(TRF3 + TRF4) + 1]$$

Varie de < 1 (PE de systèmes extrêmement altérés) à 201 (PE de systèmes vierges)

Cours d'eau	PE	TRF3	TRF4
Rivière Roseg H	194,7	0,0	0,0
Rivière Roseg S	181,4	0,0	0,0
Yzeron 2b H	84,0	0,0	2,2
Chaudanne 1 H	15,1	8,5	0,0
Yzeron 1 H	14,3	9,0	2,0
Chaudanne 1 S	8,1	10,3	2,5

PE = potentiel écologique; S : sédiments grossiers superficiels ;
H : milieu hyporhéique

Cours d'eau	PE	TRF3	TRF4
Moselle 4 S	0,3	13,3	60,0
Moselle 4 H	0,2	13,4	79,5
Chaudanne 4 S	0,2	44,4	31,6
Chaudanne 4 H	0,2	30,1	51,1
Chasse-sur-Rhône S	0,2	0,4	44,8
Chasse-sur-Rhône H	0,2	0,2	79,9

PE = potentiel écologique; S : sédiments grossiers superficiels ;
H : milieu hyporhéique

Les plus faibles PE : cours d'eau les plus impactés par une synergie entre perturbations physiques et rejets chimiques.

Chaudanne : les déversoirs d'orage entrent en synergie avec les phénomènes d'infiltration (stockage des polluants dans les habitats poreux S et H)

Chasse-sur-Rhône, Moselle : synergie entre rejets industriels et captages → abaissement du niveau de la nappe par rapport au niveau du cours d'eau → infiltration de polluants dans les habitats poreux (S et H)

PE	Objectifs de conservation ou de réhabilitation du potentiel écologique PE
>100	PE vierge ou très bon PE : n'est pas réaliste dans les écosystèmes urbanisés
>10	Réaliste et durable dans les cours d'eau périurbains (ex. Yzeron)
5-10	Réaliste et durable dans les cours d'eau périurbains (ex. Chaudanne)
3-5	Réaliste et durable dans les cours d'eau urbains (situation transitoire)
<3	Inacceptable dans tous les cours d'eau

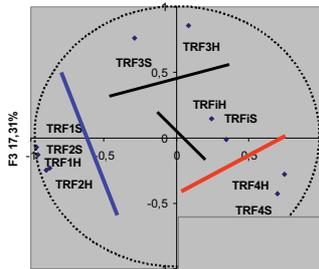
BILAN

méthodologie opérationnelle (signification écologique cernée, protocoles standardisés, outil transférable à des opérateurs...)

PERSPECTIVES

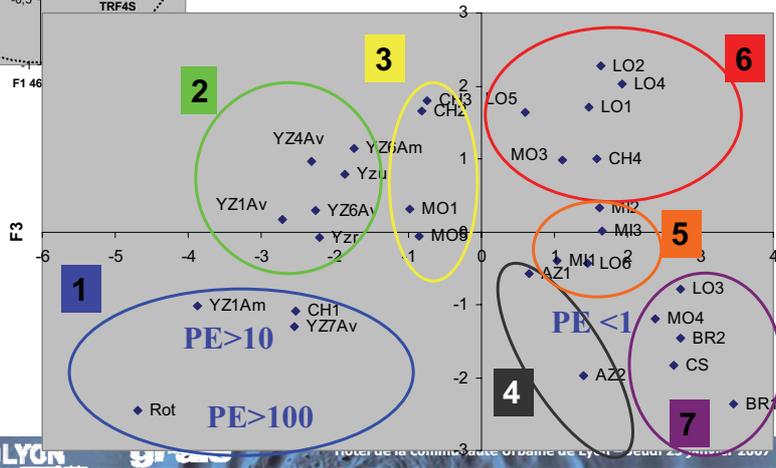
Les développements futurs consisteront :

- 1) à proposer, d'ici 1 à 2 ans, la version opérationnelle d'une typologie plus perfectionnée (7 types, >5 TRF) (Vivier, 2006)
- 2) à étendre cette approche à d'autres taxocénoses, notamment les crustacés et les insectes aquatiques



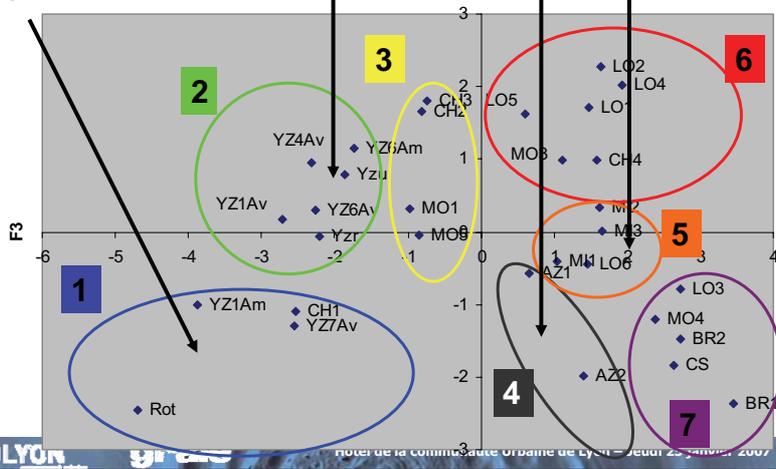
→ 7 groupes (S + H)

→ Gradient d'altérations physiques et chimiques



Perfectionner la typologie mais conserver le protocole

Gradient: préciser le groupe 1 Gradient: préciser le groupe 2 Revoir les groupes 4 & 5



Les outils d'intégration des connaissances : l'exemple de l'Yzeron

Jean-François PERRIN,
CEMAGRÉF de Lyon, U.R. Hydrologie Hydraulique
Jean-Pierre ASTE,
GIPEA

Les outils d'intégration des connaissances : l'exemple de l'Yzeron

Jean-François PERRIN, CEMAGREF de LYON
Jean Pierre ASTE - GIPEA

Un objectif général : mettre en forme des connaissances pour servir une action durable.

Les scientifiques et les gestionnaires poursuivent par des voies différentes le même objectif d'augmenter le niveau de connaissance d'un territoire : les premiers au travers des recherches sur les processus et les seconds à partir des données d'état qu'ils recueillent et gèrent pour les projets d'aménagement. Les uns et les autres ont besoin de compiler et de confronter de nombreux lots de données, d'en connaître l'origine, le niveau de pertinence, la durée de validité...

La Zone Atelier Bassin du Rhône a souhaité mettre en place une gamme d'outils adaptés à la recherche et à l'exploitation de ces informations servant à la représentation des connaissances, ainsi :

- le Géorépertoire est un catalogue de lots de données de toutes natures, avec une signalétique alimentée par une base de métadonnées,
- le Système d'intégration de la connaissance (SIC), en cours de développement sur le site Yzeron, est ciblé sur l'aménagement du territoire selon la capacité du milieu rivière à supporter l'effet de l'activité humaine, ainsi que les moyens de renforcer cette capacité,
- un jeu de modèles et de SIG dédiés à des problématiques spécifiques, par exemple le SIG historique de cartes géographiques du Y lyonnais,

D'autres outils experts réalisés par des bureaux d'étude pour des collectivités locales complètent ce gisement d'informations territorialisées. L'exemple de l'outil Gerico est brièvement présenté.

Un problème récurrent : représentations différentes et difficultés de communication

La gestion de l'eau, dans sa globalité, et particulièrement dans un domaine périurbain est une tâche extrêmement complexe qui requiert les compétences de nombreux spécialistes dont les visions du monde sont forcément très différentes.

Le gestionnaire est celui de ces spécialistes qui doit optimiser le bon usage de ces compétences. A défaut d'espérer qu'un tel spécialiste puisse exister, il faut s'attacher à forger des méthodes et des moyens qui permettent aux principaux acteurs de la gestion de l'eau de percevoir, puis de s'approprier les visions de leurs partenaires. On vise ainsi un triple objectif :

- Communiquer,
- Comparer aisément, en les justifiant, des points de vue différents sur un même problème,
- Rechercher un consensus sur les solutions proposées.

C'est ce qui a été fait dans le contexte lyonnais sur deux projets :

- Le projet GEREHPUR, à vocation scientifique, qui a été évoqué à maintes reprises au cours de cette journée,
- Le projet GERICO, à vocation opérationnelle, de gestion de risques d'inondation sur les ruisseaux de la communauté urbaine, développé pour le compte de la direction de l'eau du Grand Lyon, et dont on verra brièvement à la fin de l'exposé comment il participe ou pourrait participer à la consolidation des connaissances.

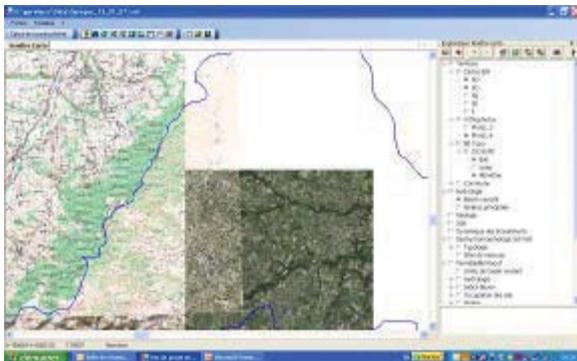
Dans chacun des deux projets, GIPEA a développé, au service des divers spécialistes concernés, un outil qui permet de gérer :

- La connaissance de tous les aspects spatiaux du territoire,
- Celle des contraintes et des servitudes qui s'y applique,
- La compréhension des visions particulières qu'en ont les divers spécialistes.

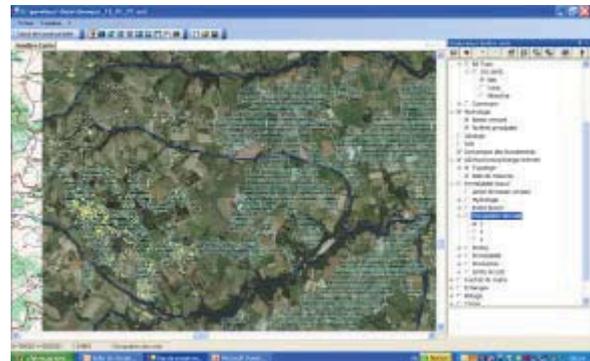
Cet outil s'appuie pour partie sur les fonctionnalités de référencement géographique, mais il comporte aussi une aide à la vision stéréoscopique du paysage qui permet sa lecture et son interprétation par les divers thématiciens intéressés. La préparation stéréoscopique des scènes ouvre, par ailleurs, sur des méthodes vulgarisées de photogrammétrie.

Il s'appuie aussi sur des fonctionnalités d'hyperdocumentation qui permettent d'afficher toutes les sources de documentation nécessaires, y compris la liaison directe vers des sites web présélectionnés.

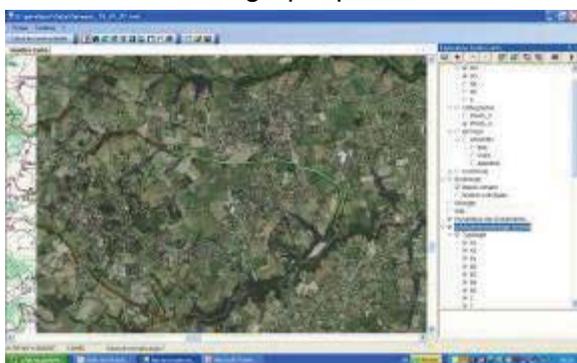
Il permet enfin, grâce à la maîtrise de la programmation et de l'intégration de règles logiques ou algorithmiques spécifiées par les divers spécialistes, de mettre à jour les interprétations, ou de juger de l'influence de l'évolution d'un ou plusieurs facteurs sur les diagnostics ou pronostics qu'il sert à établir.



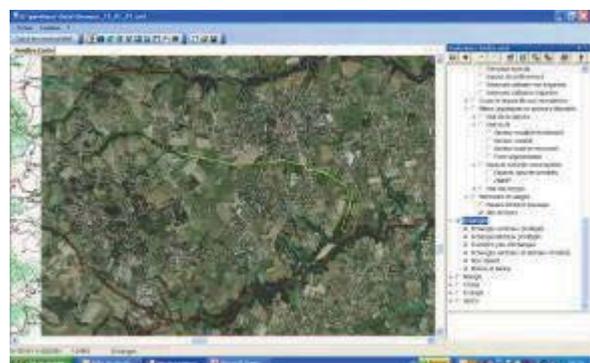
Gestion des divers éléments cartographiques :



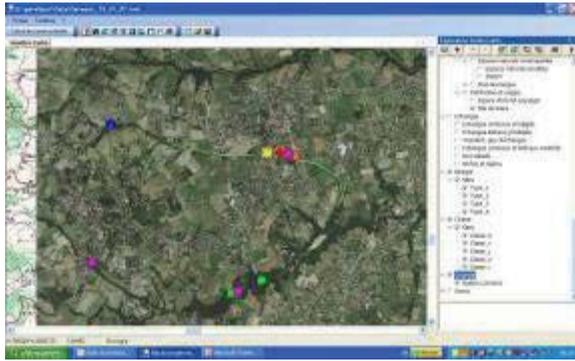
ici, le bâti et un mode d'occupation du sol



Sélection d'un élément de connaissance : en vert le type B2 géomorphologique



Les divers modes d'échanges sont diagnostiqués



Affichage et sélection des sites de mesures et de diagnostic bilan qualité

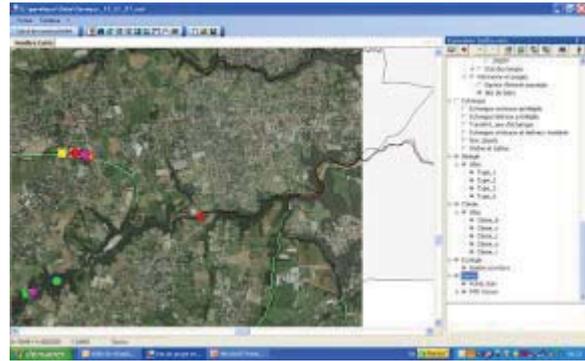
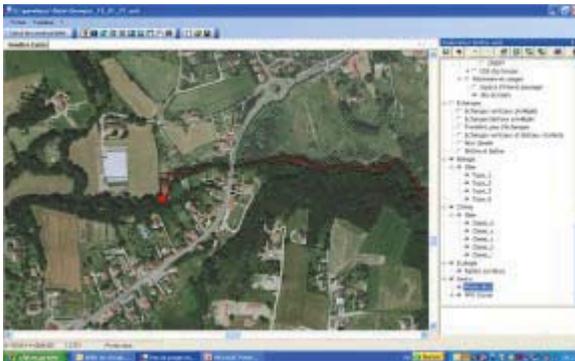
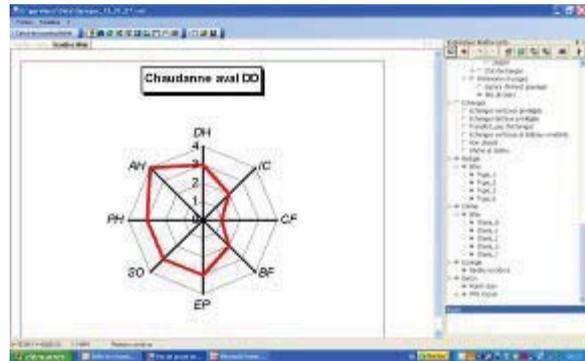


Illustration du lien avec GERICO : affichage du PPR Yzeron et sélection d'un « point dur »



Zoom sur le point dur et son environnement



Bilan « dynamique » des pressions et défenses



Accéder aux informations qui environnent un site par géorépertoire

Le Géorépertoire des données relatives aux différents sites de la ZABR est librement accessible sur le site internet www.graie.org/zabr/. Ce serveur de type « pages jaunes » contient des informations signalétiques sur les données concernant l'hydrosystème (cartographie, hydrologie, données biologiques, géomorphologiques...) mais aussi sur des données de nature sociale et économique liées à l'usage de la ressource en eau. Il doit d'abord permettre de répondre aux requêtes des chercheurs : de quel type de données disposons-nous sur tel site, à quelle échelle et sur quels stations, quelle en est la qualité, quelles sont les conditions d'obtention de données brutes ? La finalisation d'un tel outil constitue le préalable indispensable à la mise en place d'un système d'échange des données, publiques, parapubliques et acquises spécifiquement dans le cadre de la ZABR. Ce travail lancé depuis 2003 se prolonge vers d'autres tâches :

- Evaluer les possibilités d'échange réciproque d'information et de liens avec d'autres catalogues nationaux sur l'eau : en 2007 il est prévu une étude harmonisation entre l'outil géorépertoire et le serveur national Dispositif de Collecte du SIE réalisé par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et ses partenaires,
- Intégrer dans le géorépertoire les résultats de groupes de travail ZABR avec certains partenaires (Agence de l'Eau, CNR, Grand Lyon, autres ZA notamment ORME et Lacs alpins)
- Conduire une réflexion sur un corpus de métadonnées (dont le domaine d'usage) approprié à la description de différents types de *modèles* (hydrologiques, biologiques, cartographiques...).

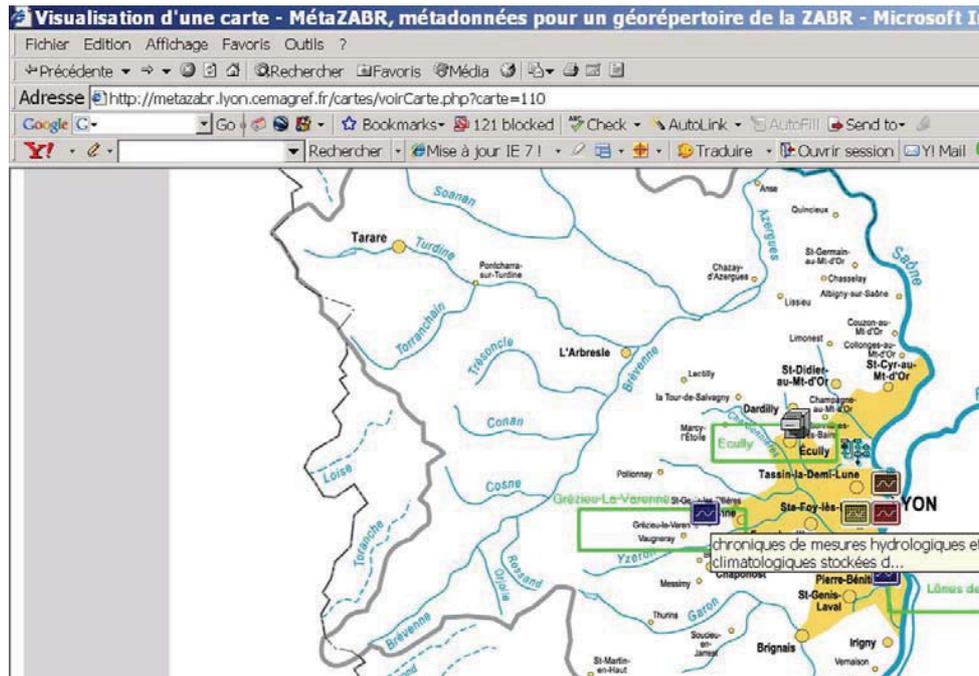


Figure 1 . Affichage par le mode cartographique dans le Géorepertoire ZABR des lots de données scientifiques de l'ouest de Lyon.

Nature et usages des données dans le Système d'Intégration des Connaissances

Parce qu'il n'est pas seulement un site de stockage d'informations scientifiques et de cartes, le SIC a vocation à rassembler tous les points de vue et interprétations utiles à l'objet principal de gestion de la vallée.

Il s'agit du pilote évolutif d'un outil composite et organisé pour :

1. soutenir l'investigation scientifique autour de l'état fonctionnel des cours d'eau,
2. servir de moyen de représentation conventionnel de l'occupation des versants et de l'état écologique du corridor, relativement à la Directive Cadre Eau,
3. visualiser le potentiel écologique sur le linéaire du réseau hydrographique et décrire le contexte sociétal, pour une aide à la décision publique en matière de gestion intégrée,
4. contribuer comme média de communication entre gestionnaires, groupes d'usagers et riverains

L'objet unitaire à décrire le long du cours d'eau est constitué par un **segment hydro-géomorphologique** auquel on sait associer des styles de flux hydriques. Son ordre de grandeur est le km, avec des détails reportables au 1/5000, et chacun fait l'objet d'une fiche descriptive. On en dénombre une cinquantaine sur l'Yzeron (150 km²). La combinaison des types morphologiques et hydrologiques permet de hiérarchiser une potentialité

d'assimilation, sur une échelle de faible à forte, étalonnée sur les résultats obtenus sur les sites expérimentaux. La capacité d'assimilation en termes d'échanges est appréciée par la concomitance des perméabilités verticale et latérale du lit. Cette carte experte résulte donc d'une intégration des cartes Flux-Formes. La qualité des flux est extraite de mesures de terrain et des études du syndicat SAGYRC (points nodaux, sites aval décharges, charges bovines, occupation du sol, localisation des déversoirs d'orage). La méthode considère dans une zone tampon de largeur fixe autour du cours d'eau les critères comme : % d'urbanisation, % de cultures, % de forêts, présence ou absence de sources de pollutions... C'est l'échelle des chantiers de restauration.

A un niveau supérieur d'intégration, on délimite un **secteur de vallée** qui peut regrouper 1 à 4 segments précédents, soit une longueur de 3 à 10 km, homogène quant aux vocations du territoire (vallée et versants) et au contexte humain et urbanistique, cartographiable au 1/10000. On y exprime les facteurs anthropiques sous forme de pressions tangibles sur le corridor, liées à des pratiques sociétales. Il s'agit de sélectionner des méta-descripteurs pouvant rendre compte de symptômes d'altération de l'état du cadre de vie (érosion, déchets, ...) ou d'atteintes à des fonctionnalités (régime hydrologique, transparence, ensablement ou envasement ...) et des services rendus (auto-épuration, poissons, paysage...).

A l'échelle du territoire national des travaux sont développés par le Cemagref pour évaluer les grands contextes de pressions dues à l'agriculture et l'équipement, dont les effets sur certaines portions de bassin versant et de vallées peuvent conditionner la gestion intégrée (représentation > 1/25000, grands types d'occupation des sols, styles de drainage).

L'usage des informations dans une démarche de description fonctionnelle d'un tronçon varie selon qu'il s'agit :

- de couches de données brutes : modèle numérique de terrain, occupation du sol, couverture aérienne, cartes du SAGYRC,...
- de couches expertes qui proviennent de différents traitements comme :

- **l'interprétation des couches disponibles** : segments géomorphologiques, MNT, extraction du réseau hydrographique, réseau pérenne et non pérenne, capacité d'échange par segment, limite des zones tampons, bassins amont des segments géomorphologiques ;
- **des mesures de terrain** comme les métriques d'habitat aquatique (les unités fonctionnelles UF3 benthos -UF4 hyporhéon), pouvant conduire à une spatialisation ;
- **des données d'expert cartographiées** comme les indices de pressions et de défense du corridor (graphes à 8 critères en radar) : le SIC devrait contenir une méthode d'extraction des informations nécessaires à la construction de ces graphiques pression/défense, à partir des couches d'informations brutes et expertes.

Au delà de ces premières fonctionnalités de traitement de l'information spatiale et des éléments de connaissance associés, le SIC (Système d'Information et de Connaissances) permettra :

- 1) **des requêtes spatiales** (exemple : sélectionner toutes les parcelles attenantes aux tronçons de ruisseaux d'un type donné) ;
- 2) **des requêtes thématiques** (exemple : parmi les seules parcelles sélectionnées ci-avant, identifier les modes d'occupation des sols et leur évolution dans le temps) ;
- 3) **des liens hyper-documentés** (exemple : lire le rapport explicitant le mode opératoire et les résultats obtenus sur la station de terrain n°x) ;
- 4) **des accès directs au Web** (exemple : interroger les bases de données disponibles sur le site de l'Agence de l'Eau, via le Géorépertoire).

Cascade d'intégration des données au SIC : Bassin → cours d'eau → segment géomorphologique → secteur d'étude, → unités fonctionnelles UF3 (sédiments grossiers superficiels) + UF4 (milieu hyporhéique) → prélèvements biologiques.

Approche de la gestion par secteur d'étude

La **gestion intégrée** considère un secteur d'étude comme l'assemblage d'un tronçon de rivière et de la portion de corridor associée, sur laquelle s'exerce des pressions (à diminuer) et capacités de défense (à favoriser).

La politique DCE menée par les Agences de l'Eau s'appuie prioritairement sur la biologie, toute mesure de restauration devant faire la preuve hydrobiologique (IBGN et autres indices) de son efficacité. Le critère « habitat » n'impose pas en lui même obligation d'intervention, si l'IBGN indique un bon état écologique. Cependant, parce que le système d'évaluation SEQ Physique est devenu obsolète, toute méthode de diagnose fonctionnelle permettant d'apprécier le bon potentiel écologique serait bienvenue. Le SIC adapté au cas des rivières modifiées par l'anthropisation s'efforce de rassembler ces performances, et il devra s'élargir à d'autres sites similaires.

A terme, on doit pouvoir effectuer des simulations prédictives à partir de ce premier ensemble en jouant sur:

- le % d'imperméabilisation et les solutions alternatives (si ce pourcentage augmente, les dynamiques d'infiltrations vont prédominer, avec stockage des polluants dans le milieu hyporhéeique, etc.),
- les altérations physiques du corridor rivulaire, des berges, du régime hydrologique, toutes réversibles,
- la nature plus ou moins toxique des rejets polluants, et la possibilité spatiale de les détourner,
- la manipulation du réseau trophique à partir du groupe fonctionnel le plus efficient,
- l'intégration dans le « tableau de bord » du graphique de la balance entre indicateurs de pression (à gauche) et de défense (à droite) à l'échelle d'un secteur de vallée ; ces indicateurs sont ceux que l'on a appréciés sur le terrain et ceux que l'on pourra prédire en fonction des simulations effectuées précédemment.

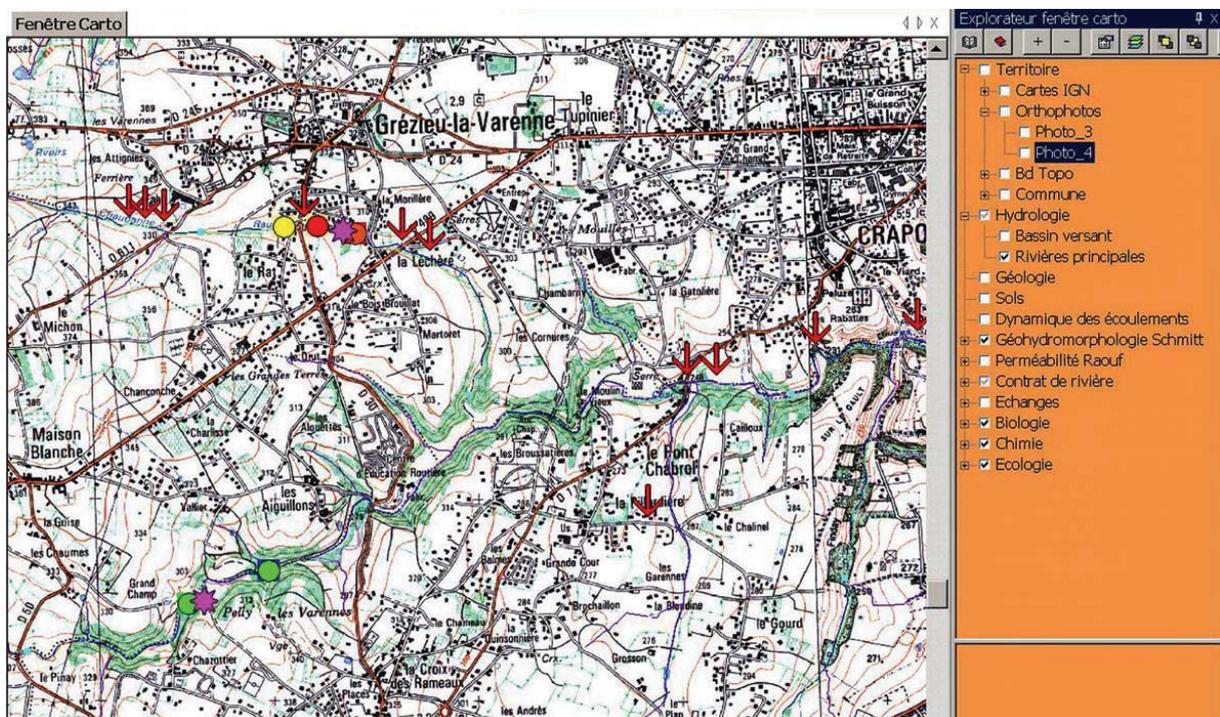


Figure 2. Affichage dans le SIC de données Qualité : déversoirs d'orage (flèches), classes de qualité SEQ pour la chimie (cercles), traits fonctionnels Hydrobiologie (carrés), sur découpage morphologique.

Les outils d'intégration des connaissances : l'exemple de l'Yzeron

Jean-François Perrin, Cemagref Lyon
Jean-Pierre Asté, GIPEA, Caluire

Mettre en forme des connaissances pour servir une action durable

- Un même objectif pour chercheurs et gestionnaires :
 - augmenter le niveau de connaissance d'un territoire, en compilant des données
 - surmonter l'obstacle des représentations différentes et difficultés de communication
 - évaluer de façon pertinente les besoins réels d'aménagement de la vallée, sur des critères de bon fonctionnement écologique

La difficulté de représenter et de communiquer en matière de gestion intégrée de l'eau

- La gestion de l'eau en domaine périurbain requiert les compétences de nombreux spécialistes dont les « visions du monde » sont forcément très différentes
- Le gestionnaire doit optimiser le bon usage de ces compétences grâce à des méthodes permettant de percevoir, de s'appropriier ces visions, pour obtenir un consensus sur les solutions

Une gamme d'outils générés

- Par la ZABR pour faire connaître ses travaux dans l'espace d'information Bassin du Rhône :
 - Catalogue de métadonnées du Géorépertoire
- Par les sites ateliers pour fédérer la recherche pluridisciplinaire et les attentes des gestionnaires
 - Bases de données collectives : ex. BDD OTHU avec majorité de data versées sur la base Vigilance Grand Lyon ; bases propres aux laboratoires travaillant sur le site YZERON
 - Création d'un fonds commun de modèles et de SIG : ex. SIG Historique Y Lyonnais
- Par des projets associant Recherche et Gestion
 - Cas du SIC Yzeron (contrat de rivière) et de GERICO (PPRI)

Le Géorépertoire de la ZABR

Un outil collectif pour rendre compte du développement de nos recherches sur les sites ateliers à forte implication des collectivités

La Drôme, une rivière affectée par le déficit récent en granulats

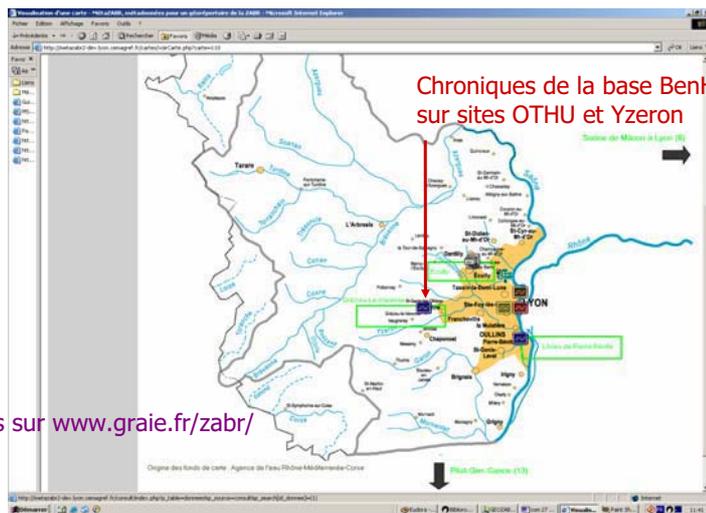


Comment bien identifier et vite localiser un jeu de données qui nous intéresse ?



Site «Y» lyonnais, SIG historique (jeu de cartes anciennes recalées)

Le Géorépertoire : repérage de lots de données

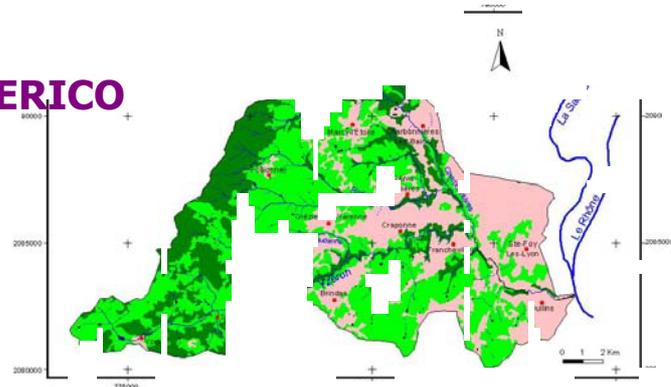


Chroniques de la base BenHur sur sites OTHU et Yzeron

Accès sur www.graie.fr/zabr/

2 exemples d'outils dédiés à la gestion sur le bassin de l'YZERON :

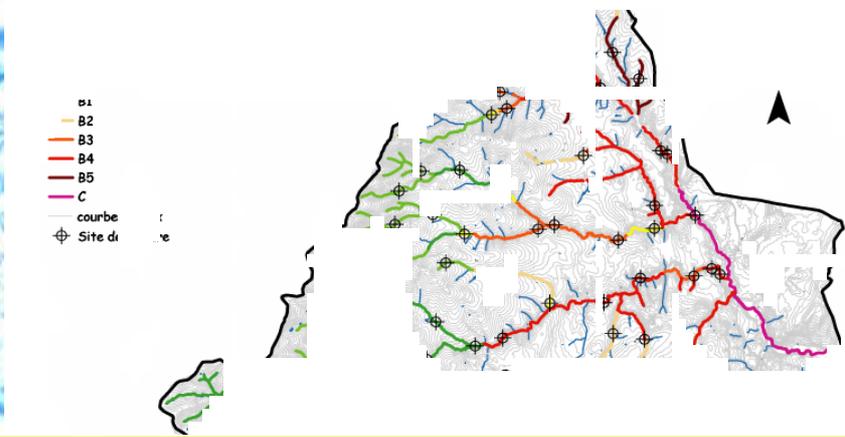
- le SIC
- l'outil GERICO



L'outil SIC

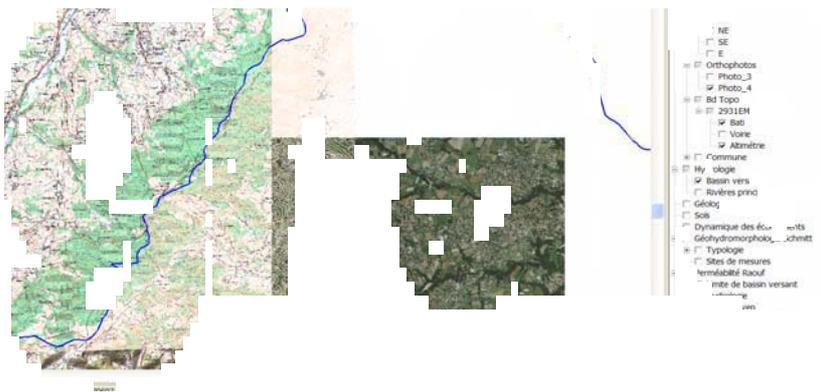
- **Système d'intégration de la connaissance**
 - ◉ pour valider les données disponibles, faciliter la perception mutuelle des apports des diverses disciplines et des besoins des principaux acteurs
- **Issu du projet de recherche GEREHPUR (gestion rivières péri-urbaines) il favorise :**
 - ◉ 1. l'investigation scientifique autour de l'état fonctionnel des cours d'eau,
 - ◉ 2. la visualisation du potentiel écologique support à la décision publique relative à la DCE
 - ◉ 3. la communication vis à vis des usagers

Stockage et gestion des données dans le SIC



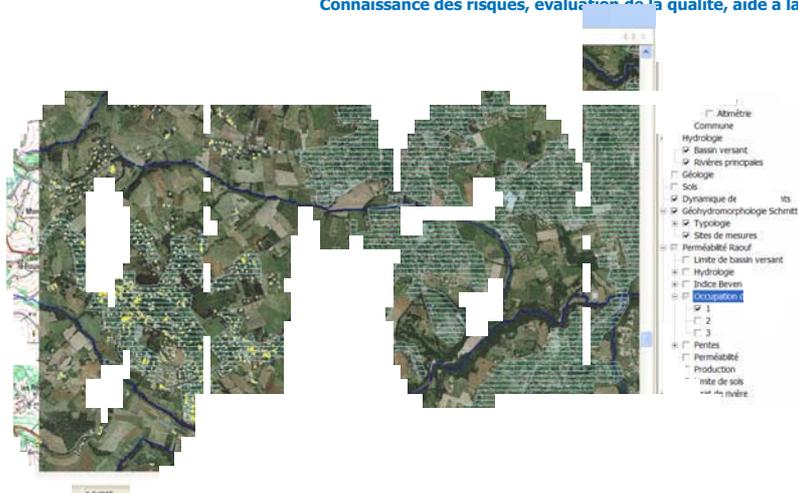
le SIC, développé par GIPEA pour les besoins du projet GEREHPUR replace toute information spatiale de tout format (*shp, ecw, tiff, jpg, dxf, dwg, tab...*) dans l'arborescence du BV.

Les petites rivières périurbaines : Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision



Gestion des divers éléments cartographiques : on peut sélectionner à volonté une orthophoto, les courbes de niveau, le bâti, la voirie, les divers zonages, les points singuliers...

Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision



Ici, on fait apparaître le bâti (en jaune) et un mode d'occupation du sol

Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision



Sélection d'un élément de connaissance sur la vallée :
en vert le type géomorphologique B2

Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision

Données quantitatives			
Superficie drainée (m ²)	2349950 (0.4)	biométrie	36.9 (0.1)
Altitude (m)	289 (0.1)	Tri des sédiments du fond :	1 (0.2)
Largeur du fond de vallée (m)	63.7 (0.9)	Tape de mouilles	36.9 (0.4)
Rapport d'assèchement	1.2 (0.1)	Tape de pi	14.9 (0.1)
Sinuosité	(0)	Tape de fr	48 (0.3)
Pente moyenne (%)	(0.4)	Tape de b	29 (0.9)
Rapport largeur/profondeur		mesures occupées par des bancs	14 (0.7)
Puissance spécifique (W.m ⁻²)		stabilité pondérée	1.50 (1.4)
Moyenne (cf. Coefficient de vonotie)			

On accède alors facilement par lien documentaire à une fiche descriptive

Légende

- NO
- SO
- NE
- SE
- E
- Bassin versant
- Rivières principales
- Echanges verticaux privilégiés
- Echanges latéraux privilégiés
- Transfert, peu d'échanges
- Echanges verticaux et latéraux modérés
- Non classés
- Rhône et Saône
- Type_1
- Type_2
- Type_3
- Type_4
- Type_5
- Classe_0
- Classe_1
- Classe_2
- Classe_3
- Classe_4
- Classe_5
- Classe_6
- Classe_7
- Classe_8
- Classe_9
- Classe_10
- Classe_11
- Classe_12
- Classe_13
- Classe_14
- Classe_15
- Classe_16
- Classe_17
- Classe_18
- Classe_19
- Classe_20
- Classe_21
- Classe_22
- Classe_23
- Classe_24
- Classe_25
- Classe_26
- Classe_27
- Classe_28
- Classe_29
- Classe_30
- Classe_31
- Classe_32
- Classe_33
- Classe_34
- Classe_35
- Classe_36
- Classe_37
- Classe_38
- Classe_39
- Classe_40
- Classe_41
- Classe_42
- Classe_43
- Classe_44
- Classe_45
- Classe_46
- Classe_47
- Classe_48
- Classe_49
- Classe_50
- Classe_51
- Classe_52
- Classe_53
- Classe_54
- Classe_55
- Classe_56
- Classe_57
- Classe_58
- Classe_59
- Classe_60
- Classe_61
- Classe_62
- Classe_63
- Classe_64
- Classe_65
- Classe_66
- Classe_67
- Classe_68
- Classe_69
- Classe_70
- Classe_71
- Classe_72
- Classe_73
- Classe_74
- Classe_75
- Classe_76
- Classe_77
- Classe_78
- Classe_79
- Classe_80
- Classe_81
- Classe_82
- Classe_83
- Classe_84
- Classe_85
- Classe_86
- Classe_87
- Classe_88
- Classe_89
- Classe_90
- Classe_91
- Classe_92
- Classe_93
- Classe_94
- Classe_95
- Classe_96
- Classe_97
- Classe_98
- Classe_99
- Classe_100

Affichage sur fond IGN et sélection des sites de mesures et de diagnostic bilan qualité : types biologiques (carrés) et classes SEQ chimie (ronds) (les graphes en étoile des indicateurs synthétiques)

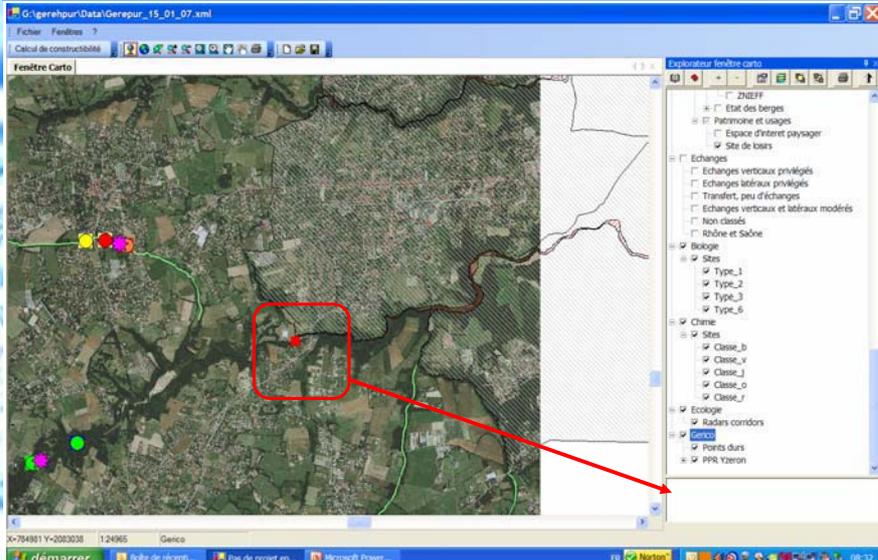


Illustration du lien avec l'outil GERICO : affichage du PPR Yzeron (hachuré) et sélection d'un « point dur »

Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision



Zoom sur le point dur et son environnement

S E M I N A I R E Z A B R

Gerico

Gerico

10:23

Accès Dire

Identification

Référence: TORR

Numéro: 23

Nom du ruisseau concerné
Commune(s):

Caractéristiques du point dur

Localisation: Lt mineur - Rongean

Descriptif: Section en V

Section de l'ouvrage (m²): 1

Commentaire:

Débit capable par la méthode Manning - Strickler (m³/s): 1,5

Commentaire:

Débits

Q 10 en situation d'urbanisation actuelle (m³/s): 2,5

Q 10 en situation d'urbanisation future (m³/s): 2,8

Q 100 en situation d'urbanisation actuelle (m³/s): 6

Q 100 en situation d'urbanisation future (m³/s): 6,5

Vulnérabilité

Vulnérabilité:

Note de vulnérabilité: 5 ou 6

Déroulez en PDF
Débits des ruisseaux
Zones inondables des PPR
Localisation des ouvrages
hydrologiques
Photographies
Fiches d'ouvrage
Calcul des ouvrages
hydrologiques
Sélection des photos

GRANDLYON... graie Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

S E M I N A I R E Z A B R

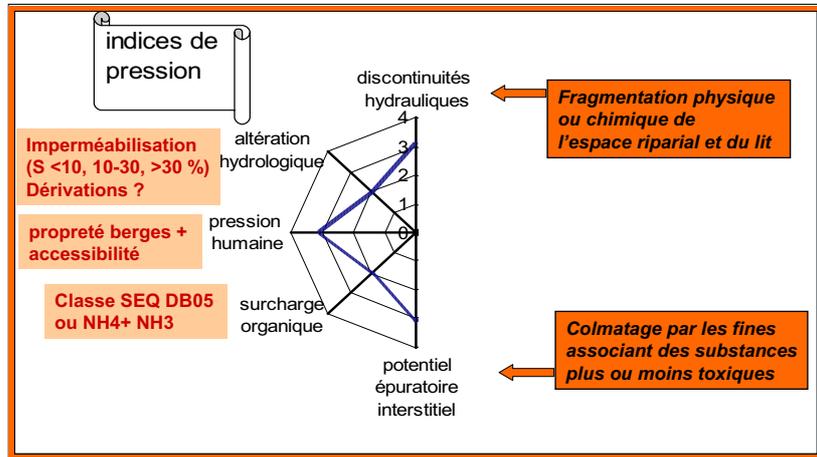
Les petites rivières périurbaines :
Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision

L'approche de la gestion intégrée par secteur

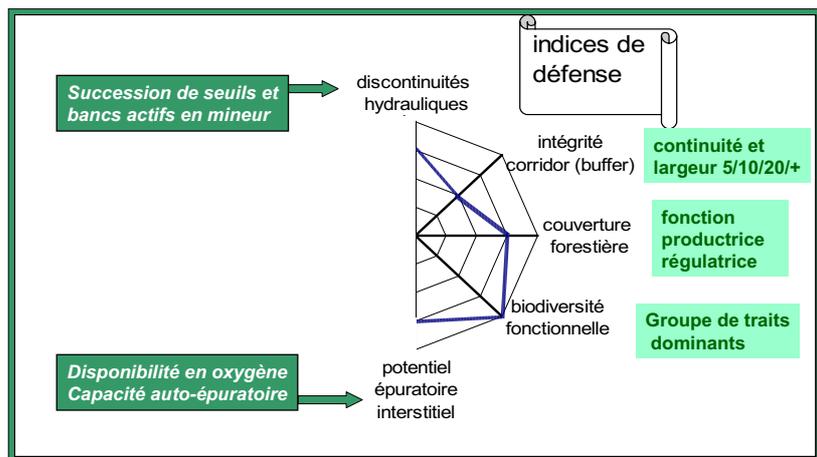
- **Le secteur d'étude est l'assemblage :**
 - ◉ d'un tronçon de rivière et de la portion de corridor associée, avec son contexte sociétal
 - ◉ sur cet espace s'expriment pressions (à diminuer) et capacités de défense (à favoriser)
- **Le SIC, dans son volet d'aide au diagnostic et à la décision, doit afficher à terme sur chaque secteur :**
 - ◉ 1. les indicateurs d'état du milieu (notamment recueillis en phase diagnostic du contrat de rivière et par expertise)
 - ◉ 2. le potentiel écologique (expertise fonctionnelle), les voies possibles de restauration par *descripteurs synthétiques*
 - ◉ 3. la motivation des riverains à accepter ces projets ou à modifier leurs pratiques (*indicateurs à l'étude*)

GRANDLYON... graie Hôtel de la communauté Urbaine de Lyon – Jeudi 25 janvier 2007

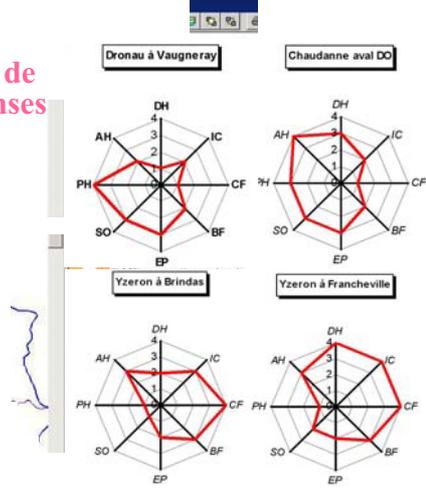
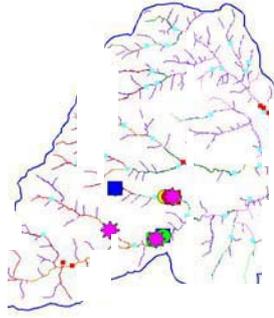
Représentation des pressions



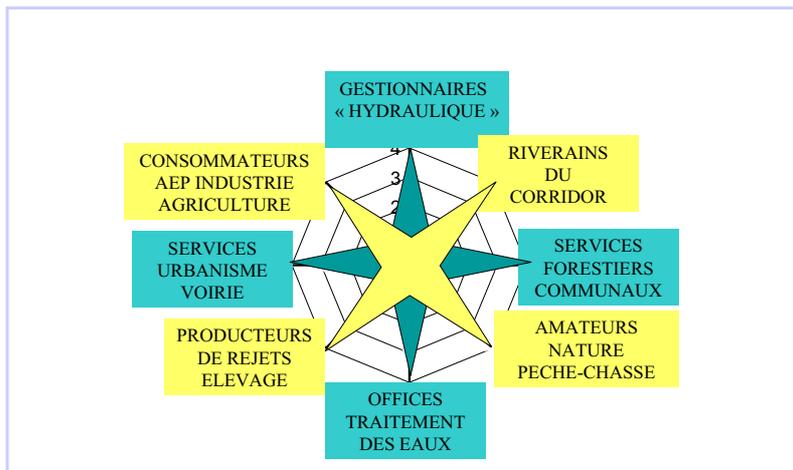
Représentation des défenses



Des situations contrastées de la balance Pressions/Défenses

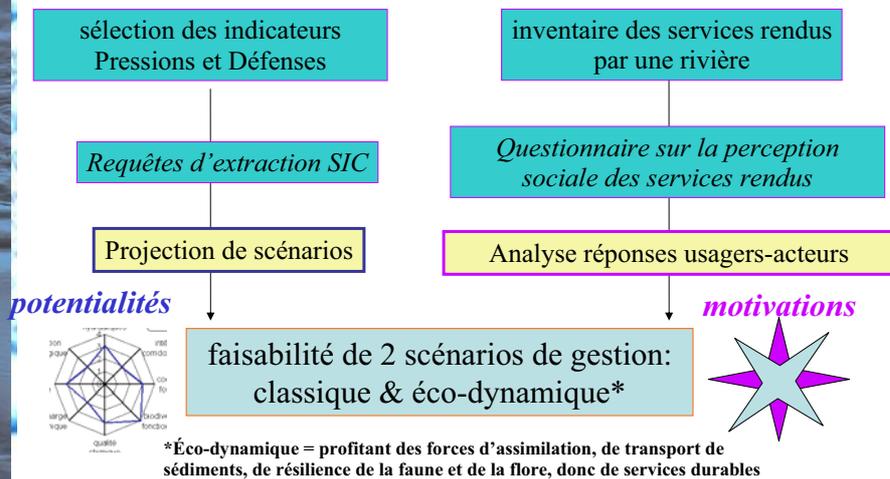


Contexte humain et décisionnel



Diagnose sociale : évaluer les connaissances et motivations environnementales de ces groupes d'acteurs

Acceptabilité d'une gestion écodynamique et aide à la gouvernance



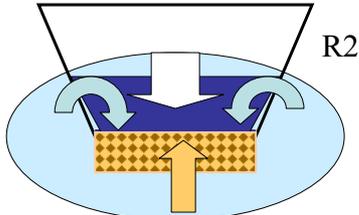
Autres applications en cours de développement

La fonction « fenêtre de visualisation »

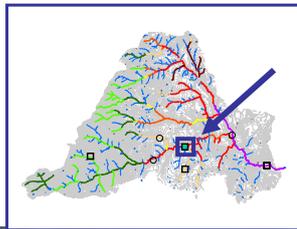
La fonction « tableau noir »

Visualisation du "contexte" dans la fenêtre SIC

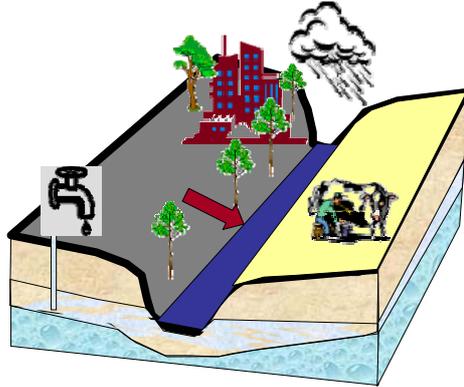
Drainage hivernal avec transfert aval



Fond colmaté

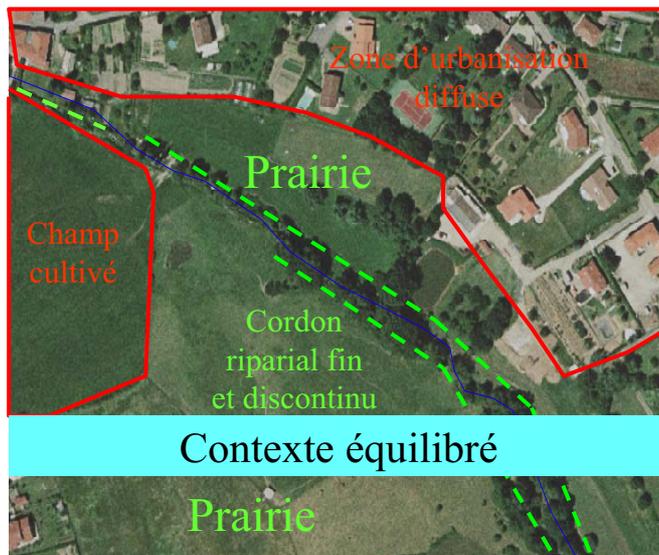


Type géomorphologique B4
Énergie modérée, vallée large encaissée

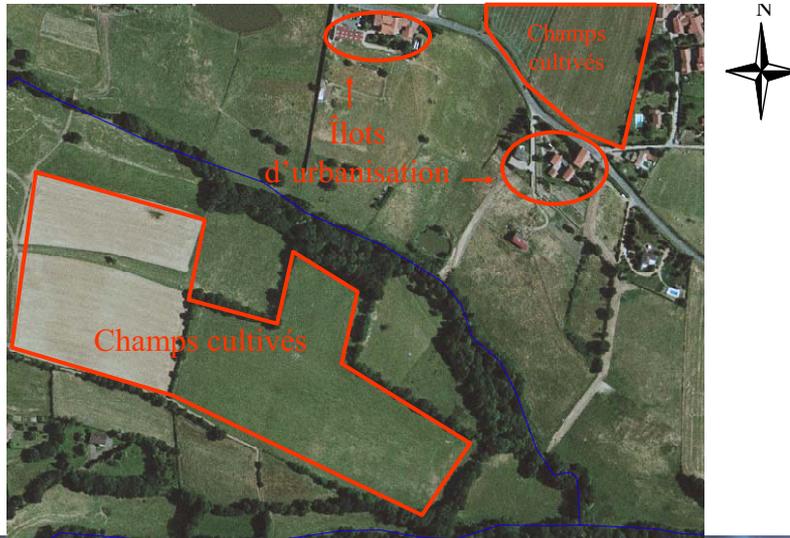


Ruissellement direct
Sol imperméable, nappe déconnectée

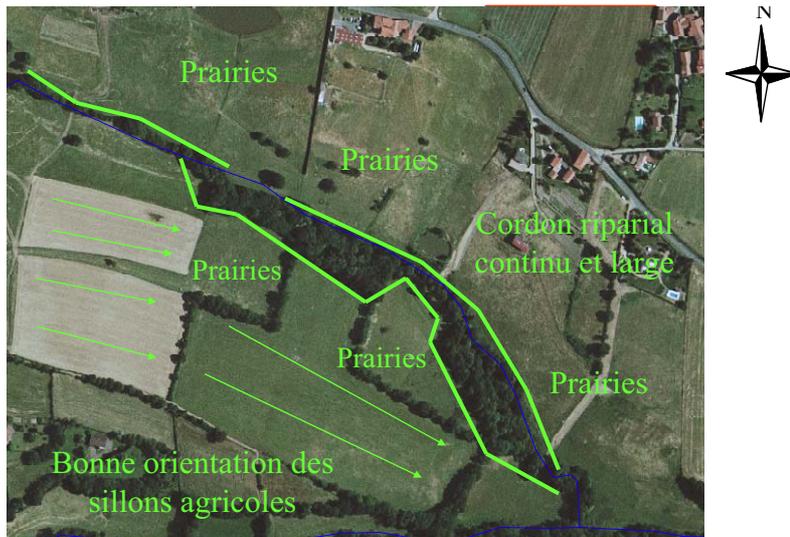
Chaudanne aval : faible pression/faible défense

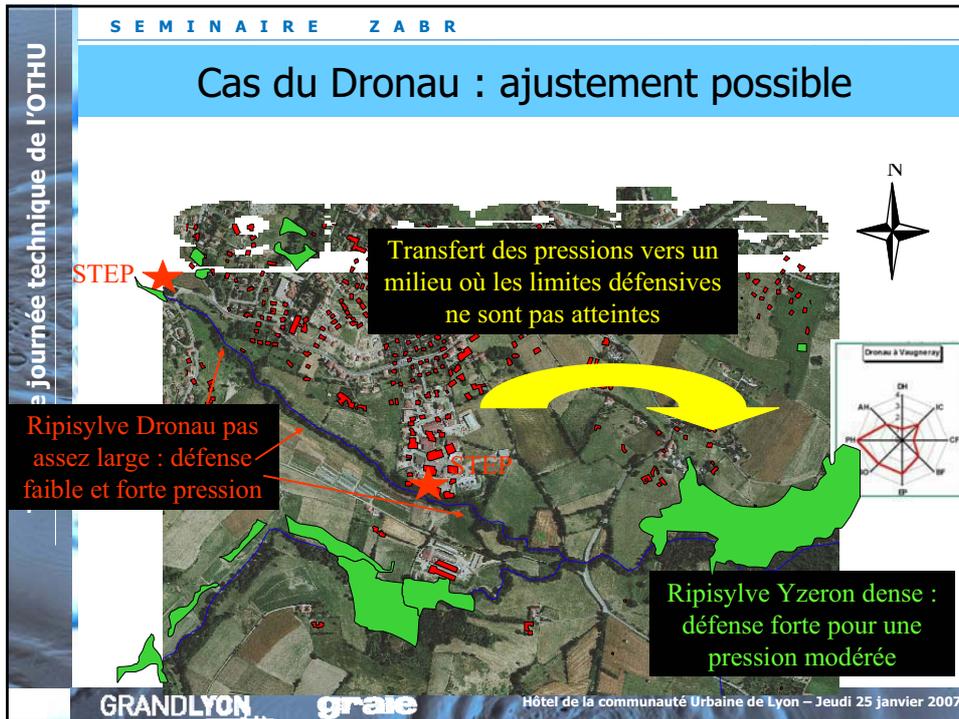


Presles aval : faible pression/forte défense



Presles aval : faible pression/forte défense





Comment agir en connaissance
de conséquence ?
L'intérêt et les possibilités de la
modélisation.

Bernard CHOCAT,
INSA de Lyon, L.G.C.I.E

Comment agir en connaissance de conséquences ? L'intérêt et les possibilités de la modélisation

Bernard CHOCAT - LGCIE, INSA de LYON

1. Introduction : notion de modèle

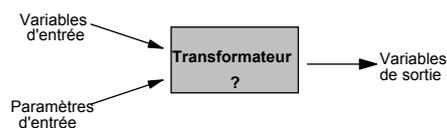
En hydrologie urbaine, on parle de modèle pour désigner une représentation mathématique ou physique du cycle de l'eau construite dans le but de mieux comprendre son fonctionnement et de le faire évoluer. Le sens donné ici au mot "modèle" peut-être élargi par une définition utilisée en théorie des systèmes et qui est la suivante : *"un modèle est un schéma (description mentale (intériorisée) ou figurée (diagrammes, formules mathématiques, etc.) qui, pour un champ de questions, est pris comme représentation d'une classe de phénomènes, plus ou moins habilement dégagés de leur contexte par un observateur pour servir de support à l'investigation et/ou à la communication."* [Roy, 1985].

2. Classification des modèles

Les classifications des modèles sont nombreuses suivant les critères que l'on considère. Nous ne présenterons ici qu'une classification selon le type d'utilisation des modèles proposée par [Walliser, 1977].

a. Les modèles cognitifs : des modèles pour connaître, décrire ou comprendre

Ces modèles ont pour objectif de donner une représentation du fonctionnement ou de l'état d'un système. Ce type de modèle peut être explicatif dans la mesure où il permet de comprendre (influence des variables d'entrée sur la sortie du modèle) ou simplement descriptif.



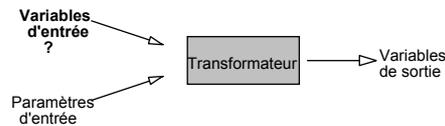
b. Les modèles prévisionnels : des modèles pour prévoir et pour simuler

Ces modèles ont pour objectif de prévoir le fonctionnement ou l'état d'un système. Les modèles de simulation font partie de cette famille. Ils permettent, à partir de la définition d'un contexte donné (paramètres d'entrée), d'une représentation de la relation entrée /sortie (modèle cognitif) et de la connaissance des variables d'entrées, de déterminer les valeurs des variables de sortie.



c. Les modèles décisionnels : des modèles pour décider, pour optimiser

Ces modèles ont pour objectif de déterminer quelles sont les variables d'entrée (variables de conception) à fournir au transformateur pour atteindre un objectif donné (variables de sortie imposées) dans un contexte particulier.



3. Objectifs de la modélisation dans notre cas particulier

Les modèles utilisés dans le cadre de l'OTHU sur le site de l'Yzeron visent deux familles d'objectifs:

- Intégrer et synthétiser les connaissances acquises, il s'agit ici de modèles cognitifs.
- Apporter une aide à la décision publique sur différents aspects:
 - Gestion du risque inondation (cf. exposé P.Breil),
 - Gestion des rejets urbains de temps de pluie,
 - Gestion des impacts morphodynamiques (Cf. exposé L.Schmitt), etc...

Dans ce deuxième cas la finalité des modèles est de type prévisionnel. Nous présenterons spécifiquement ici un modèle prévisionnel construit dans le but d'améliorer la gestion des rejets urbains de temps de pluie.

4. Pratiques actuelles pour définir les besoins de limitation des rejets et analyse critique

La méthode la plus couramment utilisée pour évaluer les risques d'impact associés aux rejets par les déversoirs d'orage est celle décrite dans le guide technique du CERTU (Certu, 2003). Elle consiste à suivre la procédure suivante:

- Evaluer le débit dans la rivière (QMNA5),
- Calculer le débit rejeté par le DO pour la période de retour choisie (de 1 mois à 1 an),
- Estimer les concentrations dans la rivière (à l'amont du rejet) et dans le rejet pour quelques indicateurs (souvent la DBO),
- Calculer la concentration dans la rivière à l'aval du rejet par une formule de dilution,
- Estimer le déclassement dû au rejet, sachant qu'en général un déclassement de 1 classe de qualité constitue la règle.

L'intérêt et la validité de cette méthode dans le cas de rivière de type Yzeron est très discutable, essentiellement du fait que les rejets ont souvent lieu en été dans un ruisseau quasiment asséché. La notion de dilution n'a plus alors aucun sens. Il est donc nécessaire de développer une autre approche, reposant sur la démarche suivante:

- Construire un modèle hydrologique homogène du système complet (rural + urbain),
- Utiliser ce modèle pour une simulation continue du bassin versant à pas de temps court,
- Rechercher des indicateurs de rejets pertinents.

En pratique, nous avons construit un modèle destiné à tester les hypothèses émises par M.Lafont sur les mécanismes de dégradation du milieu suite à des rejets urbains, et que l'on peut résumer de la façon suivante :

- Rejet de grandes quantités de sédiments fins contaminés par le DO,
- Dépôt des sédiments dans la première zone calme rencontrée après le DO,
- Colmatage zone hyporéique:
 - Limitation des échanges entre eau de surface et eau souterraine,
 - Et / ou contamination de la biofaune,
- Dégradation locale de la qualité écologique de la rivière.

Ces hypothèses conduisent à la conclusion que la qualité de la rivière se dégrade localement dans la première zone plate à l'aval du DO et s'améliore d'une part entre le DO et le point de rejet et d'autre part à l'aval de la zone de dépôt (augmentation des ressources en eau et en nutriments). Ce sont ces conclusions que nous allons tester en utilisant la démarche suivante:

- Construction d'une chronique de pluies spatialement distribuée sur le bassin versant (10 années).

- Simulation des 10 années de pluies avec des hypothèses simples sur la production des débits de base dans la rivière
- Calcul d'indicateurs de rejets (nombre de rejets par saison, volumes rejetés, débit maximum, ...) et d'indicateurs d'impact direct (dilution, % augmentation débit, ...), intégrant la récupération du milieu.
- Établissements de cartographies théoriques de la qualité de la rivière et comparaison avec les cartographies réalisées par le SEAGYRC

Dans l'état actuel de développement et de calage du modèle (utilisant les données de qualité de rivière proposées par le SEAGYRC en 1999), les résultats semblent satisfaisants.

5. Conclusions

Le modèle est encore au stade de la construction et de la validation. Les travaux ont montré que le modèle devait encore être amélioré sur plusieurs points :

- Améliorer les modèles de production des bassins amont,
- Améliorer la représentation de la pluie,
- Améliorer la représentation du réseau hydrographique naturel,
- Intégrer tous les réseaux hors Communauté urbaine de Lyon, ...

Il est également nécessaire de mieux valider les indicateurs d'impact. Une fois validé ce modèle deviendra un outil prévisionnel permettant de prévoir les effets d'une action sur le réseau (suppression DO par exemple) et donc d'agir en connaissance de conséquences.

6. Bibliographie

Roy, 1985 : Méthodologie multicritère d'aide à la décision ; Ed. Economica ; Paris ; 1985.

Walliser, 1977 : Systèmes et modèles ; Ed. du Seuil ; Paris ; 1977.

Chocat B. (coordonnateur), association Eurydice92 (1997). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Editions Tec et Doc/Lavoisier ; Paris ; ISBN 2-7430-0126-7 ; 1124p. ; 1997.

CERTU (2003). La ville et son assainissement : principes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle l'eau. Ouvrage collectif rédigé à la demande du MEDD. En CDROM, Ed. Cert (Lyon).

Comment agir en connaissance de conséquences?

L'intérêt et les possibilités de la modélisation

Chocat B. – INSA Lyon

Principes de base de la modélisation

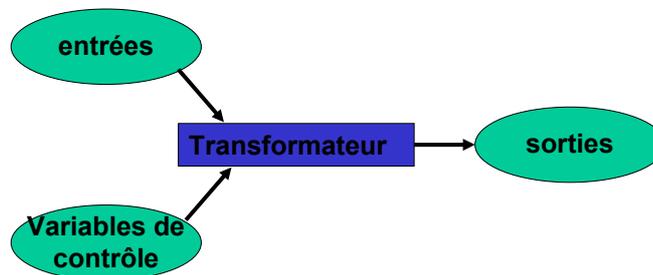
Modèle = représentation de la réalité
construite dans un but

Principes de base des principes de base

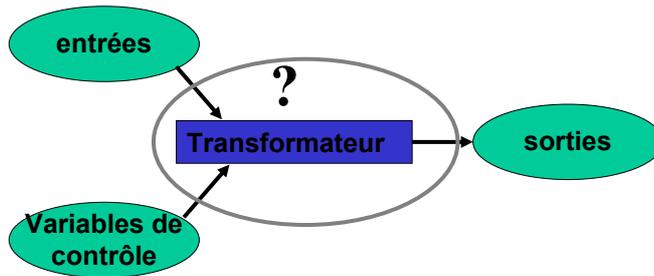
*« Tout ce qui est simple est faux,
Tout ce qui est complexe est inutilisable »*

Paul Valéry

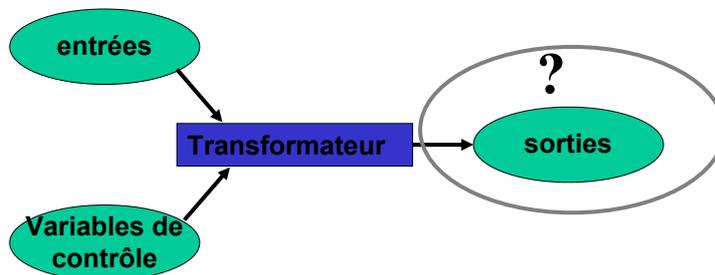
Classification selon les usages



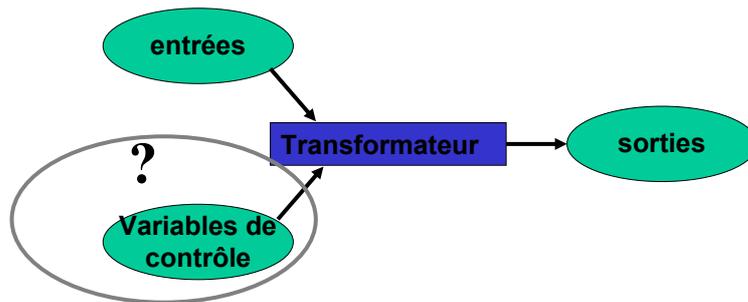
Modèle cognitif



Modèle prévisionnel

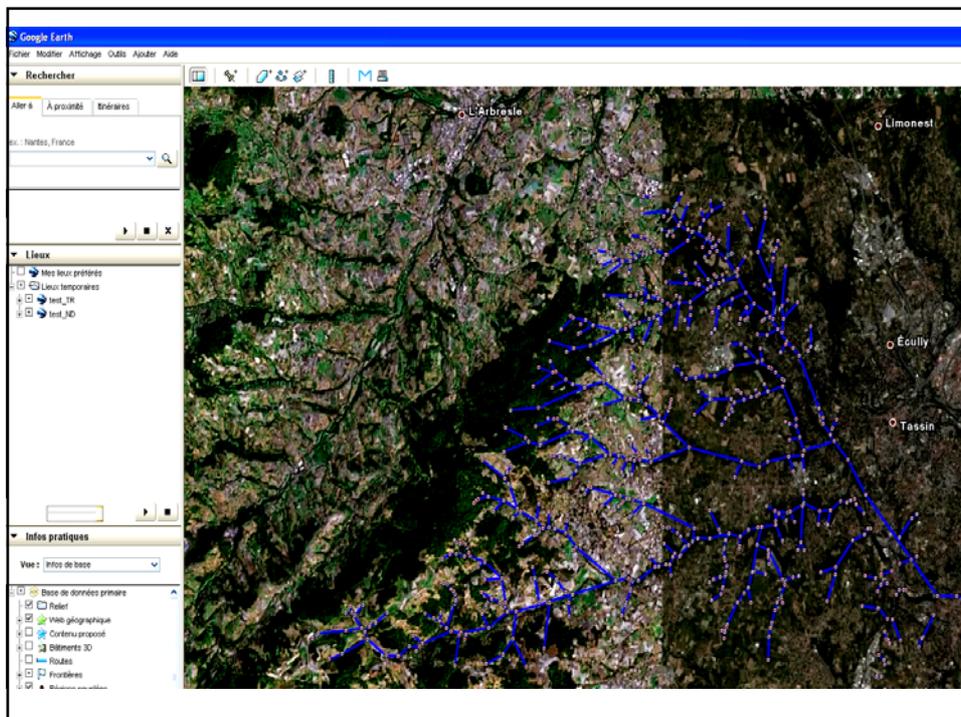
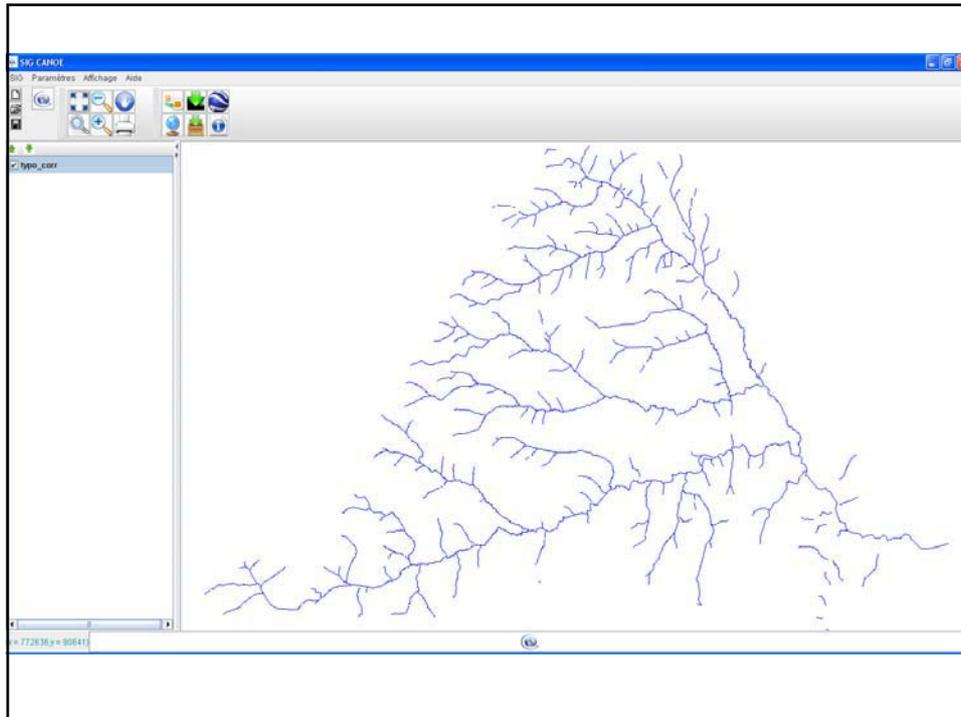


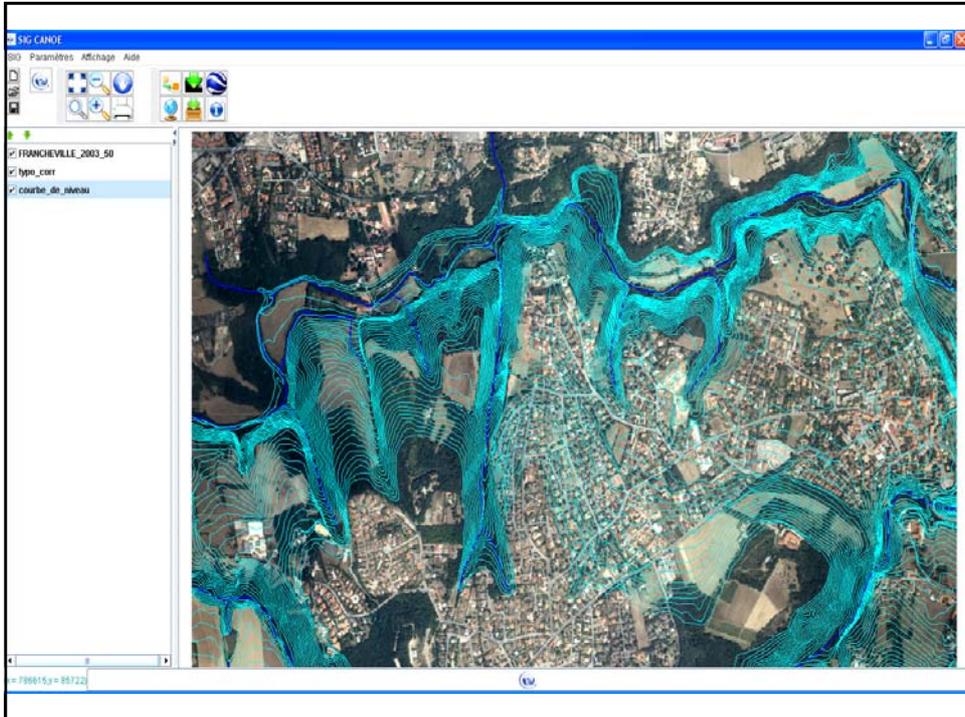
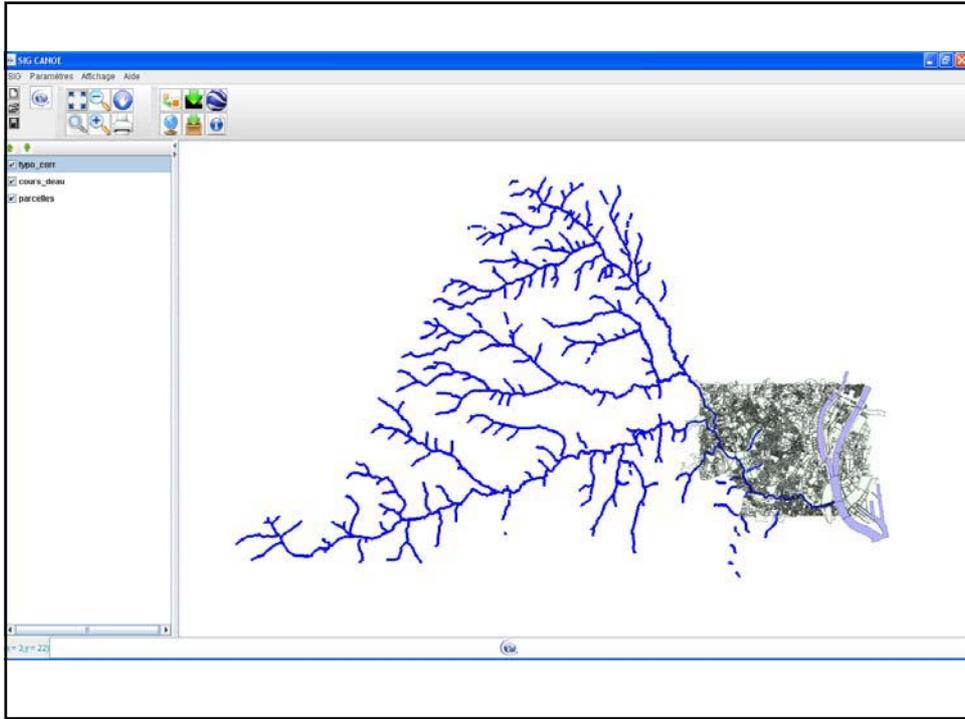
Modèle décisionnel



Objectifs de la modélisation

- **Intégrer et synthétiser les connaissances acquises sur l'Yzeron**





Objectifs de la modélisation

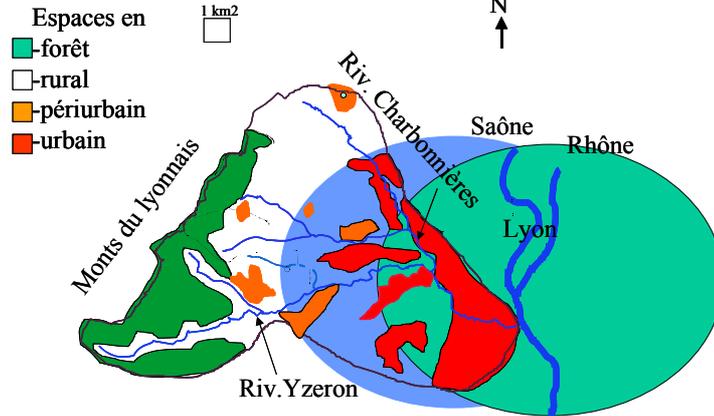
- **Intégrer et synthétiser les connaissances acquises sur l'Yzeron**
- **Apporter une aide à la décision publique sur différents aspects:**
 - Gestion du risque inondation (cf exposé P.Breil)
 - Gestion des rejets urbains de temps de pluie
 - Gestion des impacts morphodynamiques (Cf exposé L.Schmitt)
 - ...

Pratiques actuelles (cf GT CERTU)

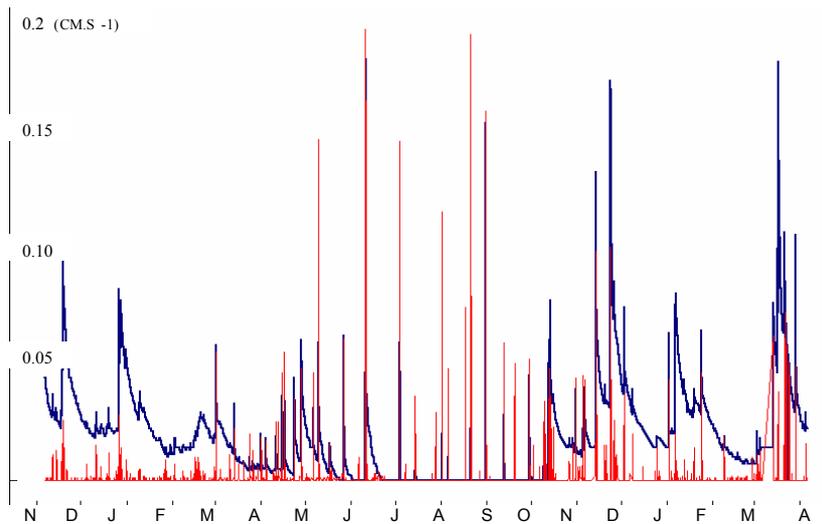
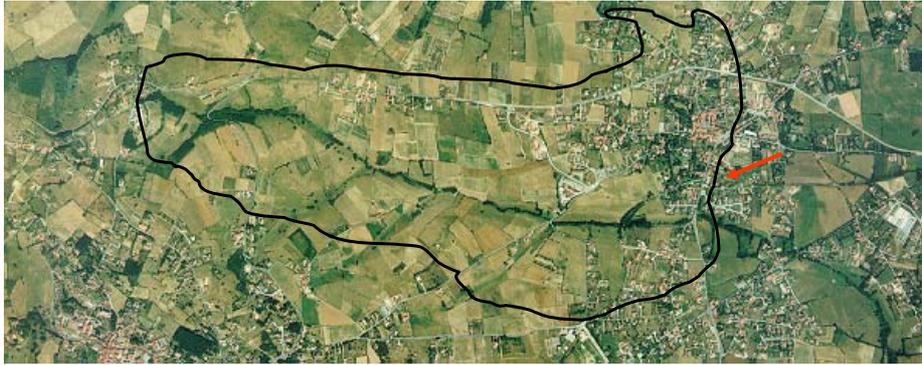
- **Evaluation du débit dans la rivière (QMNA5)**
- **Calcul du débit rejeté par le DO pour la période de retour choisie (de 1 mois à 1 an)**
- **Estimation des concentrations dans la rivière (à l'amont du rejet) et dans le rejet pour quelques indicateurs (souvent DBO)**
- **Calcul de la concentration dans la rivière à l'aval du rejet par une formule de dilution**
- **Estimation du déclassement dû au rejet, en général 1 classe de qualité acceptée.**

Intérêt et validité dans le cas d'une rivière périurbaine de type l'Yzeron?

Spécificité du site d'étude



Cas particulier de Greyzieu la Varennes



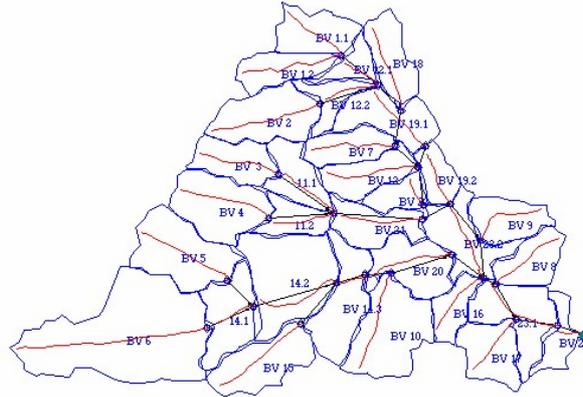
Nécessité d'une autre approche:

- **Construire un modèle hydrologique homogène du système complet (rural + urbain)**
- **Utiliser ce modèle pour une simulation continue du bassin versant à pas de temps court**
- **Rechercher des indicateurs de rejets pertinents**

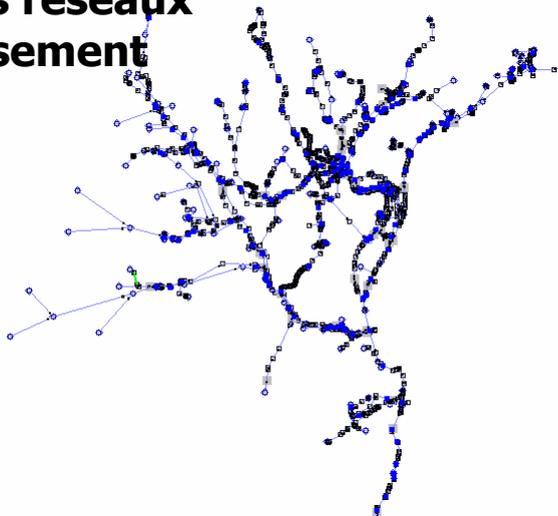
Principes utilisés: Cf travaux M.Lafont

- **Rejet de grandes quantités de sédiments fins contaminés par le DO**
- **Dépôt des sédiments dans la première zone calme rencontrée après le DO**
- **Colmatage zone hyporréique**
 - Limitation échanges entre eau de surface et eau souterraine
 - Et / ou contamination de la biofaune
- **Dégradation locale qualité écologique**
- **A l'amont et à l'aval de la zone de dépôt, amélioration de la qualité (augmentation des ressources en eau et en nutriments)**

Découpage en sous bassins versants du bassin versant « naturel »



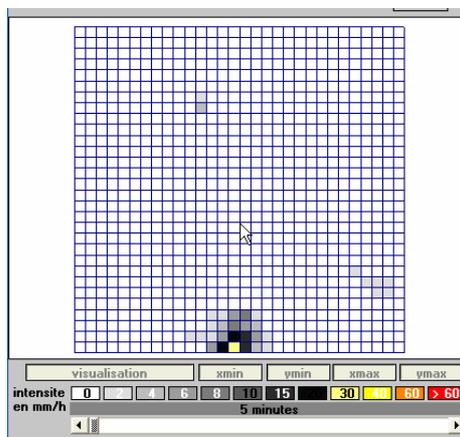
Rajout des réseaux d'assainissement



- **Construction d'une chronique de pluies spatialement distribuée sur le bassin versant (10 années).**

- **Construction d'une chronique de pluies spatialement distribuée sur le bassin versant (10 années).**

Exemple de pluie spatialement distribuée



- **Construction d'une chronique de pluies spatialement distribuée sur le bassin versant (10 années).**
- **Simulation des 10 années de pluies avec des hypothèses simples sur la production des débits de base dans la rivière**

- **Construction d'une chronique de pluies spatialement distribuée sur le bassin versant (10 années).**
- **Simulation des 10 années de pluies avec des hypothèses simples sur la production des débits de base dans la rivière**

Exemple de simulation

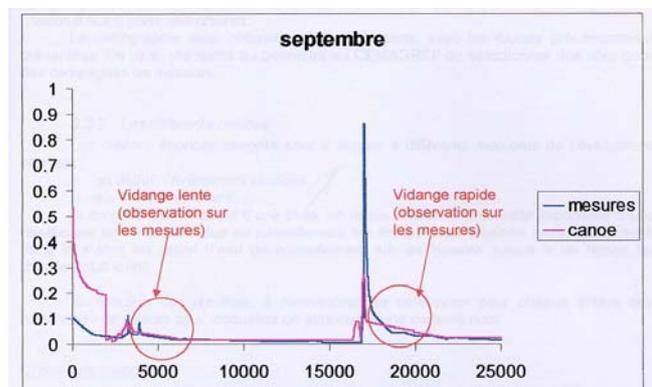
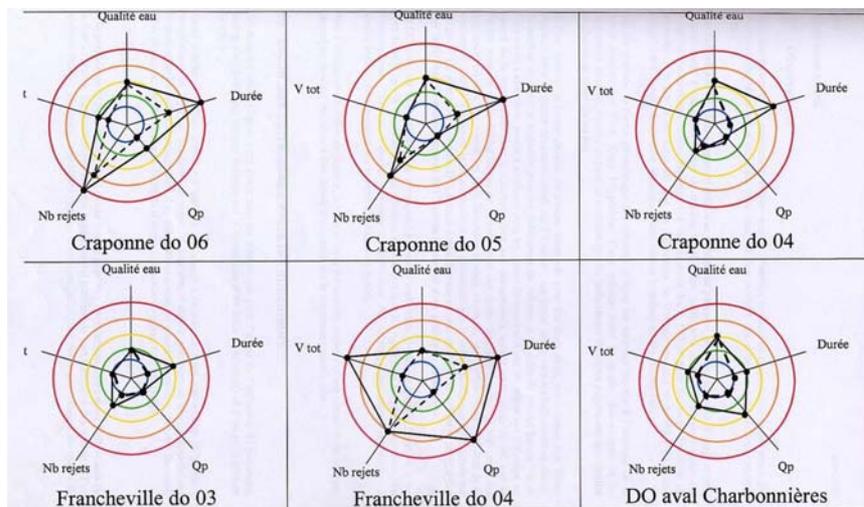


Figure 50 : Simulation du mois de septembre 2000

- **Construction d'une chronique de pluies spatialement distribuée sur le bassin versant (10 années).**
- **Simulation des 10 années de pluies avec des hypothèses simples sur la production des débits de base dans la rivière**
- **Calcul d'indicateurs de rejets (nombre de rejets par saison, volumes rejetés, débit maximum, ...) et d'indicateurs d'impact direct (dillution, % augmentation débit, ...), intégrant la récupération du milieu.**

Analyse de la pertinence des critères



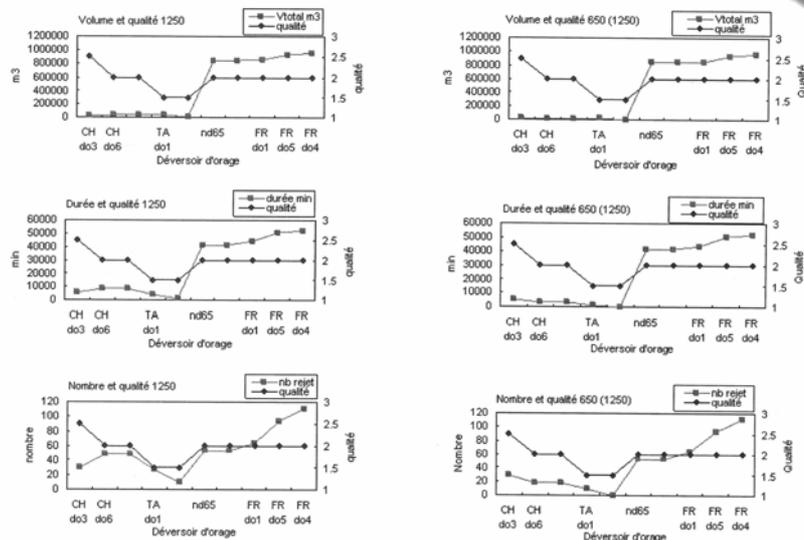


Figure 14.2 L'étude de distance de récupération du milieu (1250 m, 650 (1250) m)

Master recherche SEIU – juillet 2005

Conclusions

- **Outil encore au stade de la validation**
 - Besoin d'affiner certains modèles (production des bassins amont, pluie, représentation du réseau hydrographique naturel, intégration des réseaux hors Communauté urbaine, ...)
 - Besoins d'affiner et de mieux valider les indicateurs d'impact
- **Une fois validé : outil prévisionnel permettant de prévoir les effets d'une action sur le réseau (suppression DO par exemple)**

Partenaires de la journée



GRUPE DE RECHERCHE RHONE-ALPES
SUR LES INFRASTRUCTURES ET L'EAU
BP 2132 - 69603 Villeurbanne cedex - France
Tél. : 04 72 43 83 68 • Fax : 04 72 43 92 77
E.mail : asso@graie.org - www.graie.org