

Schéma méthodologique pour la gestion des petits cours d'eau périurbains

Laurent Schmitt, Loïc Grosprêtre (Univ. de Lyon - UMR 5600 CNRS)

Pascal Breil, Michel Lafont, Isabelle Braud (CEMAGREF Lyon)

*Avec la collaboration de Philippe Namour, Benoît Cournoyer, Céline Jézequel,
Hugo Delile, Adrien Barra, Grégoire Privolt, Anne Vivier*

Problèmes de gestion des RUTP (*petits hydrosystèmes périurbains*)



Photo : Thierry Fournier

- Pollution des milieux aquatiques
- Modification des écoulements (crues, étiages...)

Contexte général

- La concentration démographique dans les villes se poursuit et se poursuivra au cours des prochaines décennies (Europe, Monde)
 - Étalement des **couronnes périurbaines**
 - Imperméabilisation partielle des BV => **modification du cycle de l'eau**
- DCE impose d'atteindre (préserver) le **bon état écologique d'ici 2015**
(*bon potentiel écologique* pour les masses d'eau fortement modifiées)
- Directive cadre inondations (2007) vise à concilier gestion des inondations - changement climatique - bon état écologique
L'OTHU travaille sur les inondations par ruissellement (péri)urbain
(évolution de la Fiche tech. OTHU n° 13)
- Besoins d'**outils de gestion** adaptés aux hydrosystèmes périurbains

État des connaissances il y a 10 ans

- Hydrologie : peu de suivis DO/rivière en continu et à long terme, peu d'intégration entre hydrologie urbaine et hydrologie rurale
- Ecologie : vision fragmentaire de la qualité des milieux récepteurs / pas de vision intégrée
- Géomorphologie : quasi-absence de connaissances des impacts (en France)
- Peu d'approches prospectives (changement global...)



Objectifs scientifiques et opérationnels

Préserver/restaurer les fonctions écologiques des « petites » rivières impactées par les RUTP

- **Intrants : limiter leurs impacts**
 - Quantifier les flux : volume, durée, fréquence (impacts sur les régimes), chimie...
 - Aboutir à des **préconisations techniques de gestion** des RUTP

- **Milieu récepteur : comprendre (modéliser) pour préserver/restaurer**
 - Flux : caractériser les gradients hydrauliques R/N, chimie, temps de contact, effets toxiques...
 - Formes : quelles dynamiques hydro-géomorphologiques ? Quels liens avec les fonctions écologiques (échanges N/R, processus bactériens...) ?
 - Biocénoses : proposer/tester des indicateurs de (dys)fonctionnement du milieu interstitiel, existe-t-il des effets pathogènes liés aux bactéries ?
 - Comprendre les dynamiques épuratoires (résilience/résistance), caractériser le « bon potentiel écologique » au sens DCE



Equipes concernées

- **Cemagref Lyon**
 - UR Hydrologie et hydraulique,
 - UR Qualité des eaux et pollutions diffuses
 - UR Biologie des écosystèmes aquatiques

- **Université de Lyon - CNRS**
 - UMR 5600 CNRS - Environnement Ville Société - Université Lyon 2
 - UMR 5180 CNRS - Laboratoire des Sciences Analytiques - Université Lyon 1
 - UMR 5557 CNRS - Ecologie Microbienne - Université Lyon 1

- **LGCIE - INSA de Lyon**
- **LSE - ENTPE**



OTHU Programmes de recherche élargissant les travaux de l'OTHU

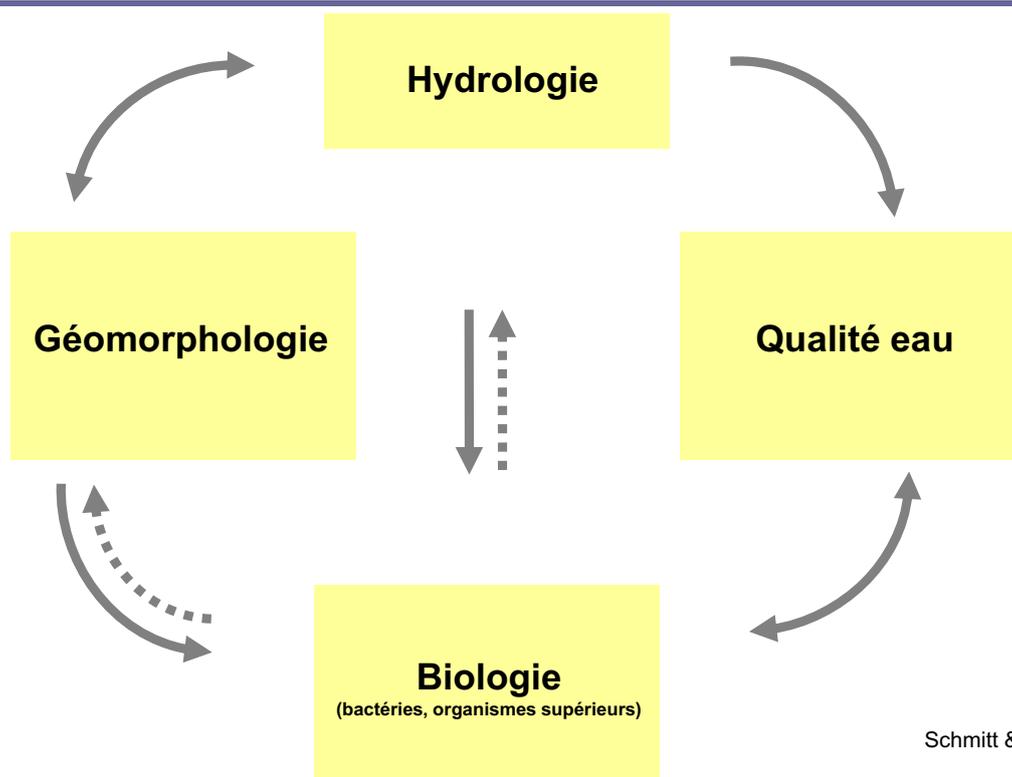
Programmes qui renforcent les travaux de l'OTHU et valorisent les bases de données OTHU

→ bonne complémentarité

- ANR (AVUPUR et INVASION)
- CNRS (prog. ECCO, Ingénierie écologique, ARTEMIS...)
- SAGYRC
- Communauté Urbaine de Lyon
- Région Rhône-Alpes
- ZABR – Agence de l'Eau RMC
- ...



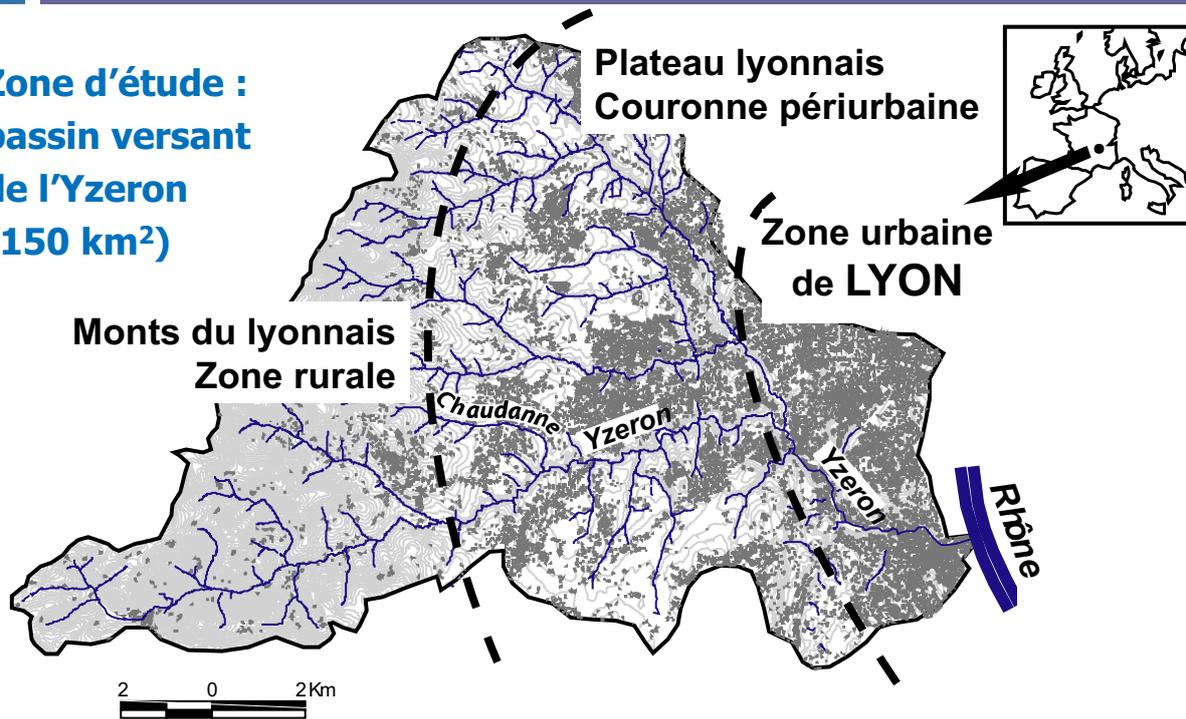
OTHU Modèle conceptuel





Méthodes et réseau d'observation sur l'Yzeron

Zone d'étude :
bassin versant
de l'Yzeron
(150 km²)



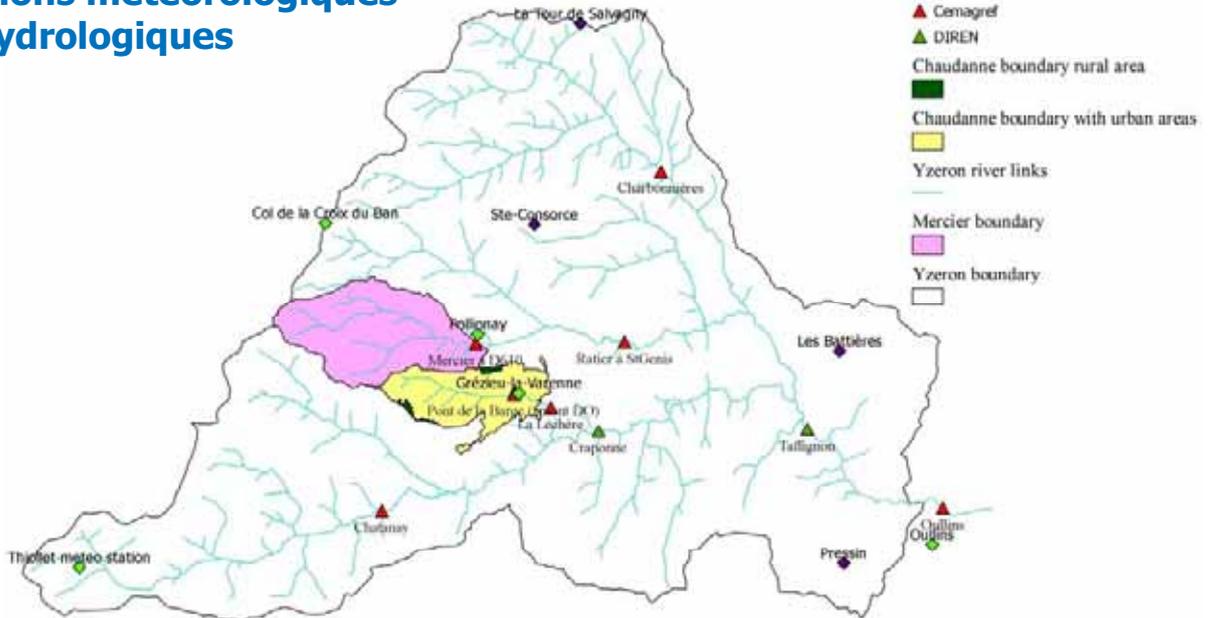
Méthodes et réseau d'observation sur l'Yzeron

- **Suivi en continu : rôle d'Observatoire**
 - Hydrologie
 - Physico-chimie
 - Biologie et microbiologie
 - Géomorphologie
 - **Investigations ponctuelles (compléments nécessaires dans certains cas...)**
 - Traçage des sédiments (galets, sables...)
 - Epaisseur des sols, capacité d'infiltration, suivi des hauteurs d'eau dans les réseaux éphémères pour étudier la réponse hydrologique...
 - Histoire hydro-sédimentaire du BV
- ➔ Complémentarité entre échelles locale et large (généralisation)



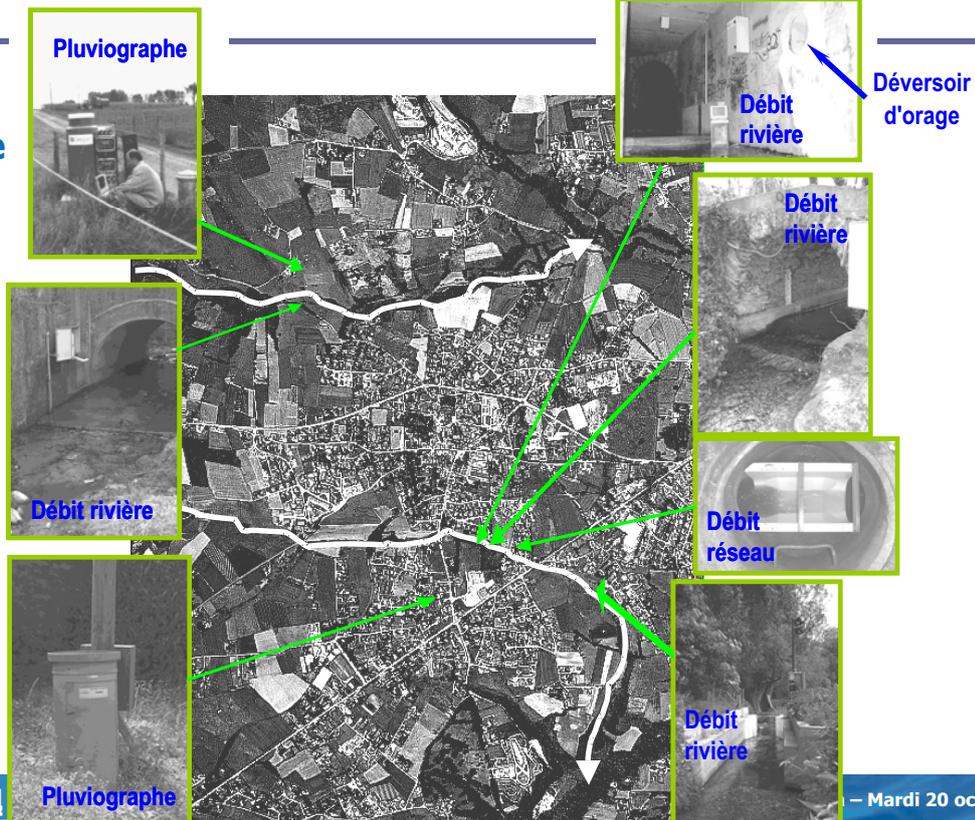
Méthodes et réseau d'observation sur l'Yzeron

Stations météorologiques et hydrologiques



Méthodes et réseau d'observation sur l'Yzeron

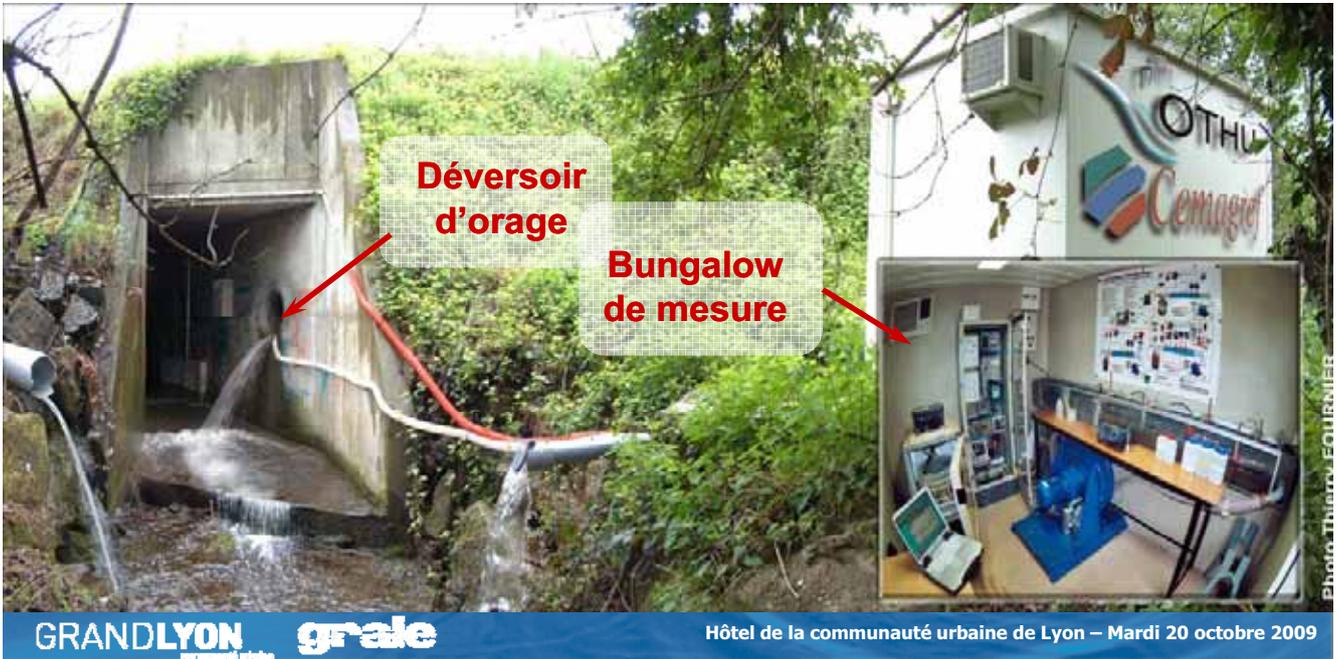
Suivi de la Chaudanne et du Mercier





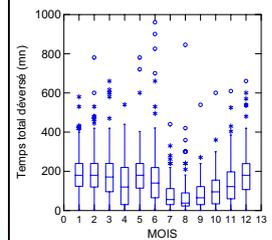
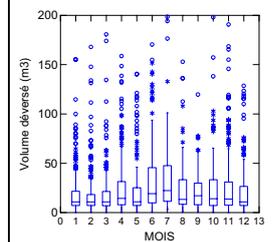
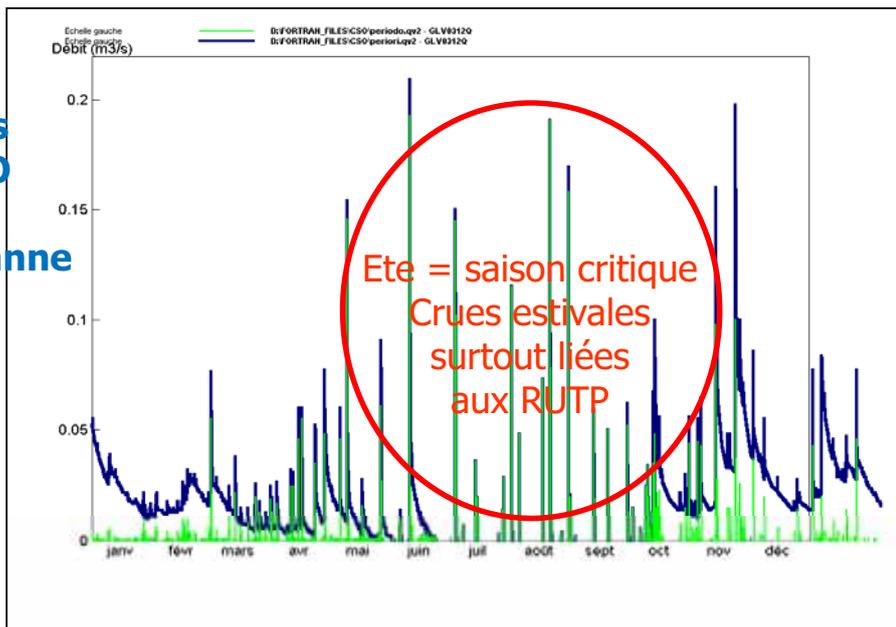
Méthodes et réseau d'observation sur l'Yzeron

Suivi physico-chimique de la Chaudanne



Résultats marquants : Hydrologie

Apports d'un DO dans la Chaudanne (2000)

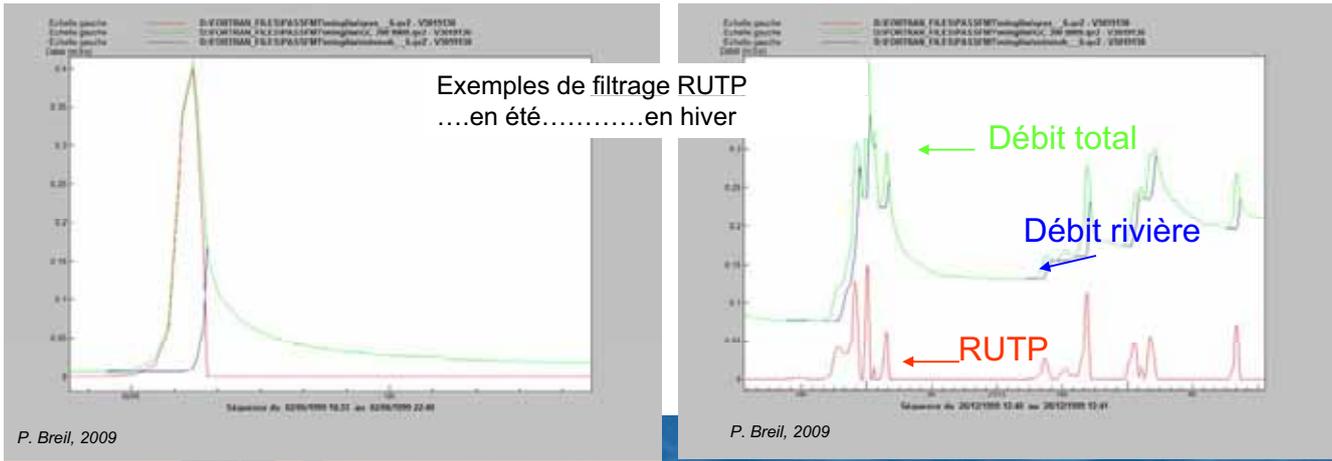


10 ans d'observation

Résultats marquants : Hydrologie

Pour dimensionner un bassin d'orage il faut estimer les RUTP à laminer

- Si pas de chronique de débit, modélisation du bassin versant urbain
 - modèle pluie-débit
 - modèle débit-durée-fréquence petits bassins rapides (*Galéa, Ramez – 1995, Breil 1997, 2002, 2009; Fiche tech. OTHU n° 13*)
- Si chronique de débit à proximité, technique de filtrage sur chronique de débit en cours d'eau (*Fiche tech. OTHU en devenir*) – *Validat° via mesures directes sur bv de Grézieu.*
- Méthode des volumes maxima avec débit de fuite

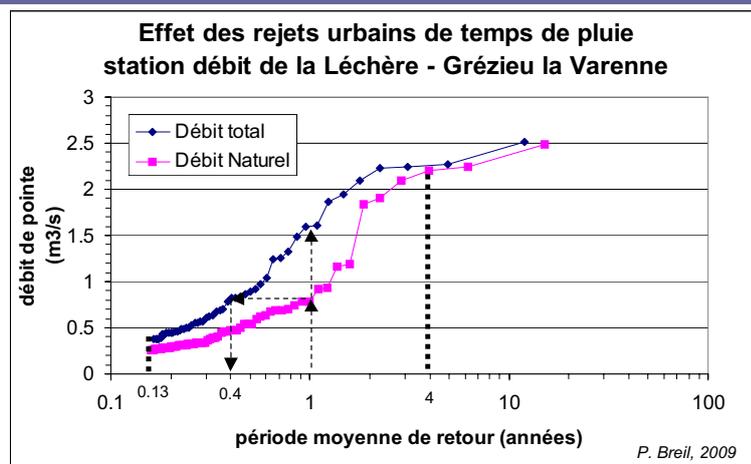


Résultats marquants : Hydrologie

Station de La Léchère
Bv = 4,1 km²
40% urbain, 60% rural



[Fiche tech. OTHU n° 13](#)



Réponse opérationnelle :

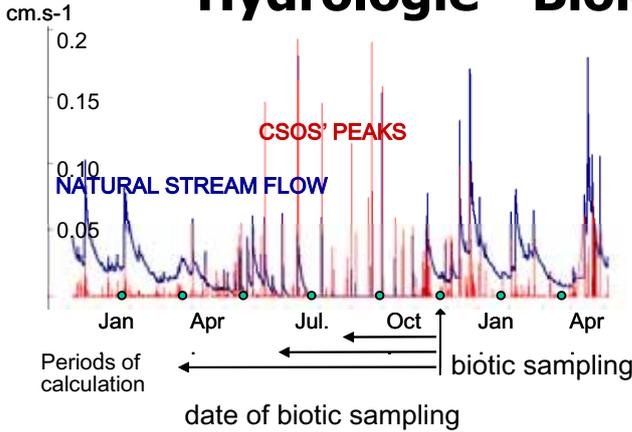
L'influence des déversoirs est ici sensible depuis la crue bi-mensuelle jusqu'à la crue 4 ans

Au delà le bassin rural répond aussi rapidement. Solution : Bassin d'orage pour réseau unitaire (expérimentation à venir ANR SECTUP-Grand Lyon).



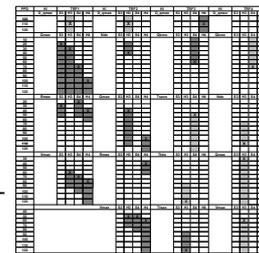
Résultats marquants : Hydrologie - Biologie

(Evolution Fiche tech. N°3)



Generated Hydrological Indices
8 CSOs
4 dry weather
1 natural flow

Rank correlation analysis



Time of response of the biota → HFTs

HFT1 = 57 days HFT2 = 65 days
HFT3 = 92 days HFT4 = 81 days

Mean recovery or "resilience" time

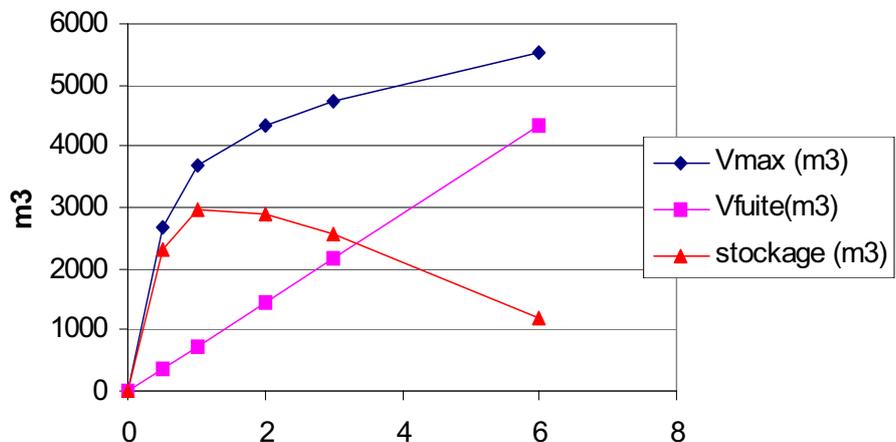
1% bed grad. Benthic = 25 d / Hyporheic = 73 d
0.5 % bed grad. Benthic = 56 d / Hyporheic = 88 d



Résultats marquants : Hydrologie

Volume de stockage pour la crue 4 ans

- Période de retour d'effet sur les débits naturels
- Volume de RUTP max sur les durées observées
- Débit de fuite « écologique »
- Volume à stocker



Le débit de fuite pris à 100-200 l/s comme seuil de mise en mouvement des sédiments grossiers (Barra, 2009).
Cela permet de concilier la réduction des impacts : aléa d'inondation, incision-ensablement, colmatage, qualité d'eau, biologie



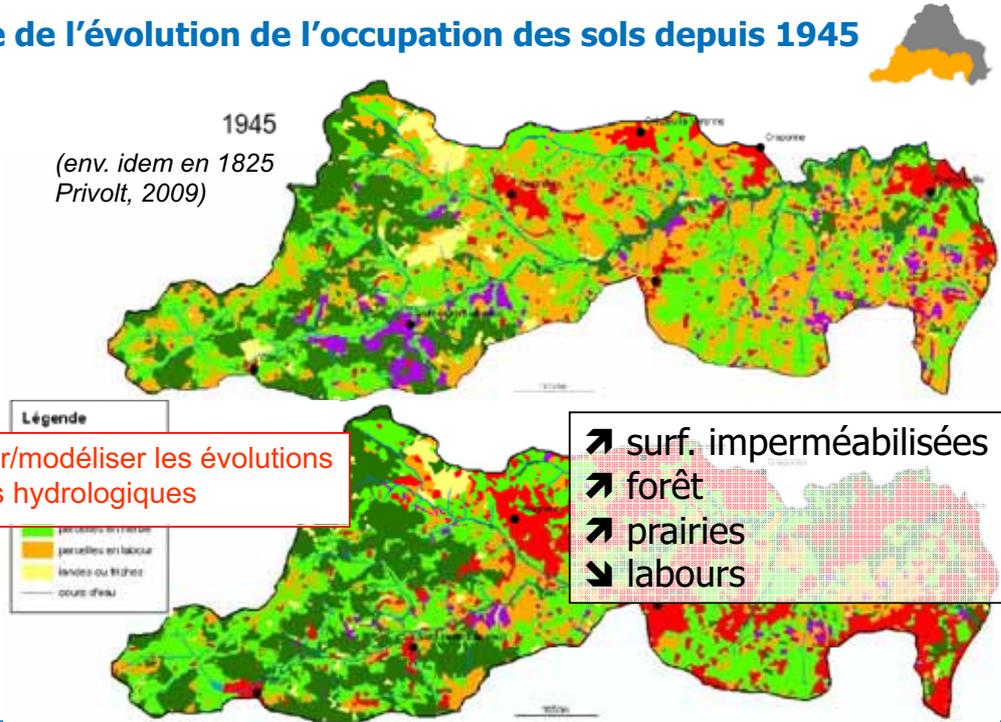
Résultats marquants : Hydrologie

Cartographie de l'évolution de l'occupation des sols depuis 1945

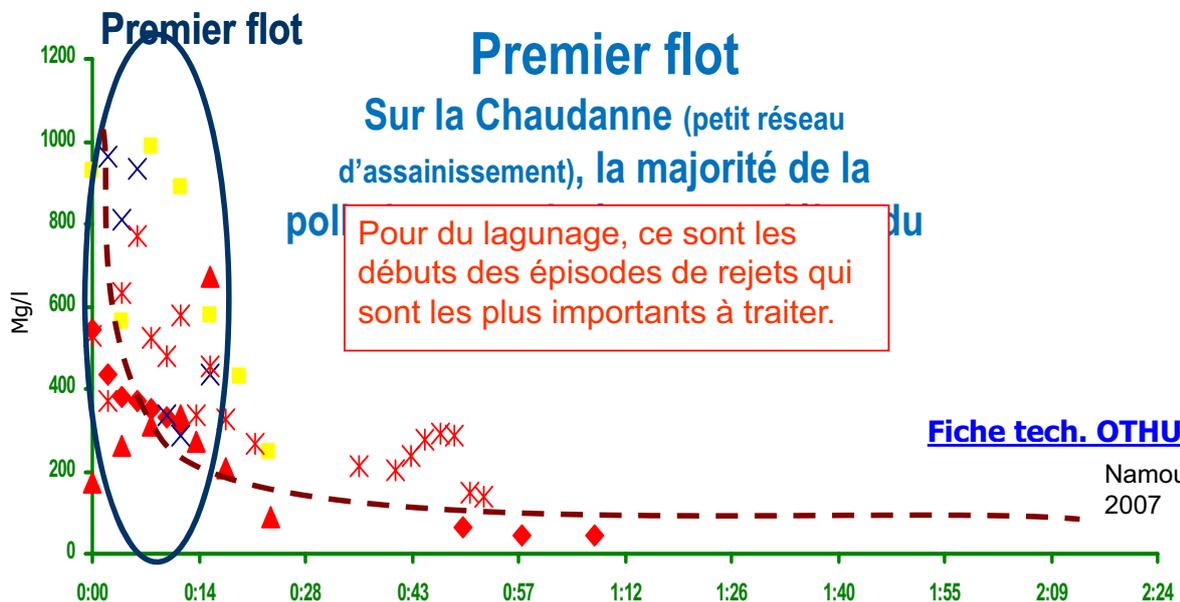
Associé à des modélisations hydrologiques, doit permettre de caractériser la sensibilité du régime hydrologique aux changements d'occupation du sol

→ Utile pour prévoir/modéliser les évolutions futures des régimes hydrologiques

Progr. ANR AVUPUR Jacqueminet, Kermadi, Michel (2009)



Résultats marquants : Physico-chimie

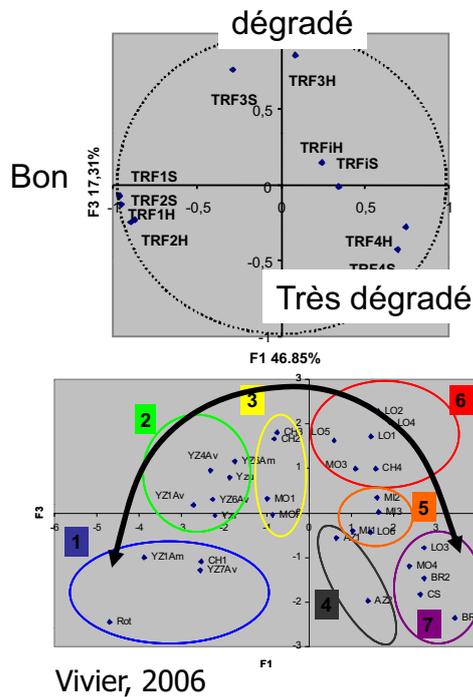


Fiche tech. OTHU n°12

Namour et al. 2007



Résultats marquants : Biologie



Base de la bio-indication fonctionnelle =
Traits Fonctionnels (TRFs) (Lafont et Vivier 2007)
Dans sédiments de surface et hyporhéos.

- TRF1 = Perméabilité (% d'esp. car. d'éch. hyd.
- TRF2 = Intolérance à la pollution (...)
- TRF3 = Tolérance à la pollution (...)
- TRF4 = Effet boues (...)

« les indicateurs biotiques sont construits pour exprimer les ambiances physiques et chimiques qui induisent la bio-accessibilité et la bio-disponibilité dans les milieux benthiques et hyporhéique »

On passe de la logique « constat » type indices biotiques à celle du diagnostic fonctionnel portant sur les rôles respectifs limitant ou stimulant des facteurs physiques et chimiques de l'habitat.

Fiche tech. OTHU n°3

Validation (*) chimique et physique des métriques sur Chaudanne, Yzeron, Azergue, Loire, Moselle, Brunnvasser, Roseg, Rhône (Chasse, Miribel)

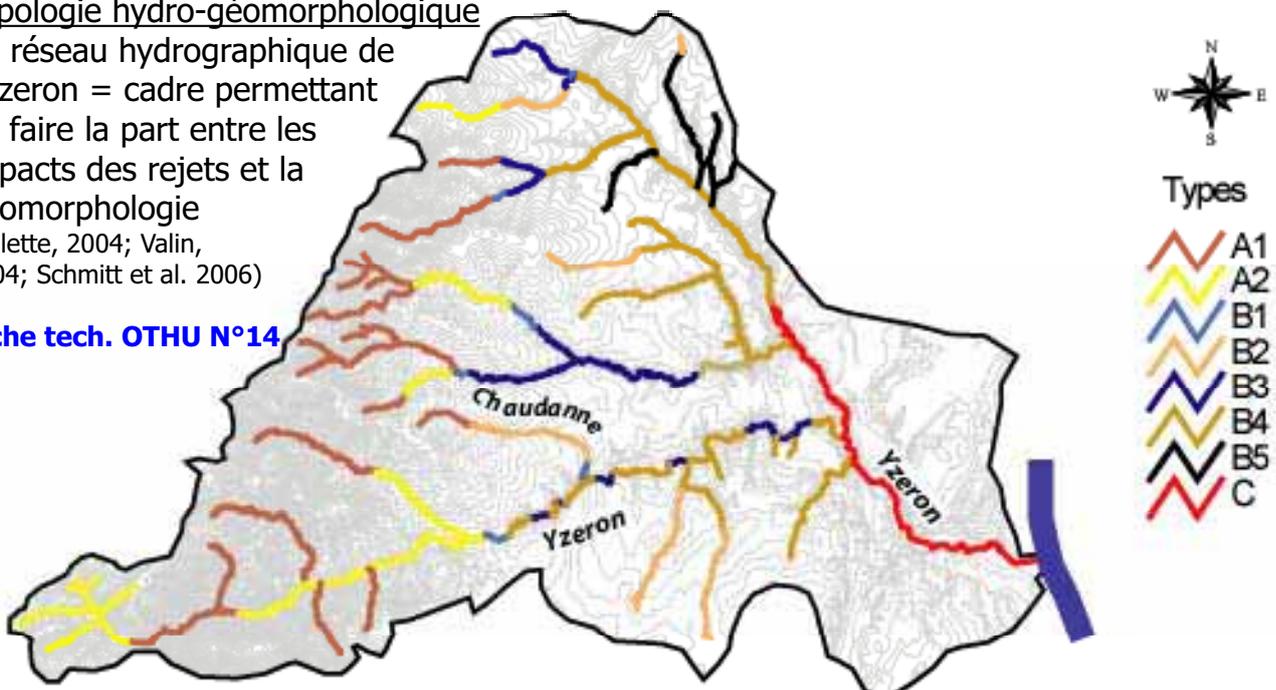
Hôtel de la communauté urbaine de Lyon – Mardi 20 octobre 2009



Résultats marquants : Biologie / cadre général

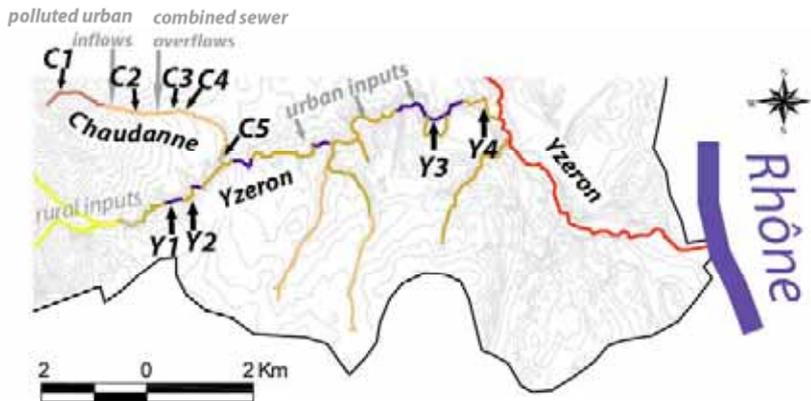
Typologie hydro-géomorphologique
du réseau hydrographique de
l'Yzeron = cadre permettant
de faire la part entre les
impacts des rejets et la
géomorphologie
(Valette, 2004; Valin,
2004; Schmitt et al. 2006)

Fiche tech. OTHU N°14





Résultats marquants : Liens géomorphologie - biologie



$$PE = \frac{[(TRF1 + TRF2) + 1]}{[(TRF3 + TRF4) + 1]}$$

Les rejets urbains altèrent la capacité d'assimilation (sauf hyporhéos type B3)

Le Type géomorpho B3 présente une meilleure capacité d'assimilation des rejets polluants (quels qu'ils soient) que le Type géomorpho B4

	Géomorpho-type B3	Géomorpho-type B4
Rural	Superfi : 6,3 Hyporhéos : 8,1	3,2 6,6
Urbain	5,0 84,0	1,9 3,2

Schmitt *et al.*, in press



Résultats marquants : Liens géomorphologie - biologie

Carte de la capacité d'auto-épuration de la MO du réseau hydrographique de l'Yzeron (hypothèse à valider)

Capacité d'assimilation :

- non connu (types A2, B5 et C)
- moyenne (type A1)
- élevée (types B2 et B4)
- très élevée (types B1 et B3)



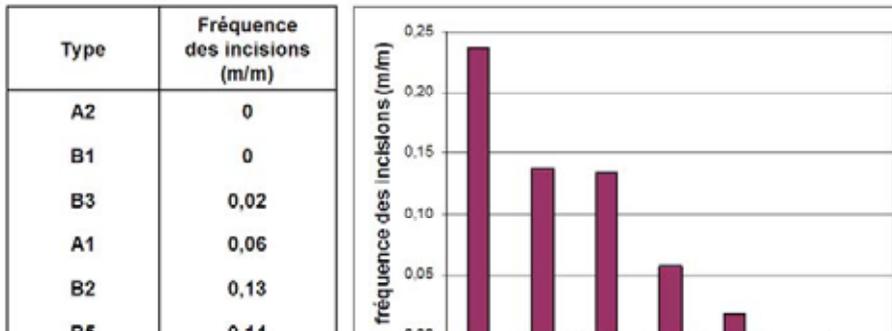
Si un RUTP doit être mis en place, il est préférable qu'il soit localisé sur des tronçons dont la géomorphologie renforce les processus de dégradation de la MO.



Résultats marquants : Géomorphologie

Incisions en têtes de bassins

Typologie => potentiel d'incision

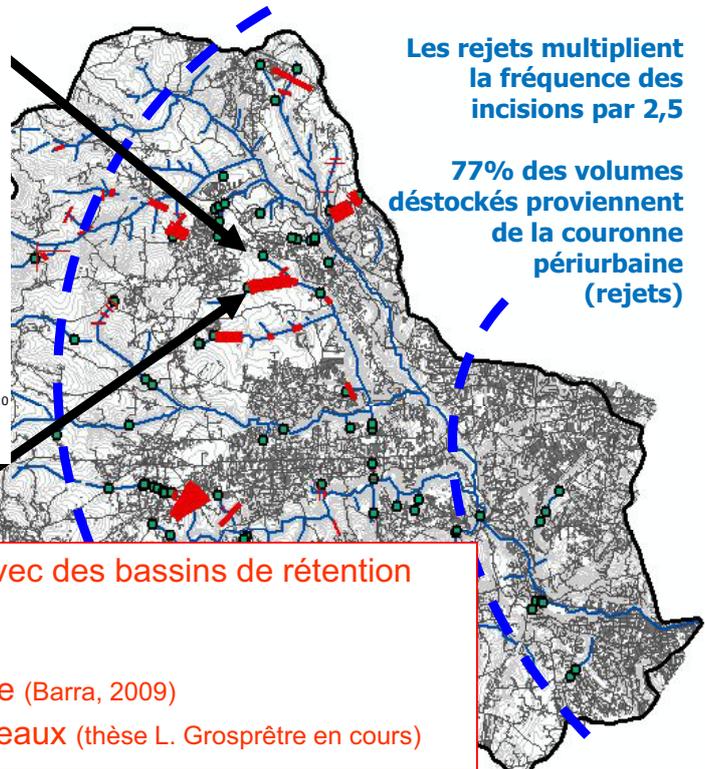
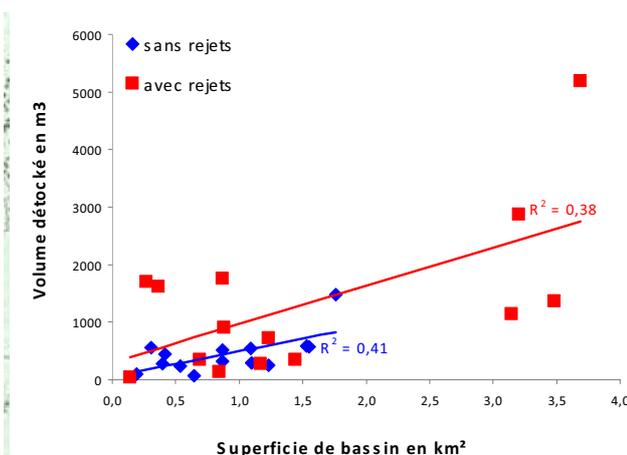


Il est recommandé de localiser les RUTP dans des ruisseaux des types géomorphologiques les moins sensibles à l'incision.

Volume déstocké : 23 400 m³



Résultats marquants : Géomorphologie



Les rejets multiplie la fréquence des incisions par 2,5

77% des volumes déstockés proviennent de la couronne périurbaine (rejets)

Il est important d'« écrêter » les RUTP avec des bassins de rétention dont le débit de fuite est limité.

Quelle valeur de débit de fuite ?

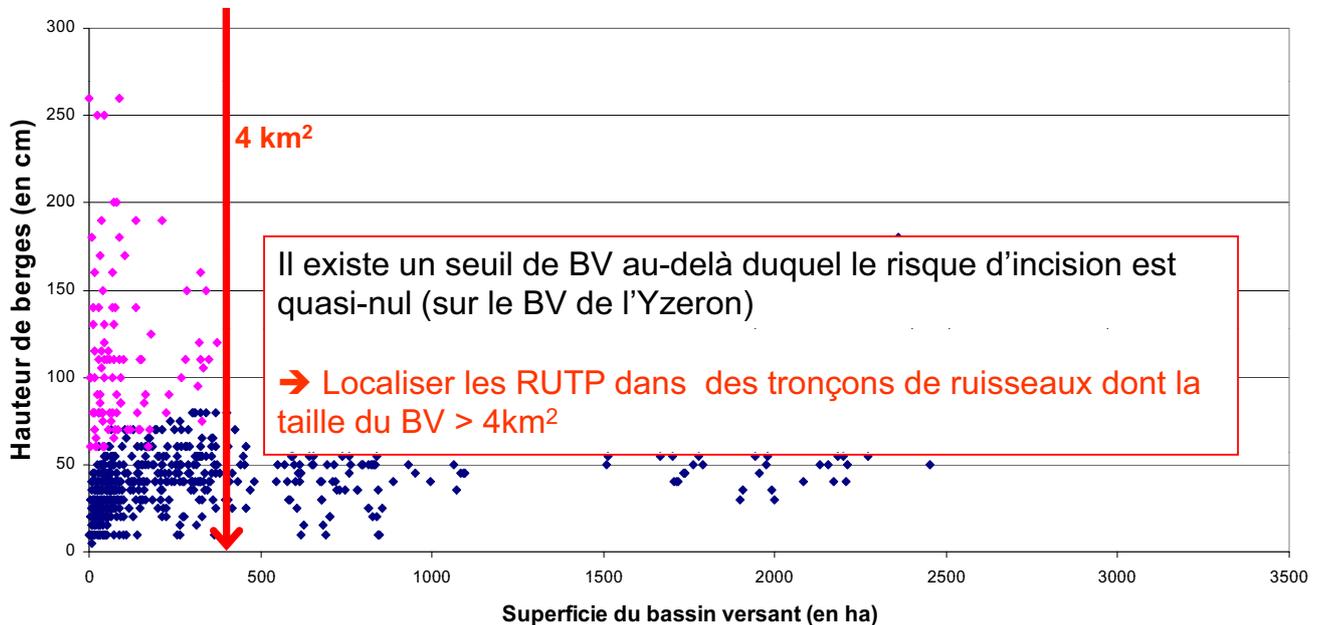
➔ 100-200 l/s sur la Chaudanne (Barra, 2009)

➔ estimation sur d'autres ruisseaux (thèse L. Grosprêtre en cours)



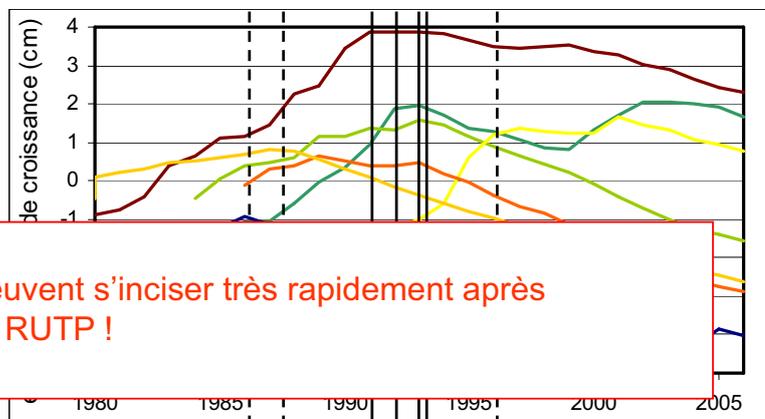
Résultats marquants : Géomorphologie

Effet de la taille du bassin versant vis-à-vis des incisions



Résultats marquants : Géomorphologie

Dendrochronologie



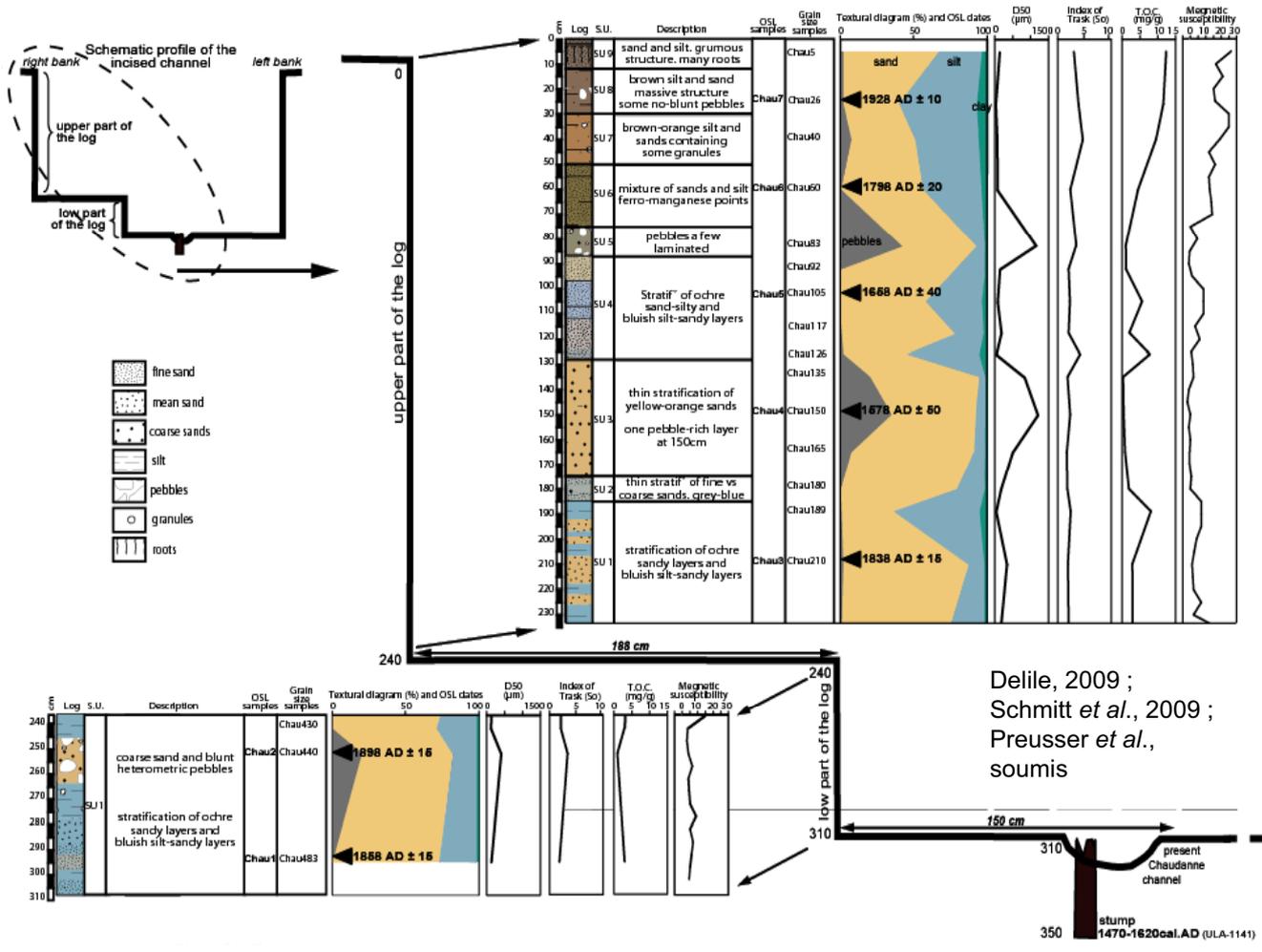
Les ruisseaux peuvent s'inciser très rapidement après l'installation d'un RUTP !

Exemple : ruisseau du Méginant

implantat^o des RUTP : 1991-1993

- incision rapide après l'implantation des RUTP
- les incisions dans le BV de l'Yzeron ont démarré entre ≈1970 - 1990

Quel type de formation superficielle est affecté par les incisions ?





Évolution de l'occupation du sol : Bouillon

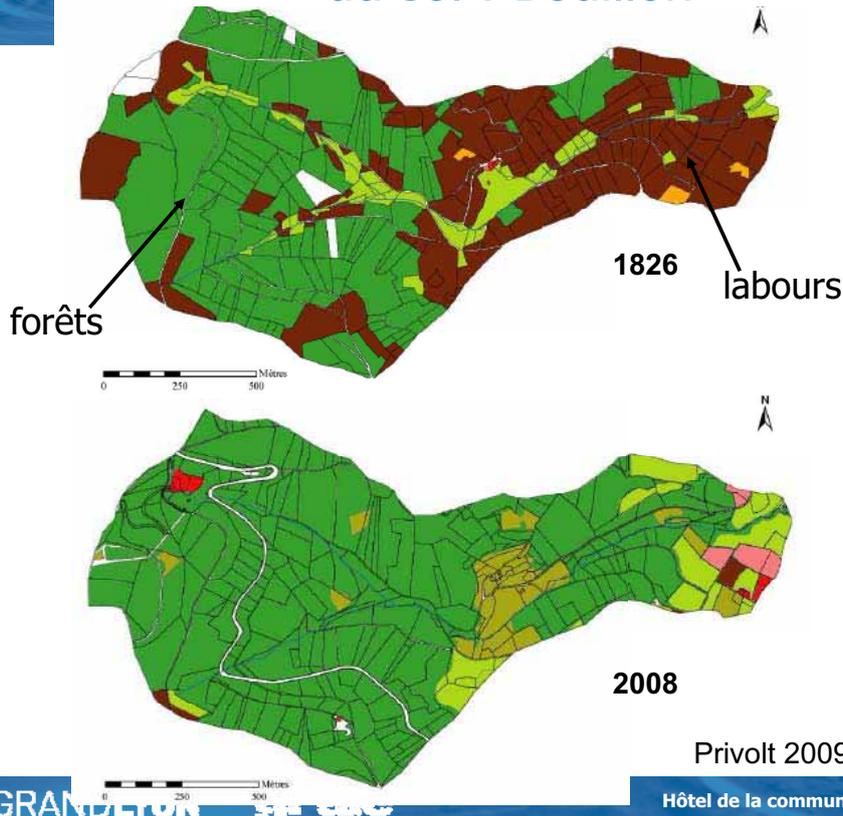
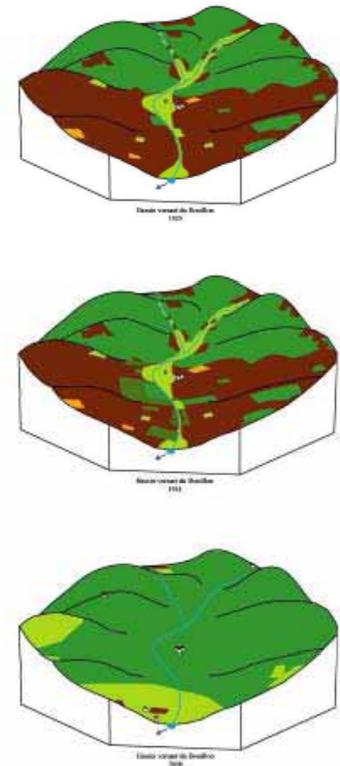


Schéma d'occupation diachronique du sol sur le bassin versant du Bouillon de 1826 à 2008



Évolution de l'occupation du sol : Chaudanne

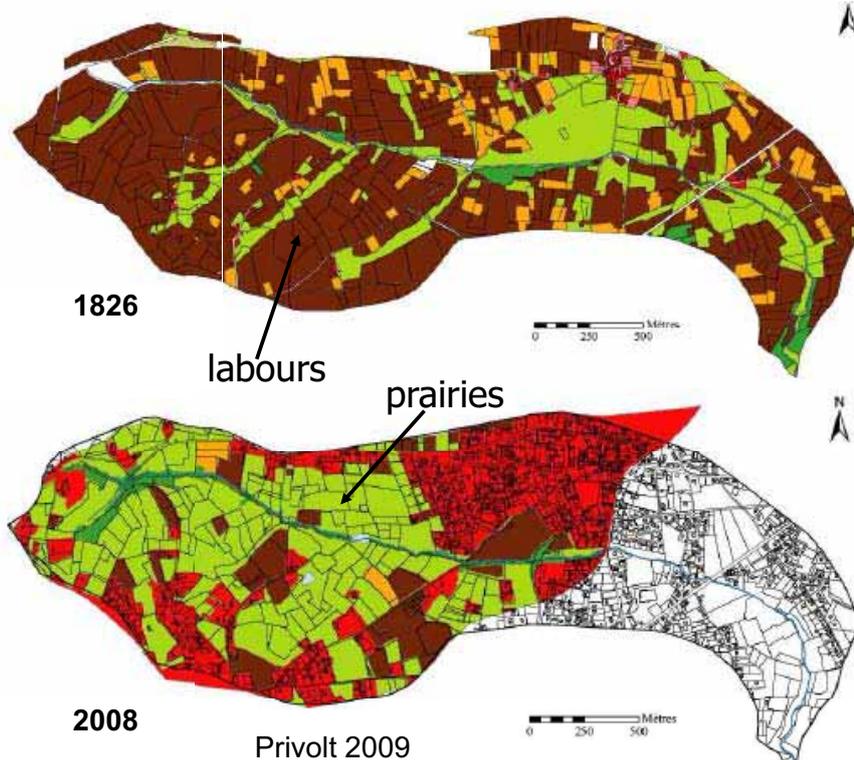
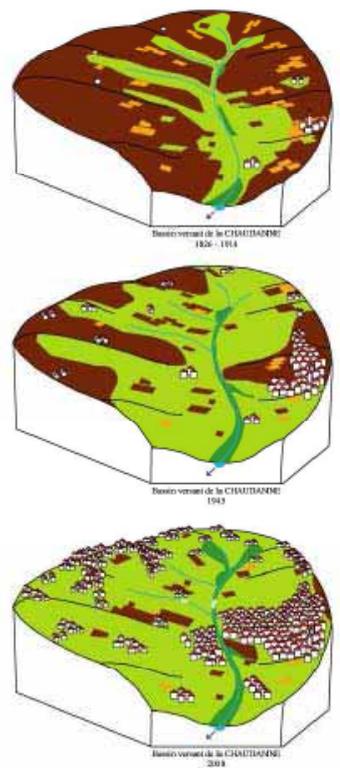
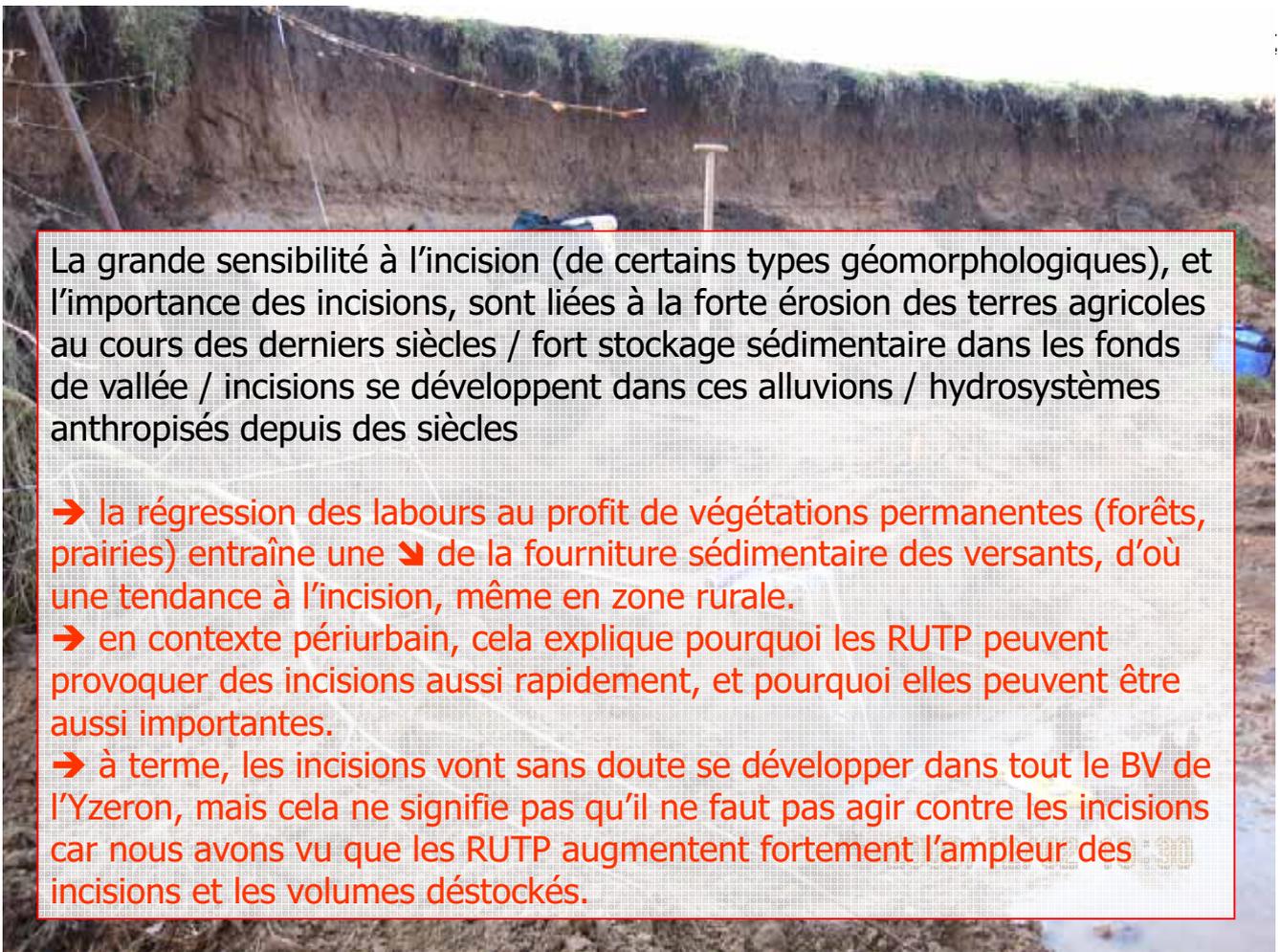


Schéma de l'occupation diachronique du sol sur le bassin versant de la Chaudanne entre 1826 et 2008





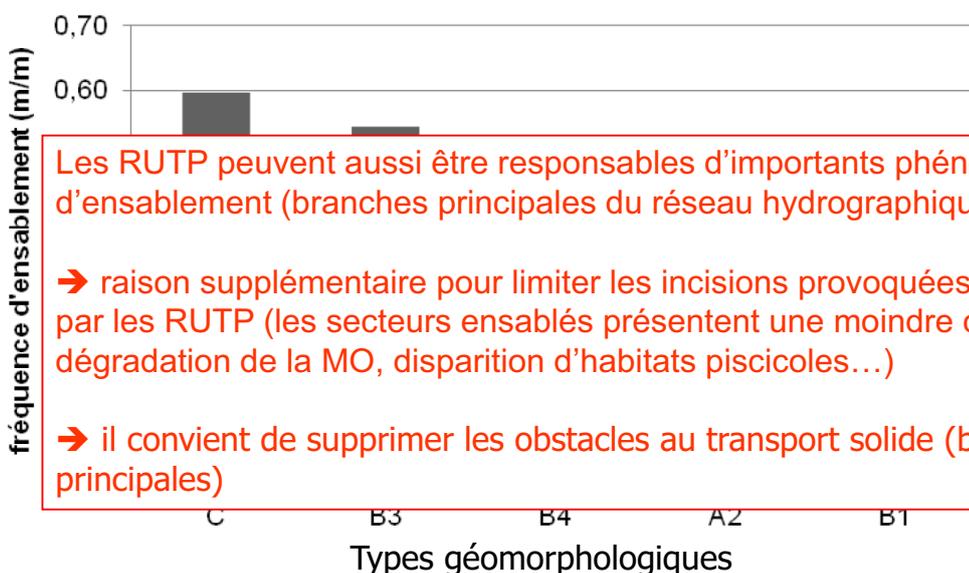
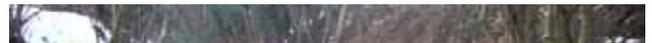
La grande sensibilité à l'incision (de certains types géomorphologiques), et l'importance des incisions, sont liées à la forte érosion des terres agricoles au cours des derniers siècles / fort stockage sédimentaire dans les fonds de vallée / incisions se développent dans ces alluvions / hydrosystèmes anthropisés depuis des siècles

- la régression des labours au profit de végétations permanentes (forêts, prairies) entraîne une ↘ de la fourniture sédimentaire des versants, d'où une tendance à l'incision, même en zone rurale.
- en contexte périurbain, cela explique pourquoi les RUTP peuvent provoquer des incisions aussi rapidement, et pourquoi elles peuvent être aussi importantes.
- à terme, les incisions vont sans doute se développer dans tout le BV de l'Yzeron, mais cela ne signifie pas qu'il ne faut pas agir contre les incisions car nous avons vu que les RUTP augmentent fortement l'ampleur des incisions et les volumes déstockés.



Résultats marquants : Géomorphologie

Inventaire des zones ensablées



Les RUTP peuvent aussi être responsables d'importants phénomènes d'ensablement (branches principales du réseau hydrographique)

→ raison supplémentaire pour limiter les incisions provoquées/accentuées par les RUTP (les secteurs ensablés présentent une moindre capacité de dégradation de la MO, disparition d'habitats piscicoles...)

→ il convient de supprimer les obstacles au transport solide (branches principales)

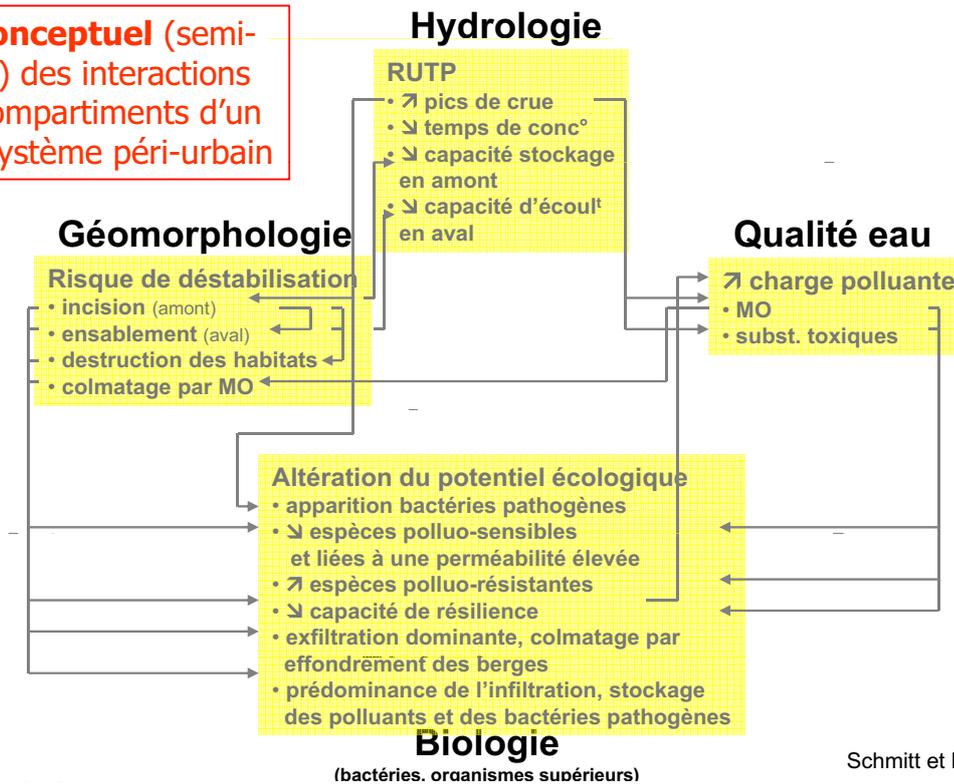
→ typologie : sensibilité à l'ensablement

→ 40-90% du transport sableux aval est lié au déstockage sédimentaire dû aux incisions (thèse L. Grosprêtre en cours)



Synthèse des avancées opérationnelles

Modèle conceptuel (semi-quantitatif) des interactions entre les compartiments d'un petit hydrosystème péri-urbain



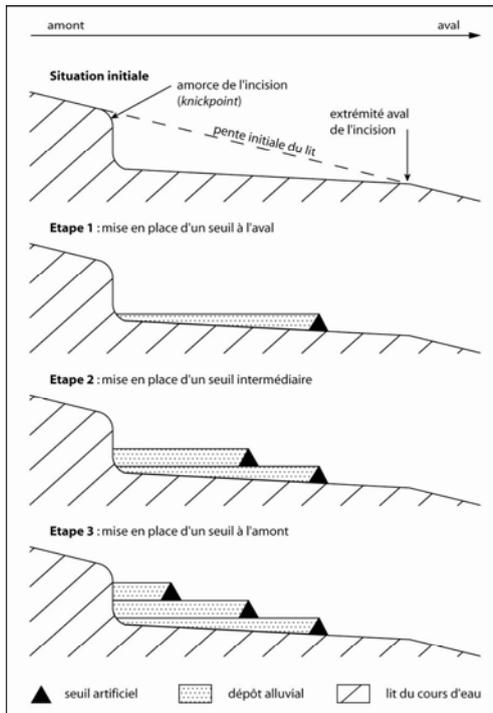
G



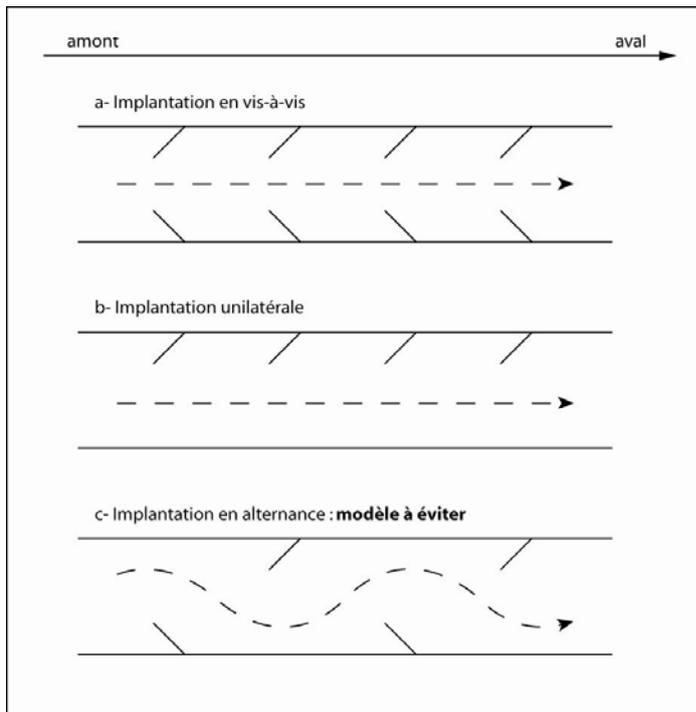
Synthèse des avancées opérationnelles

- Traiter les RUTP à la source (infiltration à la parcelle, revêtem^{ts} poreux... FT16)
- Traiter les RUTP à l'amont des rivières : bassins de rétention (débit de fuite à préciser selon les cas)
- Pour limiter les incisions, rejeter dans des tronçons dont le BV > 4 km²
- Après mise en place d'une incision, agir à la source (RUTP) et ne faire des travaux de stabilisation que dans le cas d'enjeux locaux (pont...)
- Pré-traiter les RUTP avant qu'ils atteignent les milieux récepteurs
- En cas d'impossibilité, maintenir un corridor vert et géomorphologiquement actif car garantit une bonne connexion N/R et favorise la capacité de résilience des écosystèmes
- Typologie géomorphologique comme outil de gestion intégrée
 - Rejeter dans les types ayant les capacités de dégradat° de la MO les + ↗ (à valider)
 - Rejeter dans les types présentant les risques d'incision les plus ↘
- Pour réduire l'ensablement (aval), lutter contre les incisions.
 - Supprimer les obstacles au transport solide.
 - Si besoin, mettre en place des épis → favoriser l'auto-curage
 - Si besoin, mettre en place des dessableurs

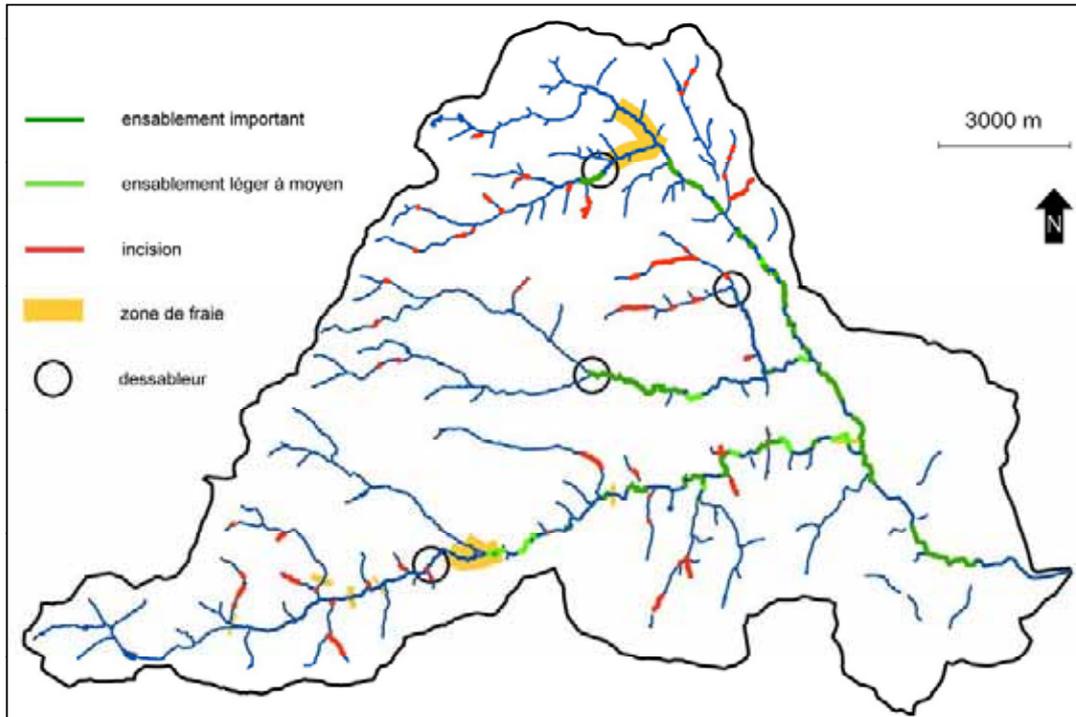
Exemple d'aménagement pour stabiliser le profil en long d'un tronçon incisé



Epis favorisant l'auto-curage, pour éviter l'excès de sable



Proposition de localisation de dessableurs (en amont des zones de fraie)



Avancées opérationnelles

- Quels **indicateurs de suivi** ?
 - Hydrologie : indices hydrologiques pour les biocénoses
 - Physico-chimie : micro-capteurs (P. Namour)
 - Géomorphologie : profils en travers (incisions), taux de remplissage des mouilles (ensablement), cartographie SIG
 - Biologie : TRFs, en complément d'indices plus classiques comme IBGN, IBD...
 - → une vision intégrée (inter-disciplinaire)

Perspectives

- Meilleure connaissance de l'hydrologie : Progr. AVUPUR vise à modéliser les écoulements en tout point du réseau hydrographique, et à modéliser les impacts de changement global sur les régimes hydrologiques.
 - i.e. en fonction de scénarios d'occupation du sol dans le futur et du changement climatique.
 - Effort métrologique et méthodologique encore à faire pour les basses eaux.
- Renforcer les études biologiques (TRFs, IBGN, IBD...), notamment pour spatialiser les capacités de dégradation de la MO...
- Les études micro-biologiques (ANR INVASION) ont démarré et sont prometteuses... (com^o B. Cournoyer)
 - Une intégration des études biologiques et microbiologiques seraient intéressante.
- Les suivis physico-chimiques doivent être améliorés par les micro-capteurs (com^o P. Namour).
- Liens avec les sciences sociales / urbanisme, pour mieux intégrer la gestion des eaux pluviales dès le processus de production de la ville.
- Les méthodes et types d'approches mis en œuvre ont vocation à être transposés à d'autres bassins. Des travaux avec d'autres collectivités seraient intéressants.



Merci !