



**PROGRAMME DE RECHERCHE  
THEMATIQUES PRIORITAIRES  
2003-2005**

Thématique 9 - Développement durable

**RAPPORT FINAL**

**Modifications anthropiques des flux sédimentaires  
des cours d'eau, réponses des écosystèmes  
aquatiques et actions de restauration**

Responsable du projet  
Hervé Piégay, UMR 5600 CNRS & ZABR Bassin du Rhône

Organismes impliqués au sein de la ZABR - Zone Atelier Bassin du Rhône :

CEMAGREF - Groupements de Lyon, Grenoble et Aix-en-Provence

Institut du Droit de l'Environnement, Univ. Lyon 3

Maison du Fleuve Rhône, Givors

UMR 5023 CNRS Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Univ. Lyon 1

UMR 5509 CNRS, Ecole Centrale de Lyon

UMR 5600 CNRS EVS, Univ. Lyon 2 et Lyon 3, Lyon

## **A) Bilan du projet**

### **A.1. Objectifs et intérêt pour la région**

De nombreuses rivières Rhône-Alpines (l'Eygues, le Roubion, le Drac, l'Arve. etc ) sont concernées par l'enfoncement du lit, conséquence des extractions de granulats, de la déprise rurale ou de l'effet des barrages piégeant les sédiments immédiatement à l'amont. Il est aujourd'hui reconnu que l'enfoncement est un vrai problème de développement local provoquant aussi de graves impacts écologiques.

Plusieurs dispositifs législatifs encouragent les gestionnaires français à aborder la question sédimentaire de manière globale, à l'échelle du bassin versant ou de grands tronçons fluviaux. Cette évolution réglementaire confirme l'idée, de plus en plus largement admise, que le sédiment des lits fluviaux est une richesse locale à préserver, à consommer avec modération.

Le présent projet s'inscrit dans ce cadre. L'objectif est ainsi produire de nouvelles connaissances permettant de comprendre le fonctionnement physique de tels systèmes fluviaux et les conséquences écologiques et sociétales de leur dérive. Le projet reposait sur deux cas de la région Rhône Alpes où la question du déficit sédimentaire est posée, à savoir la Drôme et l'Ain. Les problèmes et les nouveaux enjeux dans ce domaine ont été validés par les CLE des deux SAGE et les objectifs ont été clairement identifiés. Pour recharger les deux systèmes en sédiments, il convient néanmoins de réaliser des démarches pluridisciplinaires, passer du diagnostic géomorphologique :

- à des mesures concrètes qu'il convient de tester par des simulations,
- à un questionnement plus large intégrant les conséquences écosystémiques, réglementaires et sociales de ces actions.

Ces expériences sont essentielles dans le cas de notre région dans la mesure où ce problème sédimentaire se pose sur de très nombreux cours d'eau (Roubion, Aigues, Galaure, Eyrieux, Ardèche, Giffre et Arve, Isère, ...). Tester des scénarios de recharge est ainsi une nouvelle étape dans cette démarche de gestion durable. Elle ne peut se faire que dans un cadre interdisciplinaire et associant étroitement les chercheurs et les gestionnaires locaux.

Les travaux engagés doivent permettre de proposer des mesures de gestion des sédiments, qui ont fait l'objet, dans le cadre du projet, d'une évaluation de leur faisabilité, des contraintes réglementaires et de leurs conséquences sociales et écosystémiques. Le projet a permis d'élaborer des outils en matière de gestion de la complexité des hydrosystèmes fluviaux et de leurs bassins versants. Un outil prospectif est ainsi en cours de développement sur la Drôme dans le cadre du site atelier Drôme de la ZABR. En intégrant différentes disciplines, la

démarche permet en effet de mieux évaluer les conséquences en cascade qu'impliquent ces mesures de gestion. Par ailleurs, en abordant étroitement géomorphologie fluviale et hydraulique, cela permet de proposer des mesures plus durables reposant sur différents scénarios que l'on a simulé en s'appuyant sur des outils de modélisation hydraulique et dont on teste la validité et la robustesse par des mesures de terrain. Ce type de travail collectif est tout à fait innovant ; il est possible dans notre région dans la mesure où les deux communautés disposent d'équipes fortes et ayant des habitudes de travail en commun. A l'issue de ce travail, des méthodes ont été élaborées et on dispose de retours d'expériences qui permettent de mieux définir des stratégies conciliant la préservation des corridors fluviaux et la satisfaction des activités humaines (agriculture, loisirs).

## **A.2. Management du projet et participation des différents partenaires**

Le projet reposait sur deux site-ateliers de la ZABR, à savoir le bassin de la Drôme et la Basse vallée de l'Ain. Trois groupes interdisciplinaires ont ainsi été identifiés pour conduire le présent projet :

- 1) Bassin de la Drôme : géomorphologie / hydraulique / faune piscicole et invertébrés / ethnologie / réglementation
- 2) Bras morts de l'Ain : géomorphologie / hydraulique / faune piscicole et végétation aquatique
- 3) Dynamique sédimentaire de l'Ain : géomorphologie / hydraulique / faune piscicole / ethnologie / réglementation.

Plusieurs réunions ont eu lieu au sein de ces sous-groupes durant toute la période couverte par le projet. Des réunions bi-latérales et en lien avec les gestionnaires ont également eu lieu à intervalle régulier. L'implication des chercheurs a été forte et de nombreuses missions ont impliquées simultanément plusieurs équipes. De fait, la dynamique créée par ce projet s'est renforcée et l'ensemble de l'activité devrait se prolonger sur ces deux sites atelier dans les années à venir, compte tenu des nouvelles thèses qui démarrent et des projets en cours.

Dans le rapport de seconde année, l'un des évaluateurs a indiqué que nous avons beaucoup de retard sur l'Ain, soulignant notamment que rien n'avait été fait concernant les paléoformes, les aspects juridiques et sociétaux et l'évaluation du transport solide de l'Albarine. Les deux premiers thèmes ne pouvaient en fait être abordés que sur la Drôme, les équipes chargées de ce thème n'étant pas présentes sur l'Ain. Malgré tout, Aude Farinetti en thèse à l'IDE a accepté d'ouvrir sa démarche à l'Ain. Concernant les aspects sociétaux et paléo-environnementaux, il n'a malheureusement pas été possible de faire de même, compte tenu des investissements en temps et en personnel que l'on a sur ces thèmes. Il n'a pas été possible de s'engager sur l'Ain comme nous l'aurions souhaité mais il est important de

souligner que ces champs thématiques sont maintenant vraiment lancés sur cette rivière, un groupe de travail vient d'être mis en place pour travailler sur les lônes et une thèse, celle de Mlle M. Cottet concernant la perception des bras morts, restaurés ou non, par les acteurs de l'eau et les riverains démarre (bourse MRT – UMR 5600). Ces thèmes sont aussi relancés sur la Drôme, autour notamment d'un partenariat fort Cemagref – G. Bouleau - et UMR 5600 – A. Honegger. Une réunion de travail a eu lieu le 7 septembre 2006 sous l'impulsion du Cemagref pour redéfinir un calendrier et des objectifs de travail. Des financements ont été accordés par le CEMAGREF pour conduire les premières démarches en 2006-2007.

Les avancées les plus significatives ont été réalisées sur les champs thématiques bénéficiant d'un soutien fort de la région et d'un soutien financier d'autres instances, notamment permettant la présence de doctorants. C'était le cas des travaux sur les lônes (hydraulique et écologique), des suivis piscicoles ou encore de la géomorphologie et du droit. La présence d'un post-doc financé par la région en année 2 (V. Bondarev) a permis notamment des avancées significatives dans la compréhension de la variabilité de la sédimentation dans les lônes et l'estimation de la durée de vie des lônes. Ces mesures in situ ont ainsi été directement utilisées par J. Lecoq pour valider les sorties du modèle hydraulique et intégrer un module intégrant le flux de matière et les vitesses de chute.

Dans le cadre du présent projet, des avancées significatives ont été réalisées et des interactions nouvelles se sont fait jour entre les disciplines impliquées :

- Intégration très forte entre hydrauliciens et géomorphologues sur l'Ain conduisant notamment au co-encadrement d'une thèse (A. Alber) pour 2006-2009 permettant de finaliser les objectifs du présent programme, et sur la Drôme, un géomorphologue de l'équipe lyonnaise (F. Liébault) étant recruté au CEMAGREF de Grenoble pour aborder pleinement les thématiques « hydrau-géomorphologiques ».
- Implication forte des ichtyologues sur la Drôme et l'Ain faisant le lien entre les changements de l'habitat et la structure des communautés, permettant de mieux évaluer l'effet des actions de restauration physique sur la faune.
- Avancées très significatives dans la connaissance du fonctionnement hydraulique des lônes avec notamment la thèse de J. Le Coz.
- Implication des sciences sociales sur la Drôme grâce aux supports financiers de ce projet et d'autres (CNRS notamment).

Nous devons reconnaître que nous sommes allés plus doucement que prévu. Nous avons en effet enregistré des difficultés pour aborder certains thèmes compte tenu des moyens humains dont on disposait, notamment pour la modélisation hydraulique sur lit de l'Ain, ou encore des conditions climatiques exceptionnelles que nous avons enregistrées sur l'Ain durant les étés 2003 et 2005 perturbant durablement les communautés piscicoles et l'évolution inter-annuelle des effectifs. Par ailleurs, nous étions dépendants du calendrier des collectivités pour la mise en place des opérations de restauration initialement prévues en 2004 :

- sur l'Ain, la restauration n'a effectivement été conduite qu'en 2006 (recharge du chenal, restauration des lônes).
- sur la Drôme, la restauration n'a eu lieu que fin 2005 et nous n'avons pas eu de crue depuis.

Dans les deux cas, les suivis seront néanmoins assurés (thèse de A. Alber sur l'Ain, convention de recherche ZABR – SIVU – Agence de l'eau 2005-2008, prolongation du LIFE Eaux et Forêt par une convention ONF – ZABR 2007- 2008). Par ailleurs, la thèse de J. Toone qui est réalisée en partenariat avec l'équipe anglaise de S. Rice (Univ. de Loughborough) devrait se terminer en 2008 et rendre compte des résultats du suivi écologique de la Drôme à l'aval du site restauré de la Béoux et de l'effet des changements d'habitat sur la faune invertébrée.

### **A.3. Bilan par thème et devenir**

#### **A.3.1. Budget sédimentaire de l'Ain, évaluation de l'impact du barrage**

UMR 5600 CNRS (A.J. Rollet, J. Lejot, H. Piégay) – HH-CEMAGREF (André Paquier)

##### **Résultats les plus marquants**

Le premier objectif, en collaboration avec une équipe de recherche de Florence, a été de réaliser le budget sédimentaire de l'Ain par sous-tronçons présentant des caractéristiques morphologiques (pente, granulométrie, alternances seuils-mouilles) et des dynamiques identiques (érosions, stabilité...) afin d'ajouter les volumes transmis d'un tronçon amont aux tronçons aval aux apports sédimentaires verticaux (incisions) et latéraux (érosions). Nous avons ainsi couplé une évaluation morphologique des volumes de sédiments entrant et sortant de chaque tronçon avec l'utilisation de formules de transport solide. La validation de ces résultats est en cours, à l'aide de mesures semi-directes sur deux sites à partir de chaînes et de traceurs électroniques (type PIT-tag).

Nous avons fourni aux gestionnaires de la basse vallée de l'Ain un outil d'aide à la décision sous forme de SIG. Pour chaque secteur retenu comme pouvant contribuer à la recharge sédimentaire, nous avons déterminé plusieurs scénarii d'extension des zones pouvant potentiellement être retalutées pour la recharge en sédiments. Dans chaque cas, la nature des travaux à engager en fonction du type de végétation en place, le prix de ces actions (fauchage, tronçonnage, exportation des sédiments fins...), le rapport volume de sédiments fins / volumes de sédiments grossiers produits pour chaque m<sup>2</sup> traité ont été indiqués dans une table attributaire. Ces éléments permettent aux gestionnaires de choisir quels secteurs sont les plus intéressants en termes de rapports coût de traitement/volume de sédiments grossiers, et donc de les traiter en priorité.

Un modèle hydraulique unidimensionnel a été bâti sans qu'un calage des lignes d'eau sur ces forts débits ne soit effectué. Il en résulte que ce modèle n'est utilisable que pour estimer le transit sédimentaire et pas pour une analyse détaillée des inondations (cela aurait exigé une densité de sections plus forte, une topographie détaillée, des informations précises sur les niveaux des crues récentes, etc). En gardant la géométrie fixe, ce modèle permet d'estimer la capacité de transport des sédiments dans chaque section pour n'importe quel débit à condition de connaître les caractéristiques des sédiments transportés. Le code de calcul unidimensionnel RubarBE a continué à être développé afin que les différentes variantes d'évolution de la

géométrie (y compris celle utilisant la contrainte locale calculée par la Méthode des Perpendiculaires Confondues) fonctionnent en géométrie quelconque quelle que soit la discrétisation.

En décembre 2005 et au printemps 2006, deux lônes ont été restaurées (Carronnières – secteur amont et Bellegarde secteur médian). Les sédiments grossiers ainsi extraits ont été réinjectés dans le chenal principal. Une mission réalisée fin juin 2006 a permis d'établir un premier diagnostic. Après une série de crues courant mars et avril (débit de pointe 750m<sup>3</sup> le 31 mars, 450 m<sup>3</sup> le 06 avril et 800m<sup>3</sup> du 10 au 11 avril), les premières observations ont permis de constater que l'ensemble des secteurs d'épandage avait fortement été remaniés.

### **Difficultés et contraintes**

Concernant le volet modélisation, aucune allocation pour du personnel n'a pu être fournie au CEMAGREF et peu de temps a donc été passé sur ce volet. Les crédits de la région n'ont que partiellement couvert l'acquisition des données de base, un complément financier étant attribué par l'INSU. Par ailleurs, les topographies de 1976 et 1987 se sont avérées insuffisantes pour pouvoir caler ou valider. De fait, les scénarios n'ont pas pu être testés comme cela était prévu initialement.

Les suivis topographiques ont pris du retard dans la mesure où les travaux de restauration initialement prévu en 2004 n'ont en fait été réalisés qu'en 2006. Ceci n'a pas permis de tenir le programme fixé au départ mais a en revanche permis d'avoir un très bon état initial, avant intervention.

### **Devenir**

Les deux problèmes rencontrés dans le phasage de l'étude seront traités néanmoins car nous avons maintenant des moyens en personnel pour conduire la modélisation (thèse d'A. Albert) et assurer les suivis morphologiques sur 2 ans (thèse de J. Lejot). Une analyse préliminaire du fonctionnement morphologique de l'Ain devrait être intégrée pour permettre la généralisation d'observations toujours limitées en nombre. Cette perspective sera exploitée dans la thèse d'A. Alber. Pour évaluer l'effet d'une recharge, on propose d'utiliser le modèle 2004 à 90 sections qui ne permettra évidemment pas de modéliser les effets près des points de recharge mais peut donner un effet loin à l'aval pour répondre à la question d'une influence globale. Pour une influence plus locale, un modèle bidimensionnel qui permettrait de prendre explicitement en compte la direction transversale serait sans doute plus approprié.

Ces campagnes d'acquisition d'image haute résolution par drone permettront par ailleurs de mettre en évidence les changements topographiques et granulométriques, la mobilité des nappes de galet, les modifications structurales des habitats aquatiques. Toutes ces données sont une base essentielle pour calibrer et valider le modèle hydrosédimentaire (tâche prévue dans le cadre de la thèse d'A. Alber) sur des événements bien observés et donc connus avec une marge d'incertitude bien inférieure aux événements plus éloignés dans le temps. C'est à cette condition que le modèle pourrait être utilisé en prédictif pour évaluer la réponse du lit de l'Ain à différents scénarios de recharges et de crues.

### **A.3.2. Budget sédimentaire de la Drôme**

UMR CNRS 5600 (J.-P. Bravard, F. Liébault, N. Landon et H. Piégay) et CEMAGREF Grenoble (P. Frey)

### **Résultats les plus marquants**

3 thèmes complémentaires ont été abordés dans le cas de la Drôme pour comprendre la dynamique des sédiments à savoir i) l'étude des paléoformes et de leur potentiel de fourniture, ii) la modélisation du transport solide, iii) la recharge sédimentaire expérimentale. La première question à laquelle il avait été proposé de répondre était celle des relations entre paléo-environnement et dynamique contemporaine des lits fluviaux dans le bassin de la Drôme. Les investigations de terrain ont permis de souligner que le décapage des versants du Haut-Diois a sans doute débuté au Post-Atlantique et s'est poursuivi de façon hétérogène dans l'espace (en fonction de la topographie, des lieux de défrichement, etc...) et dans le temps (en fonction des périodes climatiques et des périodes de forte pression anthropique). Les résultats soulignent que les phases de décapage des sols de versants semblent davantage liées aux effets de la pression d'élevage ou d'agriculture qu'aux phases climatiques classiquement considérées comme « agressives ». La cause anthropique de l'alimentation de la Drôme en sédiments est ainsi mieux mise en lumière. Ce travail historique s'est accompagné de la modalisation du transport solide à l'échelle du bassin versant. Les actions menées se décomposent en trois temps. Une réflexion sur la méthode des chaînes d'érosion a été conduite à l'aide d'un modèle réduit en canaux expérimentaux. Ces expériences montrent que la relation entre le volume solide et la surface remaniée est complexe et dépend des formes du lit. Tous les détails de ces expérimentations sont dans (De Block, 2004). Un test in-situ de la méthode des chaînes sur les bassins versant expérimentaux de Draix gérés par le Cemagref (près de Digne) a été également mis en place. L'applicabilité des formules de transport solide par charriage à ces types de cours d'eau a été ensuite testés. Les résultats de la formule semi-empirique de Rickenmann (Rickenmann, 2001) ont été comparés aux volumes solides mesurés à l'aide des chaînes d'érosion et des distances de transport et ce pour l'ensemble des crues de 2000 et 2001 (Liébault, 2003). Il existe une relation linéaire entre volume solide et utile, un des intérêts de l'utilisation du volume utile. On constate une bonne performance de la formule de Rickenmann, même si globalement elle donne des résultats environ 50 % plus élevés que les volumes de terrain. Une modélisation du bassin versant de l'Esconavette a été réalisée à l'aide de ETC. La modélisation permet de reproduire l'incision dans certains tronçons mais pas forcément en phase avec les observations de terrain. Il semble que les temps de transfert des sédiments soient imparfaitement reproduits. Concernant le suivi expérimental, les travaux sur le tronçon de la Béoux ont eu lieu en mars 2005 et ceux de l'Ausson en avril 2006. Quatre crues se sont produites depuis l'installation du site expérimental de la Béoux. La crue du 18/04/2005 s'est produite avant les travaux de déboisement. Les trois crues suivantes n'ont pas occasionné de sapement latéral au droit du site de remobilisation. Même si nous n'avons pu mesurer à ce jour une mobilité de la terrasse déboisée, faute d'événements hydrologiques suffisamment intenses, des observations intéressantes ont été faites sur le bilan sédimentaire et le transport solide événementiel du tronçon d'étude. Les résultats sur l'Ausson montrent une production sédimentaire 4 fois supérieure pour la ravine la moins boisée, si on considère les valeurs rapportées aux surfaces drainées (9 tonnes par hectare pour Ausson 1 contre 2 tonnes par hectare pour Ausson 2). L'effet d'atténuation considérable que la forêt exerce sur les vitesses d'érosion est confirmé par la période d'étalonnage.

### **Difficultés et contraintes**

Comme sur l'Ain, les suivis expérimentaux n'ont pas encore produit tous les résultats escomptés car ceux-ci ont été réalisés tardivement (en 2006 ici encore) et par ailleurs, nous n'avons pas enregistré de crues importantes permettant de bien évaluer les changements même si les premiers résultats sont encourageants sur l'Ausson.

Le lien entre la paléohydrologie et la recharge sédimentaire n'a pas pu se faire conformément au programme indiqué. Les collègues n'ont en effet pas validé l'étape initiale d'interprétation

génétique des principales formes, même si des progrès notables ont été faits dans ce domaine. Il faut souligner aussi que cette partie n'a reçu qu'un financement modeste dans le cadre de ce programme ne permettant pas d'investir des forces importantes sur ce thème. Nous hésitons par ailleurs à lancer des étudiants sur ce thème compte tenu des difficultés d'insertion professionnelle ensuite.

### **Devenir**

Concernant le suivi expérimental de la Béoux, nous allons poursuivre le suivi du site sur une période de 2-3 ans afin d'obtenir une gamme plus étendue d'événements hydrologiques. Nous souhaitons également compléter le dispositif hydrométrique en place avec une station d'enregistrement en continu des hauteurs d'eau de façon à obtenir les hydrogrammes de crue. Comme pour le site de la Béoux, nous allons poursuivre le suivi des ravines expérimentales d'Ausson sur une période de 2-3 ans afin de pouvoir mettre en évidence l'impact du déboisement sur la production sédimentaire. Nous souhaitons également compléter le dispositif hydrométrique en place avec une station d'enregistrement en continu des hauteurs d'eau de façon à obtenir les hydrogrammes de crue. Ces suivis devraient être assurés dans le cadre du partenariat que nous avons avec l'ONF dans la continuité des opérations engagées dans le cadre du LIFE Forests for Water.

Le travail de longue haleine réalisé en paléohydrologie se prolonge par la recherche de sites nouveaux ; trois nouveaux sites de versants ont été découverts cet été.

### **A.3.3. Evaluation des conséquences du déficit sédimentaire affectant les lits mineurs sur les peuplements piscicoles et invertébrés**

UMR 5023 (équipe D. Pont), CEMAGREF Aix en Provence (B. Dumont)

#### **Résultats les plus marquants**

L'acquisition des connaissances et le développant d'outils permettant de comprendre la dynamique de ces biocénoses et de prédire leurs évolutions futures ont été engagés sur le bassin du Bez (Drôme) afin d'aider les gestionnaires à mieux prendre en compte les implications de ces évolutions écologiques sur le long terme dans la définition des états de référence et dans la planification des opérations de restauration de ces cours d'eau. L'objectif était triple : i) l'étude des facteurs régulant la dynamique et la répartition spatiale des populations du Chabot (température, nature et stabilité des sédiments, obstacles à la dispersion), ii) la connaissance de l'architecture biologique et fonctionnelle du benthos (macro - invertébrés) dans la gamme des situations hydrologiques et sédimentaires rencontrées, iii) l'identification des liens fonctionnels entre benthos et populations piscicoles, en l'occurrence ici le choix du chabot.

La population de Chabot présente dans le bassin du Bez (230 km<sup>2</sup>, 50 km de cours d'eau permanents) fait l'objet d'un suivi annuel (pêche électrique en fin de période d'étiage) depuis 2002 avec une estimation des densités par classe d'âge tous les 750 m par pêche électrique. Les résultats obtenus au cours des cinq années de suivi ont permis :

- de décrire la structure spatiale de la population et d'identifier les facteurs environnements les plus importants
- d'analyser la variation des traits d'histoire de vie en fonction du régime thermique
- d'élaborer un modèle de dynamique de population spatialisée en collaboration avec l'UMR de Biométrie (UMR 5558)
- de suivre les effets d'une crue morphogène de temps de retour supérieur à 30 ans
- de décrire la structure génétique de cette population fragmentée et d'émettre de premières hypothèses sur l'importance des flux de dispersion.

L'ensemble des résultats acquis permettent d'ores et déjà de fournir des éléments quant aux réponses possibles de ces populations piscicoles à un réchauffement du climat et à la variabilité du transport sédimentaire grossier. En résumé, nous considérons qu'à l'échelle de la plaine alluviale, un exhaussement favorise une multiplication des chenaux plus ou moins fréquemment connectés avec le ou les chenaux principaux. On observe une plus grande diversité Béta en particulier sensible pour la végétation. A l'inverse l'érosion réduit la largeur de la bande active et limite l'hétérogénéité spatiale à cette échelle. Egalement, un trop fort transport solide induira une forte instabilité. L'optimum se situe donc pour un transport solide d'intensité intermédiaire.

#### **Difficultés et contraintes**

Aucune difficulté n'a été rencontrée. Nous avons même eu la chance en 2003 de bénéficier d'une crue centennale qui a permis de voir très nettement l'effet des changements morphologiques sur la population de Chabot.

#### **Devenir**

L'année 2007 sera consacrée à :

- l'exploitation des données et à la réalisation de publications,
- la soumission d'un article analysant notre démarche interdisciplinaire,
- les expérimentations seront réalisées pour apprécier les interactions poissons – invertébrés en liaison avec les conditions thermiques (impacts du changement climatique sur la dynamique des populations piscicoles ( Saumon, Chabot, 2007 – 2008 – projet financé par le MEED GICC 2)

#### **A.3.4. Influence de la morphologie du lit mineur sur la structure du peuplement piscicole : comparaison entre faciès incisé et faciès tressé sur la basse rivière d'Ain**

H. Persat, UMR 5023, N. Lamouroux, J.F. Perrin, N. Lamouroux, H. Capra, (Cemagref Lyon). D. Danancher

#### **Résultats les plus marquants**

La modélisation de l'habitat piscicole, comme l'analyse de la composition des communautés de poissons ne font pour l'instant apparaître que de faibles différences entre secteurs incisés et secteurs en équilibre. Cela montre que la basse rivière d'Ain dans son ensemble constitue du point de vue piscicole une entité assez homogène. Les différences faunistiques entre ces deux types de biefs sont assez subtiles, mais semblent dans l'ensemble correspondre aux hypothèses de départ. Malheureusement la durée trop courte de l'étude et le caractère très perturbé du peuplement, du fait des éclusées hydro-électriques permanentes et surtout de la canicule de 2003, masquent largement l'effet potentiel de l'habitat sur la composition et la structure des communautés de poissons de l'Ain.

#### **Difficultés et contraintes :**

La difficulté d'obtenir de la part d'EDF des débits compatibles avec les opérations de terrain, même quand les débits naturels entrant dans ses barrages seraient compatibles avec ces dernières, est un problème récurrent, certes connu dès le départ, mais qui tend visiblement à s'accroître avec la privatisation de l'entreprise. Le milieu est inabordable les trois-quarts du temps, ce qui suppose une réactivité exceptionnelle de la part d'équipes de terrain maintenues en attente pendant de longues périodes. En l'occurrence, la perturbation des débits liquides a

certainement un effet beaucoup plus direct et immédiat sur l'ichtyofaune, que l'altération de la morphologie du lit.

La sécheresse caniculaire de 2003 et les étés chauds qui ont suivi étaient totalement imprévisibles et ont gravement affecté les espèces témoins. Les acquisitions récentes des géographes nous montrent que le positionnement des stations pourrait être meilleur que celui retenu au départ. Le volume de matériaux mobilisés pour la recharge sédimentaire du chenal apparaît bien trop faible pour se traduire par un changement morphologique sensible à l'échelle de nos stations de suivi de l'ichtyofaune (environ 2 km de long), et l'opération s'est faite bien trop tardivement pour que l'on puisse en apprécier les éventuelles conséquences dans le cadre de ce programme.

#### **Devenir :**

Le suivi du peuplement piscicole de l'Ain fait partie des objectifs du Syndicat de la Basse Rivière d'Ain, mais l'adapter à la problématique de mesure des effets de la restauration de l'habitat dans le lit mineur suppose un recadrage et un renforcement de l'effort d'investigation. Cela nécessite également que les sources de perturbations hydrauliques ou thermiques artificielles soient un peu mieux maîtrisées, notamment dans le cadre de la Cellule d'Alerte Ain, et que les impondérables climatiques ne se manifestent pas trop vigoureusement. Dans ce contexte global, un suivi long terme est le seul moyen d'espérer obtenir des résultats probants.

Une approche à l'échelle des micro-habitats, notamment pour les espèces benthiques, loche et chabot, pourrait peut-être aboutir à des résultats un peu plus nets, mais très circonstanciels et difficilement généralisables à l'échelle d'un tronçon représentatif du cours d'eau

Une étude des poissons des lônes restaurées est actuellement diligentée par le Syndicat de la Basse Vallée de l'Ain, mais ne prendra toute sa valeur que si elle est poursuivie sur un nombre d'années suffisant (comme par exemple pour les lônes du Rhône dans le cadre du programme décennal de restauration du Haut-Rhône).

#### **A.3.5. Les bras morts de l'Ain : connexions hydrologiques**

HH-Cemagref (**B. Chastan** ; J. Lecoz), UMR 5600 CNRS (H. Piégay, J. Lejot), Ecole Centrale – UMR 5509 (A. Perkins)

#### **Résultats les plus marquants et devenir**

Le présent programme a permis de sélectionner les lônes à restaurer en s'appuyant sur une connaissance écologique et physique de l'ensemble du corridor de l'Ain et une analyse plus détaillée des sites potentiels. Ces restaurations ont permis d'engager une restauration du chenal, les galets enlevés lors de leur recréusement étant injecté dans le lit de la rivière. Un protocole de suivi par imagerie haute résolution a par ailleurs été développé pour évaluer la durée de vie de ces bras; il est actuellement opérationnel.

Outre les actions de développement instrumental pour l'utilisation de l'aDcp en rivière, les travaux en hydraulique ont permis une meilleure reconnaissance des structures hydrauliques de recirculation contrôlant les échanges de matière entre une lône et le chenal principal à la connexion aval et de leur corrélation avec les dépôts sédimentaires dans et à proximité de l'embouchure de la lône.(figure)

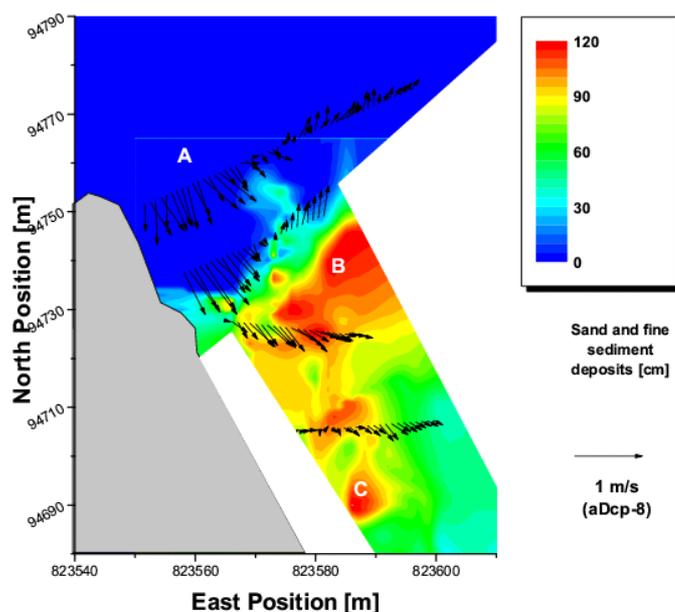


figure 1 - zones de recirculation et dépôts sédimentaires dans la lône de Port-Galland .  
 Dépôt de sédiments grossiers (A), sableux (B) et vaseux (C), en lien avec les recirculations secondaires éventuellement présentes selon le débit de l'Ain (ici campagne aDcp-8 à 500-550 m<sup>3</sup>/s en milieu de montée de crue).

### Contraintes et difficultés éventuelles.

Le développement instrumental est encore nécessaire pour pouvoir faire de la métrologie MES en routine à partir des appareillages aDcp ou d'autres méthodologies à imaginer et développer.

Il n'y a pas eu de crues fortes sur la période d'observation (le maximum observé est une crue environ biennale). La validité des résultats obtenus est à vérifier pour une gamme de crues plus fortes que celles qui ont été observées – restant néanmoins inférieures au seuil de mise en eau par l'amont de la lône). La méthode de déploiement (embarcation légère non motorisée) atteint ses limites pour des vitesses fortes et des corps flottants nombreux (mise en danger des opérateurs).

### Devenir

Compte tenu des préoccupations actuelles relatives à l'équilibre hydrosédimentaire des cours d'eau, notamment des cours d'eau aménagés, et des succès rencontrés dans la mise au point et l'utilisation des appareillages de type aDcp pour les mesures hydrométriques en rivière, il nous paraît important de poursuivre le développement instrumental pour l'acquisition des MES et les développements méthodologiques pour l'étude de leur transfert en cours d'eau. Des pistes sont actuellement explorées en collaboration avec la CNR pour l'étude du suivi temporel des signaux MES en crue à partir d'appareil fixes H-aDcp).

Le suivi sédimentaire et morphologique des lônes devrait se poursuivre jusqu'en 2010 dans le cadre du contrat de rivière de la basse vallée de l'Ain.

## A.4.6 Les bras morts de l'Ain : dynamiques végétales

UMR 5023, G. Bornette

### **Résultats les plus marquants**

Ce travail portant sur trois ans a eu pour objectifs d'identifier les groupes de réponse, c'est à dire les traits biologiques caractéristiques des espèces végétales, aux processus physiques caractéristiques des zones humides fluviales, qui sont l'érosion et le dépôt lors des crues. Le recours aux traits biologiques permet de pouvoir établir un modèle de réponse des communautés végétales à ces contraintes qui soit indépendant du contenu spécifique des communautés, et qui soit donc applicable dans tout cours d'eau de zone tempérée. Le travail portant sur les communautés végétales a donc adopté une démarche emboîtée de l'étude des processus régissant la réponse végétale aux contraintes hydrauliques :

- à l'échelle des communautés végétales : une analyse comparative du contenu en traits des communautés végétales en fonction de l'intensité des processus d'érosion et de dépôt prévalant dans les zones humides
- à l'échelle des espèces : i) une comparaison des performances hydrauliques d'espèces végétales en fonction de leur morphologie, et de leur histoire hydraulique (stagnant vs. courant) ; ii) une comparaison du patron de régénération des espèces en fonction du régime de brisure par les crues (unique ou récurrent) ; iii) une comparaison de la réponse des espèces végétales à 2 types de perturbations (érosion=brisure, et dépôt),
- à l'échelle infra-spécifique.

Le travail réalisé durant ces trois ans a permis d'améliorer significativement notre connaissance de la manière dont les contraintes physiques régissent la biodiversité dans les annexes fluviales. Il a permis d'ouvrir de nouvelles voies de recherche, en particulier sur la valeur adaptative de la plasticité phénotypique dans un contexte de contraintes hydrauliques récurrentes ou chroniques. Il a soulevé le problème des stress multiples générés par l'activité humaine (eutrophisation, changement climatique) qui sont susceptibles de remettre en cause la survie des populations végétales en vallée alluviale.

### **Difficultés et contraintes**

Les limites des approches comparatives, en termes de charge de travail, doivent être soulignées dans la mesure où la logique des thématiques prioritaires n'était pas de fournir des salaires, et que la collecte des données concernant les traits biologiques requiert du personnel qualifié pleinement disponible. Il a cependant permis de résoudre des problèmes méthodologiques forts, ce qui devrait nous permettre de finaliser les expérimentations qui n'ont pu aboutir dans le cadre de ce contrat.

La mise à disposition de crédits permettant à des post-doctorants d'acquérir une compétence complémentaire dans le champ de la relation entre contrainte hydraulique et structure des communautés nous a fait défaut, dans la mesure où l'acquisition de compétences très complémentaires à la notre dans ce champ aurait permis de fournir une quantification précise de l'effet des communautés végétales sur la vitesse du courant dans les écosystèmes aquatiques, et de prédire la réponse physique de ces écosystèmes (érosion ou dépôt) aux crues en fonction de leur degré et de leur type de végétalisation.

### **Devenir**

La finalisation de ces travaux repose essentiellement sur le recrutement d'un contractuel en thèse. Ce travail pourrait rebondir sur les techniques et les moyens développés dans ce projet, pour aboutir à un modèle réellement opérationnel qui prendrait en compte l'ensemble des traits évoqués en annexe, complétés par des traits hydrauliques (trainée et trainée relative),

des traits décrivant la plasticité phénotypique des espèces face au courant, et l'efficacité hydraulique de cette réponse plastique.

### **A.3.7. Approche sociologique et juridique de la dynamique sédimentaire**

Maison du Fleuve Rhône (A. Vincent) + IDE, Lyon 3 (A. Farinetti ; J. Untermaier)

#### **Résultats les plus marquants**

L'analyse sociologique souligne que dans le haut Diois, l'axe « gestion des sédiments » conduit dans le cadre du SAGE Drôme à partir des préconisations des scientifiques, se heurte à une vive opposition de la part d'une majeure partie des populations locales (agriculteurs, propriétaires riverains, « autochtones »). Se pose alors la question de la mise en œuvre des mesures concrètes envisagées en termes de « gestion patrimoniales » des sédiments.

Les enquêtes ethnologiques relatives à la place de la rivière auprès des habitants de la vallée montrent que celle-ci s'inscrit au sein d'un système de valeurs contradictoire avec celui des gestionnaires et des scientifiques. Ce système de valeurs repose sur la défense de la terre contre la rivière, défense s'originant dans la valeur agricole, au sein d'une économie de montagne, des terrains situés dans la plaine alluviale. Toute l'histoire du Diois est donc traversée par cette lutte ancestrale contre la « rivière ogresse ». L'ensemble des savoirs et savoir-faire relatifs à l'entretien des berges et du lit sont toujours connus, décrits et transmis(sibles).

La politique de gestion des sédiments s'inscrit donc dans un contexte social et culturel précis que, pour l'instant, elle ignore. Plus, elle révèle une autre conception du rapport à la rivière et à la nature. Nous sommes donc face à deux schèmes culturels – ou encore en référence au concept de Pierre Bourdieu, deux « rivières habitus » - qui s'opposent et s'affrontent au sujet de l'entretien de la rivière (et non face à une opposition systématique et globale au SAGE et à l'ensemble des actions du Contrat de rivière). Dans ces conditions, la réalisation des actions de gestion des sédiments paraît impossible. Une piste néanmoins pourrait être explorée pour sortir de cette situation de blocage : la co-construction d'un projet pour la rivière et son entretien selon les méthodologies employées au Canada et relevant de la mise en place d'un dialogue interculturel. Il s'agirait donc de s'engager dans la voie d'une gestion de l'interculturalité.

Une évolution récente de la législation va dans le sens d'une facilitation de la recharge sédimentaire. Des contraintes existent, mais toutes sont solubles et communes aux deux contextes différents de la Drôme et de l'Ain. Des particularités sont néanmoins observées sur l'Ain. Cela concerne la problématique du transfert des sédiments dans les barrages hydroélectriques, et la domanialité publique de l'Ain sur les tronçons concernés. En outre, les objectifs de restauration du fonctionnement géomorphologique de la rivière ne doivent/peuvent pas s'affranchir des contraintes résultant de la législation relative à la protection de la nature.

#### **Difficultés et contraintes**

L'analyse sociologique conduite sur la Drôme, notamment suite au travail de Balvet et de Péau n'a pas pu être abordé sur l'Ain malgré les souhaits que nous avons émis. Le principal problème reste financier puisque il n'a pas été possible de trouver de financements pour aborder cet objectif. L'effort a en revanche pu être fait au niveau des aspects juridiques, grâce à l'implication forte d'une doctorante de l'IDE (bourse MRT).

Nous espérons résoudre cette lacune avec l'arrivée de M. Cottet (Bourse MRT 2006) et l'implication d'A. Honegger, chargée de recherche CNRS, nouvellement arrivée à l'UMR 5600 et spécialiste des acteurs de l'eau, sur le thème de la perception des bras morts. Il s'agit

en effet d'un enjeu fondamental dans ces procédures de restauration en lien avec l'acceptabilité sociale et nous avons donc au sein du site-atelier « zone humide » identifié ce thème comme prioritaire.

### **Devenir**

Le diagnostic préalable à une politique de gestion de l'eau est pour l'heure envisagé essentiellement dans sa dimension écologique. Le cas de la Drôme montre que le contexte social et culturel doit aussi participer de ce diagnostic en tant que constituant une partie des données nécessaires à l'élaboration et la mise en œuvre à la fois de la gouvernance de la rivière et des actions de restauration/gestion des milieux. Se pose dès lors, notamment dans une perspective d'association/participation des riverains aux politiques conduites, la question de l'intégration dès l'amont du diagnostic social et culturel de la rivière. Le devenir de cette recherche résiderait donc dans le fait que les partenaires des politiques de l'eau en fassent un élément de l'état des lieux initial au même titre que celui sur les aspects physique et écologique.

## **A.4. Liste des produits finaux, dissémination des résultats**

Nous avons repris dans cette partie les produits les plus significatifs ainsi que la liste des thèses impliquées sur ce projet. Nous présentons ensuite les productions thème par thème.

### **A.4.1. Produits collectifs**

#### **Produits à destination des gestionnaires de cours d'eau**

Les travaux engagés dans le cadre de ce programme ont permis de mettre à la disposition des gestionnaires différents produits :

1) Un rapport juridique très détaillé permettant de comprendre le cadre légal d'une recharge sédimentaire. Ce travail est directement utilisable par d'autres collectivités pour engager ce type de démarche.

- Farinetti A., Comparaison des cadres légaux d'une recharge des tronçons incisés de la Drôme et de l'Ain, Rapport final, Inst. du Droit de l'Env., Univ. Lyon 3, Septembre 2006. 50 pages

2) Des outils d'aide à la décision pour la sélection de sites à restaurés et la définition d'opération de restauration et leur suivi. Des couches d'information géographique ont été également transférées aux gestionnaires pour constituer leur état des lieux et assurer de manière pérenne leur propre suivi dans le cadre des contrats de rivière.

- Liébault F. et Eyraud D. 2004. Guide pour la présélection des sites expérimentaux pour le suivi de la recharge sédimentaire dans le bassin versant de la Drôme. Projet LIFE « Forests for Water » LIFE03/ENV/S/000601, UMR 5600 du CNRS et ONF Drôme-Ardèche, 16 p.
- Lejot J., Piegay H., (2005). Suivi pluriannuel de l'évolution de la couverture topographique et bathymétrique des sites de recharge par imagerie aérienne (drone) et

GPS Différentiel. *Etude pilote destinée à développer de nouveaux indicateurs pour le suivi des actions et réaliser des simulations par SIG d'évolution des sites restaurés (période 2005 – 2007)*. 21 p.

- Rollet A.J., Piégay H., Lejot J., Citterio A., Dufour S., (2005). Expertise hydrogéomorphologique en vue du diagnostic fonctionnel des habitats, de la restauration du transit sédimentaire et des îlons. *Programme Life Nature Conservation des habitats créés par la dynamique de la rivière Ain*, 172 p.
- 4) Un développement instrumental pour évaluer l'effet des actions de restauration. C'est le cas des développements concernant l'aDcp et le DGPS couplé aux suivis par imagerie Haute Résolution, ainsi que le développement du code RubarBE diffusé par le Cemagref (avec interface PAMHYR).
- 5) Les suivis écologiques réalisés par les équipes sur 3 voire 5 ans constituent des éléments de connaissance inestimables. Ceux-ci comme ceux réalisés sur le Rhône permettront de mettre en lumière l'efficacité ou non des actions. Ces travaux constituent notamment un élément essentiel pour aider les gestionnaires dans la mise en œuvre du programme de mesure de la DCE en 2009. L'atteinte du bon état écologique peut en effet se faire par des améliorations de la qualité physique et rares sont encore les actions de restauration s'étant appuyées sur un suivi scientifique rigoureux permettant de clairement mesurer leurs effets.
- 6) Plusieurs chercheurs du groupe ont participé à la réalisation d'un guide technique sur les anciens bras fluviaux s'appuyant sur les acquis de ce programme. Il s'agit d'un des cahiers techniques Rhône Alpes du CREN qui circule actuellement au sein du groupe pour validation.

### **Expertise nationale et internationale**

Les résultats acquis dans le cadre de ce projet permettent aux chercheurs de la ZABR de s'impliquer dans des projets internationaux et d'apporter une expertise originale. La ZABR participe à deux projets pour lesquels les travaux de ce programme sont utiles :

- Agenda Espace Fluvial, projet interreg 3 B Espace alpin, projet qui a porté sur la façon d'intégrer la gestion des risques dans les stratégies d'aménagement de l'espace fluvial de cours d'eau de l'arc alpin. Ce projet a permis de porter à connaissance les travaux de recherches en cours sur la Drôme, les modes de gestion de la rivière (SAGE, contrat de rivière) et de favoriser des échanges entre les gestionnaires des rivières de l'Arc alpin.
- Restauration des bras morts du Sacramento financée par The Nature Conservancy en Californie. Un séminaire Franco-américain est ainsi organisé en novembre 2006 en partenariat avec le SIVU de la basse vallée de l'Ain. Quatre représentants américains (gestionnaires et scientifiques) visiteront les sites restaurés.

Les travaux conduits dans ce programme sur les îlons ont également facilité la création du groupe Doppler : groupe national de concertation et de normalisation pour l'utilisation des appareillages aDcp en hydrométrie. Rassemble des organismes opérationnels (DIREN, CNR, EDF, SCHAPI) et des établissements de recherche (Cemagref, IRD, LTHE, CEREGE), avec

en projet l'édition en 2007 d'un manuel aDcp français/anglais en cours d'écriture : "Utilisation des profileurs à effet Doppler (aDcp) en rivière – Guide méthodologique".

### Séminaires scientifiques

Quatre séminaires ont été organisés par la ZABR et s'appuyent sur les connaissances scientifiques acquises dans le cadre de ce projet :

- **Séminaire d'échanges de la ZABR, Lundi 11 avril 2005**  
**"Espace de liberté, de rétention, de bon fonctionnement : des outils pour une gestion équilibrée des cours d'eau"**  
Ce séminaire visait à dresser un état des lieux des concepts d'espaces de liberté, de rétention et de bon fonctionnement et à apprécier leurs évolutions depuis 20 ans, leur mise en application sur le terrain ainsi que les plus-values à apporter pour leur mise en œuvre. Dans ce cadre a été présentée la stratégie de mise en œuvre du concept d'espace de liberté dans le SAGE de la basse vallée de l'Ain. Cette conférence a rassemblé 103 participants.
- **Séminaire d'échanges de la ZABR, Jeudi 2 février 2006**  
**L'observation sociale du fleuve. Actualités et perspective.** Les travaux sociologiques et juridiques conduits sur les terrains de la Drôme et de l'Ain ont servi de base pour la construction de ce séminaire d'échanges organisé par la Zone Atelier Bassin du Rhône. La première session de ce séminaire était intitulée : « Gestion sédimentaire et approche sociale : le cas de la Drôme » et comprenait une intervention d'une part de Aude Farinetti « Le droit des cours d'eau face à la complexité des hydrosystèmes », d'autre part d'André Vincent « Le milieu humain, condition de la gestion des cours d'eau ». Ce séminaire a réuni 89 personnes provenant de collectivités territoriales, des administrations de l'Etat, de bureaux d'études, de prestataires privés, d'universitaires et chercheurs, d'associations et particuliers (cf : Bilan du séminaire d'échanges du 2 février 2006 édité par la ZABR).
- **3<sup>ème</sup> journée thématique de la ZABR, Mardi 20 juin 2006**  
**L'ingénierie écologique des cours d'eau – quelles évolutions depuis 20 ans.** Cette journée technique qui a rassemblé 130 participants a constitué l'occasion de faire des parallèles entre les pratiques d'ingénierie écologique des bassins de l'Ain et de la Drôme et les retours d'expériences d'autres bassins versants.
- Un séminaire est organisé en novembre 2006 en partenariat avec le CREN et le SIVU pour clôturer le programme « thématique prioritaire » sur l'Ain. Il est organisé autour de la « Gestion et restauration des corridors fluviaux avec des regards croisés sur l'Ain et le Sacramento ». Nous accueillerons des collègues californiens qui vont engager prochainement des restaurations de bras mort. Le séminaire est organisé en deux temps, une première journée avec les élus afin de présenter les différentes expériences de restauration et d'en tirer les premières conclusions et une seconde journée plus technique impliquant gestionnaires et scientifiques et s'appuyant sur des visites de terrain.

### Thèses associées à ce projet

- Abdoli A., (terminé en 2005). Réponse des populations de Chabot (*Cottus gobio*) à la variabilité environnementale dans un réseau hydrographique. Université Claude Bernard Lyon1

- Abrami G. (en cours) Modélisation dans un formalisme Agent-Groupe-Rôle pour les interactions entre niveaux d'organisation pour des scénarios de gestion des étiages, Application au SAGE de la Drôme, Thèse Cemagref Montpellier
- El Kadi K. (terminé en 2006) « Evolution d'un lit de rivière en fonction des apports ». Mécanique des Fluides Université Lyon 1.
- Farinetti A. (en cours) "La protection juridique des cours d'eau. Contribution à l'étude de l'appréhension juridique des objets complexes". Institut du Droit de l'environnement. Université Lyon 3.
- Le Coz J. (en cours) : Fonctionnement hydrosédimentaire des bras morts de rivière alluviale ; application au cas des lônes de l'Ain. Ecole Centrale Lyon.
- Lejot J. (en cours) : Imagerie à haute résolution (par drone) pour l'étude de la dynamique des systèmes fluviaux, application à l'Ain et au Rhône. Université Lyon 2.
- Rollet A.J. (en cours): Evolution récente du bilan sédimentaire de la basse rivière d'Ain, conséquences sur l'évolution de la connexion milieux riverains – chenal. Université Lyon 3.
- Puijalon S. (terminée en 2004). Perturbations physiques dans les communautés végétales : Modélisation de la réponse hydrodynamique des végétaux aquatiques à différentes conditions hydrauliques et adaptations morphologiques. Université Lyon 1.
- Toone J. (en cours): Relation entre la géomorphologie et les communautés macro-invertébrées dans un tronçon fluvial en cours d'incision, la Drôme entre Luc-en-Diois et la confluence avec le Bez. Doctorante en cotutelle avec l'université de Loughborough (R.U.)

### **Nouvelles thèses démarrant en 2006**

- Alber A. (démarré en 2006) : L'érosion des berges, conséquences en matière de recharge sédimentaire et de gestion du risque d'inondation. Le cas de l'Ain
- Cottet M. (démarré en 2006) : La perception des bras morts par les riverains et les acteurs de l'eau, cas de l'Ain et du Rhône.

### **A.4.2. Produits par thème**

#### **Budget sédimentaire et modélisation hydraulique de l'Ain**

##### **Publications**

- El Kadi, K. and Paquier, A., 2004a. Computation of dam-break waves over a movable bed: Influence of initial bed discontinuity and bed materials, EC Contract EVG1-CT-2001-00037 IMPACT Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty, Proceeding 4th Project Workshop, Zaragoza, ESP, 3-5 November 2004, pp. 10.
- El Kadi, K. and Paquier, A., 2004b. Sediment transport and morphological changes in the Ha! Ha! River induced by the flood event of July 1996, EC Contract EVG1-CT-2001-00037 IMPACT Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty, Proceeding 4th Project Workshop, Zaragoza, ESP, 3-5 November 2004, pp. 13.
- El Kadi, K. and Paquier, A., 2004c. Simulation and prediction of river morphologic changes using RubarBE, River flow 2004, Naples, ITA, June 2004, pp. 89-98.
- El Kadi, K. and Paquier, A., 2004d. Simulation of dam-break wave flowing over a prismatic movable valley, EC Contract EVG1-CT-2001-00037 IMPACT Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty, Proceeding 4th Project Workshop, Zaragoza, ESP, 3-5 November 2004.
- El Kadi, K. and Paquier, A., 2005. 1 dimensional model for non-uniform sediments, 8th ICFS, International Conference on Fluvial Sedimentology, Delft, NLD, pp. 2.
- Graham D., Rollet A.J. (in prep.). From fieldwork to automatic analysis: conversions between alternate methods of surface grain-size characterisation for fluvial gravels. *Water Resources Research*

- Lejot J., Delacourt C., Piégay H., Dru E., Trémélo M.L., Fournier T., (in prep) Very high spatial resolution imagery for reconstructing channel bathymetry and topography from an unmanned controlled platform. *Earth Surface Processes and Landforms*
- Lejot J., (2006). Caractérisation des formes fluviales par imageries haute résolution (drone). Exemple de la Basse Vallée de l'Ain et du Haut Rhône. Séminaire de recherche interne de la ZABR, p 25-30
- Paquier, A. et al., 2005. Fonctionnement hydrosédimentaire de l'Ain et de ses annexes fluviales, Colloque ECCO, Toulouse, 5-7 décembre 2005, pp. 351-356.
- Ramez, P. and Paquier, A., 2004a. Morphologie des rivières à gravier pavées avec berges érodables. Partie 1 : valorisation d'expériences de laboratoire, Houille blanche(5): 101-106.
- Rollet A.J., Piégay H. (2005). "Dynamique et gestion des sédiments sur une section fluviale à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain". *Séminaire inter-chercheurs ZABR, 14 octobre 2005, Marcy l'étoile.*
- Rollet A.J., Piégay H., (2006). Caractérisation des formes fluviales par imageries haute résolution (drone). Exemple de la Basse Vallée de l'Ain et du Haut Rhône. *Séminaire de recherche interne de la ZABR*, p 31-36
- Rollet A.J., Piégay H. (in prep.). Restoration of bedload transport in a meandering river downstream from a dam : the Ain river, France. *Regulated river.*
- Ramez, P. and Paquier, A., 2004b. Morphologie des rivières à gravier pavées avec berges végétalisées. Partie 2 : validation sur des mesures in situ, Houille blanche, 5: 107-114.
- Zech, Y. et al., 2004. Sediment Movement Model Development, Dam Safety 2004, Association of State Dam Safety Officials (ASDSO), Phoenix, USA, 26-30 September 2004, pp. 16.

## Communications

- Rollet A.J., Dufour S. (2006). L'Ain, une rivière qui déménage. *Conférence Fête de la rivière d'Ain*, 26 juin
- Delacourt C., Lejot J., Piégay H., Rollet A.J., Allemand P., Grandjean P., Paquier A. (2005). "Apport de l'imagerie haute résolution pour l'étude de la dynamique des systèmes fluviaux". Colloque de Restitution Scientifique du *Programme National* coordonné ANR "ECCO » 5, 6 et 7 décembre 2005, Toulouse.
- Paquier A., Bornette G., Chastan B., Dramais G., El Kadi K., Le Coz J., Perkins R., Piégay H., Ramez P., Rivière N., Rollet A.J. (2005). "Fonctionnement hydrosédimentaire de l'Ain et de ses annexes fluviales". Colloque de Restitution Scientifique du *Programme National* coordonné ANR "ECCO » 5, 6 et 7 décembre 2005, Toulouse.
- Rollet A.J., Piégay H. (2005). "Incidence des activités anthropiques sur la dynamique morphologique récente de deux cours d'eau à charge caillouteuse : Le Doubs et l'Ain" Rencontre Loire Nature *Morphodynamique fluviale*, 28,29 et 30 novembre 2005, Moulins sur Allier.
- Rollet A.J., Piégay H. (2005). "Dynamique et gestion des sédiments sur une section fluviale à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain". *Séminaire inter-chercheurs ZABR, 14 octobre 2005, Marcy l'étoile.*
- Lejot J. (2005). Caractérisation des formes fluviales par imageries haute résolution (drone). Exemple de la Basse Vallée de l'Ain et du Haut Rhône. Séminaire de recherche interne de la ZABR, Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 14 octobre 2005
- Rollet A.J., Piégay H. (2005). "Example of bedload restoration in a french meandering river downstream dams : the case of the Ain river.". Séminaire international (6ème édition) *Gravel bed river*, Lienz (Autriche) 7-9 septembre 2005

## Posters

- Rollet A.J., Piégay H. (2005). Example of bedload restoration in a french meandering river downstream dams : the case of the Ain river. Séminaire international (6ème édition) *Gravel Bed River*, Lienz (Autriche) 7-9 septembre 2005.
- Lejot J., Delacourt C., Piégay H., Trémélo M.L., Fournier T., Grandjean P., 2005. High spatial resolution for modelling former channel. *Gravel Bed River 6*, Lienz (Austria), 7-9 septembre 2005.

### **Diffusion de la culture scientifique**

- Rollet A.J., Dufour S. (2006). Les intérêts d'une rivière dynamique, l'exemple de l'Ain. *Les cahiers de Lucinges*, n° 39
- Rollet A.J., Lejot J., Dufour S., 2005. Les outils scientifiques de terrain. *Animation d'un stand grand public dans le cadre de la fête de la rivière*, 2 juillet.

### **Stage en 2006**

- En 2006, stage de F. Reynaud (UCBL) "Evolution des sections en travers du lit de la basse vallée de l'Ain entre 1976, 1987 et 2004"

## **Géomorphologie et hydraulique de la Drôme**

### **Colloques**

- Bravard J.P., Brochier J.L., Allignol F. et Thiébaud S., 2006. *Dynamique holocène des versants et lits fluviaux dans la vallée de Boulc (Diois, Préalpes du Sud, France)*. Old'man river : aspects géo-archéologiques des rivières et des plaines alluviales, Colloque International de Géoarchéologie de Gand, Belgique, 22-24 septembre 2006, organisé par 11th joint geomorphological meeting (Belgium-Italy-France-Romania).
- Frey P., De Block B. et Liébault F., 2005. *Studying bed-load transport of tributaries to mitigate the Drôme bed degradation*. EGU, 24-29 April, Vienna, Austria, 08284.

### **Conférences**

- Liébault F. Transferts sédimentaires et réponses morphologiques des systèmes torrentiels. Les séminaires de l'Institut de Mécanique des Fluides et des Solides de Strasbourg (UMR 7507 du CNRS), 2 février 2006.

### **Publications scientifiques**

- Liébault F., Gomez B., Page M., Marden M., Peacock D., Richard D. et Trotter C.M., 2005. Land-use change, sediment production and channel response in upland regions. *River Research and Application*, 21: 739-756.
- Liébault F., 2005. The channel response of an alpine torrent to the reforestation of its watershed (the Sure Torrent, Southern French Prealps). *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, XXXIX: 49-69.
- Liébault F., 2006. *La sensibilité du paysage torrentiel des montagnes drômoises aux modifications de l'environnement au cours du XXe siècle*. In: P. Allée et L. Lespez (Editeurs), *L'Erosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement*, Table ronde en l'honneur du Professeur René Neboit-Guilhot. Presses Universitaires Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 25-26-27 mars 2004, pp. 305-310.
- Liébault, F. et Laronne, J.B., soumis. Factors affecting the evaluation of bedload transport in gravel-bed rivers using scour chains and painted tracers: the case of the Esconavette Torrent. *Geodinamica Acta*.
- Liébault, F. et Clément, P., soumis. La mobilité de la charge de fond de rivières torrentielles méditerranéennes. *Géographie physique et Quaternaire*.
- Clément P. et Liébault F. sous presse. Exportation solide en moyennes montagnes et modes d'action de l'érosion fluviale. Hommage à Alain Godard, Presses Universitaires Blaise Pascal, Collection Nature et Sociétés, Clermont-Ferrand.

### **Diffusion de la culture scientifique**

- Publication de 6 articles de vulgarisation scientifique dans la presse locale (Journal du Diois, Crestois) sur le thème du transport solide et de la gestion des sédiments dans le bassin versant de la Drôme, en collaboration avec la Communauté des Communes du Val de Drôme et la société Silicon Worlds

### **Stages – mémoires universitaires**

- Deblock, B. 2004. Etude du transport solide d'affluents de la Drôme dans le cadre de la recharge sédimentaire. Stage fin d'études ENGEES Strasbourg. Structure d'accueil : Cemagref de Grenoble, Division ETNA.
- Klein, T. 2006. Transferts sédimentaires en moyenne montagne méditerranéenne : les sites expérimentaux de la Drôme. Stage MASTER 2 Géosciences-Environnement-Risques, Spécialité Risques Technologiques et Naturels, Parcours Risques Naturels, Université Louis Pasteur Strasbourg 1. Structure d'accueil : laboratoire Environnement-Ville-Société, UMR5600 du CNRS, Lyon.

## **Ecologie des milieux aquatiques / Drome**

### **Articles scientifiques publiés et sous presse**

- Abdoli A., Pont D. & P. Sagnes (2005). Influence of female age, body size and environmental conditions on annual egg production of the bullhead (Bez drainage, Drome, France). *Journal of Fish Biology*. 67(5): 1327-1341.
- Abdoli A., Pont D. & P. Sagnes (in press). Intrabasin variation in age and growth of bullhead: The effect of temperature. *Journal of Fish Biology*.
- Chaumot, A., Milioni, N., Abdoli, A., Pont, D. et Charles, S. (2006). First step of a modeling approach to evaluate spatial heterogeneity in a fish (*Cottus gobio*) population dynamics. *Ecological Modelling*, 197: 263-273.

### **Articles scientifiques soumis ou à soumettre dans les prochains mois.**

- Cattaneo F., B. Huguéy • A. Abdoli, B. Dumont & D. Pont. Foraging strategies in sculpin (*Cottus gobio* L., Cottidae) populations: intraspecific competition drives niche expansion and diet specialization. *Can. J. Aquatic Sciences Fisheries*.
- Pont D., H. Piégay, S. Allain, B. Dumont, A. Farinetti, N. Landon, F ; Liébault & A. Mazet. Conceptual model and interdisciplinary approach for the sustainable management of gravel-bed rivers: the case of the Drôme basin (France). *Ecological Management*.

### **Articles scientifiques en préparation**

- Pont D., Abdoli A., Monneret C., Sagnes P., Piégay H, Landon N & Huguéy B. Spatial variability of a bullhead population (*Cottus gobio* L.) in an entire drainage system (bez, france): influence of temperature and environmental heterogeneity on life history traits.

### **Participation à des conférences internationales**

- Abdoli A., Pont D. & Sagnes P. (2004). Within population variability in annual egg production of Bullhead (*Cottus gobio*) : influence of densities, maternal effect and thermal gradient. 29th Congress of the International Association of Limnology in Finland (8-14 August 2004). Poster.
- Pont D., Abdoli A., Charles S., Huguéy B., Kestemont P., Reyjols Y., Rogers C. & Sagnes P. (2006). Global warming, geographical distribution and life history strategy of the bullhead (*Cottus gobio*). Ecology of stream fish : state of the art and future prospects. 2<sup>nd</sup> Symposium. 12-16 June. Leon (Spain).
- Milioni, N, Chaumot, A.,, Abdoli, A., Pont, D. et Charles, S. (2006). A modeling approach to evaluate spatial heterogeneity in a fish (*Cottus gobio*) population dynamics. SETAC Europe, 16th Annual Meeting (7-11 mai 2006), The Hague, The Netherlands.

### **Rapports de Master**

- Milioni, N. (2006). Effets de la température dans la variation des traits d'histoire de vie des téléostéens. Rapport de Master 2.

- Monneret, C. (2004). Typologie morphodynamique et modélisation de l'habitat du chabot sur le bassin versant du Bez, Haut-Diois, France, Université Lumière Lyon II. Rapport de Master 2.
- Cottet M. (2006). Université Lumière Lyon II. Rapport de Master 2.

### **Actions de transfert et de communication**

- Pont, D.& C. Rogers (2005). Quels sont les impacts potentiels du changement climatique sur la faune piscicole des cours d'eau français ? *Eaux Libres*, 40 :24-27.
- Pont D. 2004. Le chabot du Bez, un modèle pour l'étude des conséquences du réchauffement climatique sur les milieux aquatiques. *Le Courrier des Epines Drômoises*. 121. 2 pages.
- Pont D. 2004. Les peuplements de poissons du bassin du Bez. Conférence grand public (Fête de la Sciences). Die (Drôme). 28-10-2004.

### **Morphologie du lit mineur et peuplement piscicole dans l'Ain**

#### **Articles :**

- Les résultats actuels rendent toute publication scientifique par trop prématurée, mais si l'on est en mesure de maintenir l'effort de prospection sur plusieurs saisons et moyennant quelques réajustements, le jeu de données acquises pourrait devenir significatif.

▪

#### **Communications orales :**

- Les problèmes spécifiques à l'ichtyofaune de la basse rivière d'Ain, notamment par rapport à la sécheresse caniculaire de 2003, ont été exposés à l'occasion de la réunion du Groupe Hydrobiologie et Thermie, lors de sa réunion au Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, le 2 Décembre 2004.
- La situation particulière de l'ombre commun dans l'Ain a également été évoquée dans une communication invitée : Ecology, population dynamics, and sensitivity of the European grayling in natural and disturbed environments. Henri Persat, Jean-Paul Mallet, Sandrine Charles-Bajard, *1st International Conference on Genus Thymallus*, York, 11-13 July, 2006.

▪

#### **Action de transfert et de communication:**

- Les problèmes de la rivière d'Ain, et notamment de gestion des débits liquides et solides, ont fait l'objet d'une conférence-débat dans le cadre de la fête de la rivière et de la fin du programme Life Ain. : L'eau, enjeu vital de la basse vallée de l'Ain, Poncin 28 Juin 2006.

### **Les bras morts : approche hydraulique**

#### **Articles/proceedings**

- LE COZ J., CHASTAN B., VÉDIE F., DRAMAIS G. (2006). - *Emplois de l'aDcp en rivière : une revue de synthèse. soumis à La Houille Blanche.*
- LE COZ, J., PIERREFEU, G., BROCHOT, J.-F., SAYSSET, G. et MARCHAND, P. Jaugeage des rivières par aDcp : pour une culture commune. *soumis à La Houille Blanche.*
- ROTARU, E., LE COZ, J., DROBOT, R., ADLER, M.-J. et DRAMAIS, G. (2006). ADcp measurements of suspended sediment fluxes in Banat rivers, Romania. *Balwois, Ohrid, Macedonia*
- LE COZ, J., HAUET, A., VÉDIE, F., DRAMAIS, G., CHASTAN, B. et PAQUIER, A. (2006). Recirculating flow pattern assessment from aDcp, LS-PIV and 2Dh modelling. *RiverFlow2006, Lisbon, Portugal.*

- LE COZ, J., BREVIS, W., NIÑO, Y., PAQUIER, A. et RIVIÈRE, N. (2006). Flow patterns in open-channel side-cavities: a comparison of field and flume experiments. *RiverFlow2006, Lisbon, Portugal*

### **Comm. orales / posters**

- LE COZ, J., PIERREFEU, G., BROCHOT, J.-F., SAYSSET, G. et MARCHAND, P. (2006). Connecting French aDcp users: the "Groupe Doppler". *RDI ADCPs in Action, Cannes, France*.
- LE COZ, J., DRAMAIS, G. et PAQUIER, A. (2006). Post-processing tools for aDcp river measurements. *RDI ADCPs in Action, Cannes, France*.
- DRAMAIS, G., ROTARU, E., LE COZ, J. et CHASTAN, B. (2006). Testing aDcp potential for suspended-load measurements in rivers. *RDI ADCPs in Action, Cannes, France*.
- LE COZ, J., HAUET, A., PAQUIER, A., VÉDIE, F., DRAMAIS, G. et CHASTAN, B. (2005). Flow properties and sediment transfer to abandoned channels. *8th International Conference on Fluvial Sedimentology, Delft, The Netherlands*. 176

### **Note technique**

- DRAMAIS, G., BRANGER, F., LE COZ, J. et RIBOT-BRUNO, J. (2005). Contrôle, mise en œuvre et suivi des capteurs autonomes DIVER. *Lyon, Cemagref*.

### **Ecologie des lônes**

#### **Articles dans des revues internationales de rang A :**

- Puijalon, A.S. & Bornette, G. 2004. Morphological variation of two taxonomically distant plant species along a natural flow velocity gradient. *New Phytologist* 163 : 651-660.
- Puijalon, S., Bornette, G. & Sagnes, P. 2005. Adaptations to increasing hydraulic stress : morphology, hydrodynamics and fitness of two higher aquatic plants. *Journal of Experimental Botany* 56 : 777-786.
- Puijalon, S., Bornette, G. 2006. Phenotypic plasticity and mechanical stress: biomass partitioning and clonal growth of an aquatic plant species. *American Journal of Botany* 93 : 1090-1099.

#### **Article soumis :**

- Puijalon, S., Léna, J.-P., & Bornette, G. Interactive effects of nutrient and mechanical stresses on plants: adaptive vs. inevitable response (*Annals of Botany*).
- Puijalon, S., Piola, F., & Bornette, G. Abiotic stresses increase plant regeneration ability (*Evolutionary Ecology*).

#### **Article en préparation :**

- Bornette, G. A conceptual model of plant strategies in riverine wetlands submitted to recurrent physical disturbances.
- Bornette, G., Puijalon S., Rostan J.-C., Elger, A. Hydraulic disturbances shape plant traits in riverine wetlands.

#### **Communications dans des colloques:**

- Bornette, G. 2003. A conceptual model of plant strategies in fluvial hydrosystems. 45th Symposium of the International Association for Vegetation Science, Napoli, Italy, 8-14 juin 2003.
- Bornette, G. 2004. Aquatic plants and environmental factors that prevail in river wetlands : from plant communities to adaptive strategies. Symposium of Aquatic Plant Biology in Freshwater habitats : Macrophytes in Freshwater Habitats: Ecology and Management, Wuhan Botanical Garden, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 9 – 14, October, 2004
- Puijalon, S. Morphological adaptations and hydrodynamic behaviour of *Berula erecta* and *Mentha aquatica* along a velocity gradient. Workshop « Ecological responses to hydraulic constraints », UMR CNRS 5023, 13-14 December 2004.
- Puijalon, S., Bornette, G. & Lamouroux, N. Adaptations morphologiques et propriétés hydrodynamiques de *Berula erecta* et *Mentha aquatica* sur un gradient de vitesse de courant. 3<sup>ème</sup> Symposium de Morphométrie et Evolution des Formes, Paris, 13-14 March 2003.
- Puijalon, S., Bornette, G. & Sagnes, P. Phenotypic variation and hydrodynamic behavior of aquatic plants facing increasing current velocity. Vth International Symposium on Ecohydraulics, Madrid (Spain), 12-17 September 2004.

- Puijalon, S., Bornette, G. & Sagnes, P. Plasticité phénotypique et réponse aux stress mécaniques, ECOVEG, Lyon, 17-18 February 2005.
- Puijalon, S., Bornette, G. & Sagnes, P. Adaptive responses to mechanical stress: phenotypic plasticity, hydrodynamic performance and fitness of aquatic plants exposed to current. British Ecological Society – Annual Meeting. University of Hertfordshire, Hatfield (United Kingdom), 5-7 September 2005.
- Puijalon, S. Adaptations of aquatic plants to mechanical stress: morphological responses and phenotypic plasticity. Department of Ecology, Radboud University Nijmegen, the Netherlands, 10-11 October 2005.

#### **Posters :**

- Sagnes, P., Puijalon, S., Péru, N. & Lamouroux, N. Hydraulic constraints and morphological adaptations: examples in freshwater fish, invertebrates and macrophytes. V International Symposium on Ecohydraulics, Madrid (Spain), 12-17 September 2004.
- Puijalon, S. & Bornette, G. Stratégies adaptatives des végétaux aquatiques soumis à des contraintes hydrauliques. Implications dans la structure des communautés végétales. XVèmes Rencontres Régionales de la Recherche, Lyon, 18 October 2004.

#### **Participation à des programmes de recherche européens:**

- COST-Action 626. European Modelling Network., Salzburg, Autriche, 24-26 Mars 2004, communication au groupe de travail « Floodplain vegetation modelling » : « Adaptations to increasing hydraulic stress: morphology, hydrodynamics of two higher aquatic plant species ».
- COST-Action 626. European Modelling Network., Madrid, Espagne, 9-10 Septembre 2004

#### **Communications dans des colloques:**

- Mony, C., Puijalon, S. & Bornette, G. Réponses plastiques de trois espèces aquatiques clonales au régime de perturbations, GDR "Modifications d'utilisation des terres: processus écologiques et activités humaines", Grenoble, 18 mars 2005.

#### **Rapport de stage:**

- Chatenet, A. 2005. Réponses morphologiques de deux espèces de plantes aquatiques à trois types de perturbations. Rapport de fin d'études, Master 1 sciences du vivant, Grenoble, 17 pp.

### **Droit et sociologie**

#### **Publication**

- FARINETTI, « Le cadre légal d'une recharge des tronçons incisés de la Drôme », in Gouvernance de bassin et gestion physique des cours d'eau dans la vallée de la Drôme, CNRS – Programme Environnement Vie et Société, Appel à projets « Territoires, environnement et nouveaux modes de gestion : la gouvernance en question », Juillet 2005, pp. 143-186.
- FARINETTI, Comparaison des cadres légaux d'une recharge des tronçons incisés de la Drôme et de l'Ain, Rapport final, IDE, Septembre 2006.
- D. PEAUD, La rivière Drôme dans le Diois (usages, pratiques, représentations), mémoire de Maîtrise d'ethnologie, Université Lumière Lyon2, année universitaire 2002-2003
- D. BALVET, Approche ethnographique de la rivière Drôme dans le Diois, Compte-rendu de terrain, Maison du fleuve Rhône, Septembre 2004
- VALETTE, La crue de la Drôme de décembre 2003 dans le Diois, Compte-rendu de terrain, Maison du fleuve Rhône, Juin 2005
- VINCENT, « Paradoxes, obstacles et enjeux de la restauration physique de la rivière Drôme », in Gouvernance de bassin et gestion physique des cours d'eau dans la vallée de la Drôme, CNRS – Programme Environnement Vie et Société, Appel à projets « Territoires, environnement et nouveaux modes de gestion : la gouvernance en question », Juillet 2005.

### **Communications orales**

- Colloque international relatif aux transferts sédimentaires organisé par l'UMR 5600 à Die en septembre 2002, communication de Aude FARINETTI : « Sustainable management of bedload transfert. Perspective for improving french low ».
- « Le réveil du Dodo », 1<sup>ère</sup> journée française pour la conservation de la biodiversité, Université Lyon 1, avril 2003, communication de Aude FARINETTI : « Régulation juridique du transfert sédimentaire et protection de la biodiversité des cours d'eau ».
- « Appréhension juridique des processus sédimentaires », intervention de Aude FARINETTI lors de la journée nationale de formation des agents du Conseil Supérieur de la Pêche, le 8 septembre 2006 à Lyon.
- Colloque « L'eau en montagne » organisé dans le cadre du 2<sup>ème</sup> congrès International « L'eau en montagne. Gestion intégrée des hauts bassins versants » les 20,21,22,23 septembre 2006 à Megève, session 8 « Gouvernance », communication de André VINCENT : « Autour de la rivière le milieu humain : prise en compte du contexte social et culturel dans la mise en œuvre d'une politique de gestion de l'eau ».

## **B) Partenariat socio-économique**

Les partenaires socio-économiques pleinement impliqués dans le projet sont :

- La Communauté de Commune du Val de Drôme,
- Le Syndicat de la Basse Vallée de l'Ain,
- Le CREN,
- L'ONF (Délégation Rhône Alpes)

Le présent projet permet de supporter l'effort scientifique et répond directement à la demande locale qui émane principalement de la Communauté de Commune du Val de Drôme, et du SIVU de la Basse Vallée de l'Ain, organismes gestionnaires des bassins versants qui mènent des réflexions et actions poussées sur la question de la recharge sédimentaire afin de sauvegarder ces écosystèmes. Il intègre les préoccupations de la Diren Rhône-Alpes qui s'interroge sur la restauration de débits morphogènes par une modification de la gestion des barrages. Les travaux ont été engagés conformément à des objectifs définis dans les SAGE et sont également portés dans le cadre de deux LIFE, un LIFE Nature sur l'Ain animé par le SIVU et le CREN, et un LIFE Environnement sur la Drôme animé par le CCVD et l'ONF.

Le Syndicat Intercommunal d'aménagement du Bassin Versant de l'Albarine initialement impliqué dans le projet n'a malheureusement pas été intégré. L'étude géomorphologique de la rivière a en effet été confiée à un bureau d'étude et le partenariat scientifique - gestionnaire n'a donc pas été confirmé. Au cours du printemps 2006, le Syndicat nous a cependant demandé de définir un protocole de suivi du transport solide car le bureau d'étude n'a pas pu réaliser cette action. Nous avons bon espoir qu'une coopération puisse se concrétiser dans ce cadre et qu'un suivi inter-annuel puisse être conduit. Cela permettra de valider la contribution de l'Albarine au budget sédimentaire de la basse vallée de l'Ain, estimé dans notre projet.

Dans les paragraphes qui suivent, le point de vue de nos collègues gestionnaires impliqués dans le projet sur les travaux scientifiques en cours et le cadre partenarial est ainsi présenté.

**M. Vieux-Melchior, chargée de mission à la Communauté de Commune du Val de Drôme (CCVD) et participant au LIFE Eaux et Forêt.**

La CCVD, pilote du SAGE et du Contrat de rivière Drôme a soutenu le projet de recherche "Modifications anthropiques des flux sédimentaires des cours d'eau, réponses des écosystèmes aquatiques et actions de restauration" non seulement parce que le lien entre chercheur en géomorphologie fluvial est ancien sur le bassin, mais également parce que l'approche proposée étaient multi thématique.

En effet, la question du transport solide est une thématique centrale du bassin versant, pour laquelle lors de l'élaboration du SAGE, le recours aux scientifiques avait été nécessaire pour établir un diagnostic et mettre en place un suivi à long terme. Cette première étape a permis de développer des échanges avec les scientifiques sur ce bassin, et de nouer des liens durables. Cette ancienneté dans la relation explique en partie l'accueil favorable qui a été réservé au projet ZABR sur le bassin.

Du point de vue opérationnel, la question du transport solide a été abordé principalement en terme d'arrêt ou de modification de pratiques anciennes (arrêt des extractions notamment) directement opérées dans le lit de la rivière, sans pour autant qu'il soit permis d'affirmer qu'elles aient totalement disparues) Or, les scientifiques avaient déjà en leur temps mis en évidence la cause principale du déficit sédimentaire du bassin : le reboisement. Celui-ci étant majoritairement lié à des modifications de pratiques agropastorale. Pour le décideur, on entre ici dans le champs de la mutation sociétale, loin de la question purement "technique" de gestion physique du cours d'eau, celle-ci restant par ailleurs une problématique non résolues sur le bassin versant.

La contribution du projet scientifique de la ZABR a ainsi permis d'apporter des éléments de connaissances complémentaires à la fois sur le diagnostic technique de la problématique mais également sur le champs social en contribuant à l'explication non plus technique de l'incision mais par une approche des sciences sociales. Par ailleurs la capacité pédagogique des chercheurs impliqué dans la ZABR au niveau du bassin de la Drôme a permis d'organiser des soirées de conférences thématiques (3) qui ont non seulement permis un "rendu" aux populations locale de la connaissance de leur patrimoine principalement faunistique et floristique, mais également permis de montrer la complexité des interactions au grand public. Enfin, l'investissement de la recherche sur la bassin versant, permet aussi d'assurer une "veille" des pratiques sur le bassin, et un rappel régulier des objectifs vers lesquels devraient tendre les mesures de "bonne gestion". Ce "rappel" est nécessaire aux décideurs locaux pour renforcer ou réaffirmer leur politique, bien que parfois il ne sois pas suffisant. Il est certain, que même si le dialogue peu être difficile au sein du triptyque décideurs locaux - scientifiques - populations locale, il reste un atout pour une action durable, chacun trouvant à un moment donné et sur des thèmes particuliers une alliance pour faire avancer ensemble l'intérêt collectif.

Nous espérons poursuivre ces coopérations enrichissantes qui nous aident à replacer notre action dans une logique d'ensemble pas uniquement spatiale mais multi thématiques.

**C. Barthelon, ingénieur à l'ONF, chargé de l'animation du LIFE Environnement Eaux – Forêt**

Les recherches effectuées sur ce bassin versant dans le cadre du projet "Modifications anthropiques des flux sédimentaires des cours d'eau, réponses des écosystèmes aquatiques et actions de restauration" ont permis de développer des échanges avec les scientifiques sur ce bassin, de nouer des liens durables. Les forestiers ont eu historiquement une action importante sur le haut du bassin versant en particulier avec les ouvrages et reboisements RTM. Etant peu

impliqués dans la gestion et la problématique actuelle du bassin, ils avaient une attitude assez conservatrice par rapport à ces réalisations.

Les échanges ont permis d'appréhender le bassin versant dans son ensemble, les priorités au niveau de la rivière et de comprendre les évolutions. Partant de crispations réciproques, ils ont permis d'initier une réelle synergie pour aborder des sujets délicats comme la remise en cause de certains ouvrages ou boisements dans la réalité actuelle. Cette prise de conscience chez les forestiers a permis de porter un message commun aux décideurs et aux populations locales. Elle s'est aussi traduite par des réalisations pilote sur le bassin de remobilisation de matériaux par suppression de boisement. Nous espérons poursuivre ces coopérations enrichissantes qui nous aident à replacer la forêt et donc notre sylviculture dans le cadre d'ensemble d'un bassin versant.

### **C. Petit, chargé de mission au SIVU du bassin de la Basse Vallée de l'Ain**

Le SIVU du bassin versant de la basse vallée de l'Ain (SBVA), structure intercommunale regroupant 40 communes, a été créé pour répondre aux besoins techniques, financiers et de concertation nécessaires à l'élaboration d'un SAGE. Après approbation par la Commission Locale de l'Eau en février 2001, le SBVA s'est engagé dans une démarche opérationnelle de mise en œuvre des orientations du SAGE, d'abord en portant un programme LIFE Nature « conservation des habitats créés par la dynamique de la rivière d'Ain » (2002-2006), puis en s'engageant dans un Contrat de Bassin (2006-2011).

Dès son origine, le SBVA s'est fortement appuyé sur les travaux entrepris depuis de nombreuses années par les scientifiques notamment le CNRS : en découlent les orientations du SAGE en matière de gestion de la dynamique fluviale et la gestion physique des cours d'eau (thème 1 du SAGE), de gestion des débits de la rivière d'Ain (thème 2), ou encore de préservation des milieux naturels et des espèces associées (thème 6).

Ces orientations sont à la base de la construction du Programme LIFE qui s'achève à la fin de l'année. La réussite de ce Programme, à présent unanimement reconnue, est due en grande partie à l'efficacité du partenariat entre le SBVA, les gestionnaires (CREN, ONF) et les scientifiques (ZABR).

En particulier, les investigations des équipes scientifiques de la ZABR dans l'aide à la définition d'une stratégie pour lutter contre l'incision du lit de l'Ain ont été d'une importance majeure sur le site. Elles ont permis aux gestionnaires d'identifier la nature et la localisation de leurs interventions non seulement dans le cadre du LIFE, mais aussi pour les 5 années à venir. La recharge sédimentaire opérée sur le site constitue aujourd'hui une expérimentation d'envergure régionale, voire nationale et fait l'objet d'un suivi scientifique par drone.

De même, le projet « Modifications anthropiques des flux sédimentaires des cours d'eau, réponses des écosystèmes aquatiques et actions de restauration » qui a permis l'implication croisée de différentes compétences scientifiques notamment dans le domaine de la gestion de la dynamique fluviale, de l'écologie des annexes fluviales et de la population piscicole a abouti à des opérations de restauration de lônes particulièrement judicieuses : des argumentaires scientifiques solides ont pu être exposés aux acteurs locaux et la réalisation des 5 opérations de restauration de lônes a fait l'objet d'un accompagnement scientifique particulièrement soutenu.

Les efforts et les qualités pédagogiques des scientifiques, en appui aux gestionnaires, sont également à souligner. Ils ont permis de sensibiliser l'ensemble des acteurs locaux : présentations des résultats en comité de pilotage Natura 2000, participation à des événements « grand public », des films, des conférences ...

Ces interventions publiques ont notamment aidé le SBVA à pérenniser ses interventions en faveur de la préservation du site, matérialisé par le contrat de bassin. Dans ce cadre, le SBVA

et ses partenaires gestionnaires se sont engagés, suivant ce même partenariat scientifique, à poursuivre leurs investigations en terme de restauration mais aussi de suivi scientifique de l'impact des restaurations entreprises.

Pour leur part, le SBVA et les gestionnaires du site ont contribué aux travaux des scientifiques en les coordonnant, en mettant notamment à leur disposition des moyens techniques (SIG, fond documentaire, ...), humains (participation de ses chargés de mission à des séminaires de restitution), ou encore en l'accompagnant dans leurs démarches de terrain (aides à l'expérimentation et à l'instrumentation sur sites).

## C) ANNEXES – Rapport scientifique par thème

### C.1. Budget sédimentaire de l'Ain, évaluation de l'impact du barrage

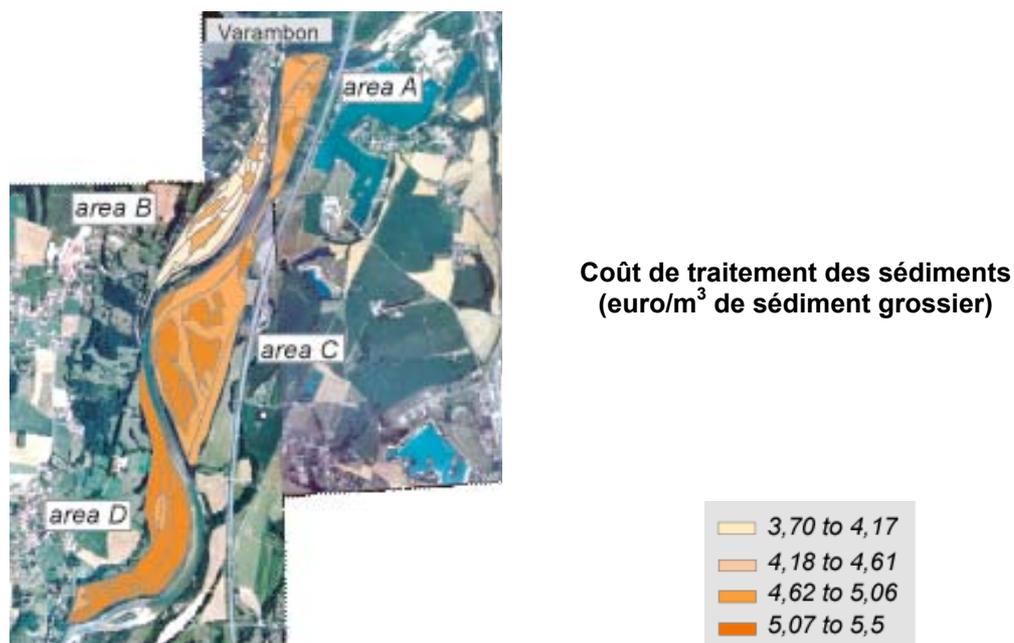
UMR 5600 CNRS (A.J. Rollet, J. Lejot, H. Piégay) – HH-CEMAGREF (André Paquier)

**Observations de terrain et bilan sédimentaire global.** De nombreuses missions ont été effectuées sur le terrain durant l'année 2006 et sont encore en cours, afin de valider le budget sédimentaire établi en 2005. Le premier objectif, en collaboration avec l'équipe italienne de Florence, a été de ré-estimer ce budget par sous-tronçons présentant des caractéristiques morphologiques (pente, granulométrie, alternances seuils-mouilles) et des dynamiques identiques (érosions, stabilité...) afin d'ajouter les volumes transmis d'un tronçon amont aux tronçons aval aux apports sédimentaires verticaux (incisions) et latéraux (érosions). Dix sous-tronçons ont été déterminés. Nous avons ainsi couplé une évaluation morphologique des volumes de sédiments entrant et sortant de chaque tronçon avec l'utilisation de formules de transport solide. La validation de ces résultats est en cours, à l'aide de mesures semi-directes sur deux sites : un site déficitaire en sédiment (Varambon) et un site très dynamique (Gévrieux), chacun étant équipé de chaînes à sédiments (5 sur le premier et 32 sur le second) et de traceurs transmetteurs passifs insérés dans les galets (100 sur le premier, 450 sur le second). Des relevés pour trois événements hydrologiques ont déjà été réalisés (mesures de dépôts-érosion au droit des chaînes + MNT à l'aide de levés topographiques au DGPS). Cinq relevés granulométriques ont également été effectués par volumétrie (5 autres sont prévus d'ici février 2007) dans le but de déterminer la proportion de sédiments fins dans les volumes charriés pour chaque tronçon homogène et d'obtenir des données granulométriques plus adaptées à l'utilisation de formules hydrauliques.

Enfin, nous avons fourni aux gestionnaires de la basse vallée de l'Ain un outil d'aide à la décision sous forme de SIG. Pour chaque secteur retenu comme pouvant contribuer à la recharge sédimentaire, nous avons déterminé plusieurs scénarii d'extension des zones pouvant potentiellement être retalutées pour la recharge en sédiments. Dans chaque cas, la nature des travaux à engager en fonction du type de végétation en place, le prix de ces actions (fauchage, tronçonnage, exportation des sédiments fins...), le rapport volume de sédiments fins / volumes de sédiments grossiers produits pour chaque m<sup>2</sup> traité ont été indiqués dans une table attributive. Ces éléments permettent aux gestionnaires de choisir quels secteurs sont les plus rentables en termes de rapports coût de traitement/volume de sédiments grossiers, et donc les plus intéressants à traiter en priorité.

Nous avons fourni aux gestionnaires de la basse vallée de l'Ain un outil d'aide à la décision sous forme de SIG. Pour chaque secteur retenu comme pouvant contribuer à la recharge sédimentaire, nous avons déterminé plusieurs scénarii d'extension des zones pouvant potentiellement être retalutées pour la recharge en sédiments. Dans chaque cas, la nature des travaux à engager en fonction du type de végétation en place, le prix de ces actions (fauchage, tronçonnage, exportation des sédiments fins...), le rapport volume de sédiments fins / volumes de sédiments grossiers produits pour chaque m<sup>2</sup> traité ont été indiqués dans une table attributive. Ces éléments permettent aux gestionnaires de choisir quels secteurs sont les plus

rentables en termes de rapports coût de traitement/volume de sédiments grossiers, et donc les plus intéressants à traiter en priorité.



**Figure 2.** Type de sortie cartographique réalisable au moyen du SIG d'aide à la décision fourni au SIVU.

**Modélisation numérique de l'évolution du lit.** Au premier trimestre 2004, un levé topographique du lit mineur de l'Ain a été effectué par un géomètre depuis le barrage d'Allement jusqu'à la confluence avec le Rhône. 90 profils en travers permettent ainsi de décrire de manière précise la géométrie du lit à un instant donné. Une représentation simplifiée du lit majeur a été rajoutée à ces différents profils en travers afin de pouvoir explorer toute la gamme de débits possibles dans la rivière jusqu'aux crues les plus extrêmes. Cette introduction du lit majeur s'est effectuée en général à partir des données de la carte IGN au 1/25000. A partir de cette topographie, un modèle hydraulique unidimensionnel a été bâti sans qu'un calage des lignes d'eau sur ces forts débits ne soit effectué. Il en résulte que ce modèle n'est utilisable que pour estimer le transit sédimentaire et pas pour une analyse détaillée des inondations (cela aurait exigé une densité de sections plus forte, une topographie détaillée, des informations précises sur les niveaux des crues récentes, etc). En gardant la géométrie fixe, ce modèle permet d'estimer la capacité de transport des sédiments dans chaque section pour n'importe quel débit à condition de connaître les caractéristiques des sédiments transportés. L'utilisation des mesures de granulométrie sur le terrain permet donc de fournir une fourchette des débits de sédiments pouvant transiter dans la rivière. Un même travail de reconstitution d'une topographie a été effectué pour 1976 et 1987 car un certain nombre de sections avait été levé à ces deux époques.

En parallèle au développement du modèle numérique sur l'Ain, le code de calcul unidimensionnel RubarBE a continué à être développé afin que les différentes variantes d'évolution de la géométrie (y compris celle utilisant la contrainte locale calculée par la Méthode des Perpendiculaires Confondues) fonctionnent en géométrie quelconque quelle que soit la discrétisation. Le code testé sur un cas réel de rupture de barrage (HaHa au Canada en 1996) a montré qu'il pouvait fournir une estimation raisonnable de l'évolution d'un lit de rivière soumis à une crue extrême et même simuler la création d'un nouveau chenal

parallèlement à un ancien chenal dont le fond est inérodable. Grâce aux travaux effectués en particulier pendant la thèse de K. El Kadi, la dernière version du code peut être considérée comme opérationnelle mais exige des validations complémentaires sur des cas de terrain. Le calcul effectué par le code comprend la résolution des équations de Saint Venant, de la conservation de la masse des sédiments et un calcul d'évolution de la géométrie des sections en travers et d'évolution de la granulométrie en fonction des apports en eau et en sédiments.

Dans le cadre du présent projet, le modèle sédimentaire utilisant le code RubarBE a été testé sur la période hydrologique passée (1987-2004) afin de vérifier que les orientations (érosion, stabilité, dépôt) d'évolution sont exactes. Une étude de sensibilité aux paramètres de base a permis d'évaluer l'incertitude résultant de l'utilisation du modèle. Pour simplifier l'approche, un seul débit a été utilisé tout le long de la rivière (celui de Chazey pour lequel nous avons une chronique plus longue) avec une modification du débit toutes les 24 heures (utilisation du débit moyen journalier) et la suppression des débits les plus faibles (au-dessous d'un certain seuil fixé à 500 m<sup>3</sup>/s). La topographie connue en 1987 étant plus réduite, le modèle 1987 ne contient que 35 sections sur les 39 kilomètres de Varambon à la confluence avec le Rhône. La granulométrie utilisée est de  $d_{50} = 6,2$  cm ( $d_{90}/d_{50} = 1,7$ ) sur les 10 kilomètres amont,  $d_{50} = 4$  cm ( $d_{90}/d_{50} = 1,6$ ) sur les 10 kilomètres suivants,  $d_{50} = 4,4$  cm ( $d_{90}/d_{50} = 1,9$ ) sur les 15 kilomètres suivants et  $d_{50} = 3,9$  cm ( $d_{90}/d_{50} = 1,7$ ) à l'aval. Aucune distinction de granulométrie n'a été effectuée à l'intérieur du lit mineur. La formule de Meyer Peter et Müller a été utilisée pour le calcul de la capacité de transport. Plusieurs variantes de calcul portant sur différents paramètres ont été testées. La figure 3 illustre les résultats en matière de profil en long (point le plus bas de la section); on observe que tous les calculs donnent une même tendance et que cette tendance est très éloignée de celle constatée dans la réalité (et même inverse sauf à l'aval). On peut penser que cette évolution constatée en dents de scie est due soit à la nécessité d'une topographie à relativement faible pas d'espace pour pouvoir modéliser de manière réaliste soit à une incapacité du modèle à prendre en compte toute la complexité ou variabilité constatées sur le terrain. Ceci est illustré sur l'évolution des sections en travers (figures 4 et 5) qui montre que même avec une évolution en moyenne assez satisfaisante, la forme de la section en travers n'est pas du tout rendue. Une analyse plus fine de la variabilité transversale de la granulométrie pourrait expliquer cette évolution différente entre réalité et modèle mais ceci est généralement impossible à mener. Une analyse préliminaire du fonctionnement morphologique de l'Ain devrait être intégrée pour permettre la généralisation d'observations toujours limitées en nombre. Cette perspective sera exploitée dans la thèse d'A. Alber qui devrait démarrer fin 2006.

Le modèle topographique bâti sur la topographie de 2004 a été également utilisé afin d'effectuer des calculs d'évolution à partir de la géométrie 2004. On a également testé l'extension du modèle de 90 sections levées à plus de 400 sections afin d'avoir un espacement plus régulier de l'ordre de 100 mètres entre sections. Le modèle s'avère beaucoup plus lourd à mettre en oeuvre et l'interpolation entre sections sans informations complémentaires semble introduire certaines incertitudes qui, apparemment, tendent à rendre moins fiables les résultats des calculs même si graphiquement les résultats apparaissent plus lissés et rendent donc moins apparent l'effet de la discrétisation introduite par la modélisation. Ce modèle de 400 sections a donc été abandonné en attendant d'avoir les moyens d'introduire des informations complémentaires et d'avoir une possibilité de validation à partir d'observations postérieures à 2004. Pour évaluer l'effet d'une recharge, on propose plutôt d'utiliser le modèle 2004 à 90 sections qui ne permettra évidemment pas de modéliser les effets près des points de recharge mais peut donner un effet loin à l'aval pour répondre à la question d'une influence globale. Pour une influence plus locale, un modèle bidimensionnel qui permettrait de prendre explicitement en compte la direction transversale serait sans doute plus approprié.

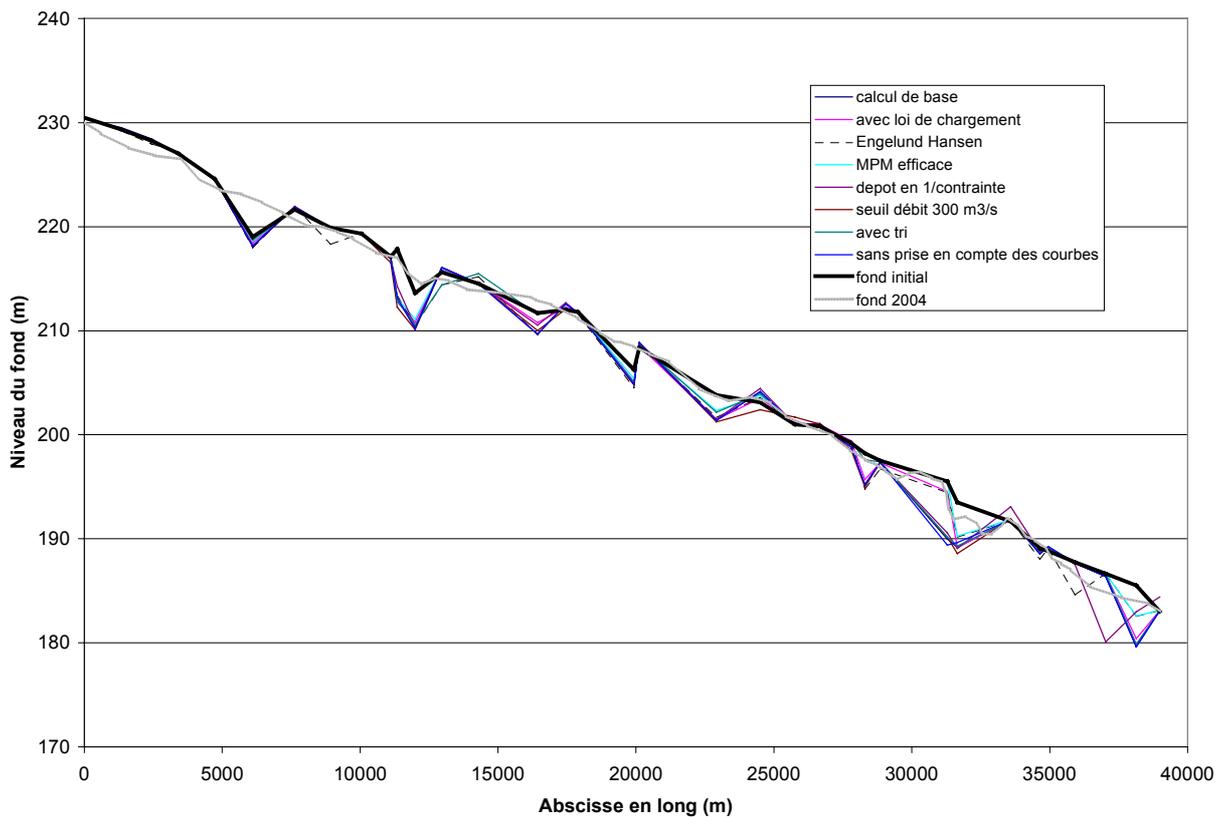


Figure 3 Modélisation de l'évolution du profil en long de 1987 à 2004.

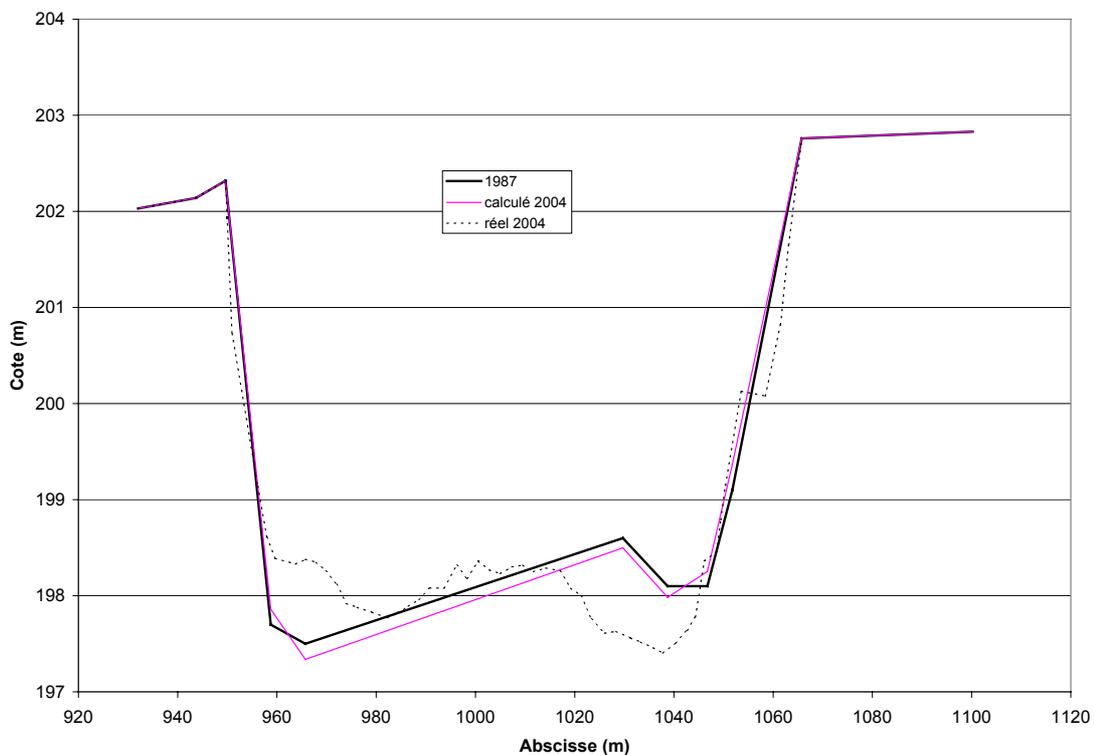


Figure 4 Evolution de la section à l'abscisse 28852.

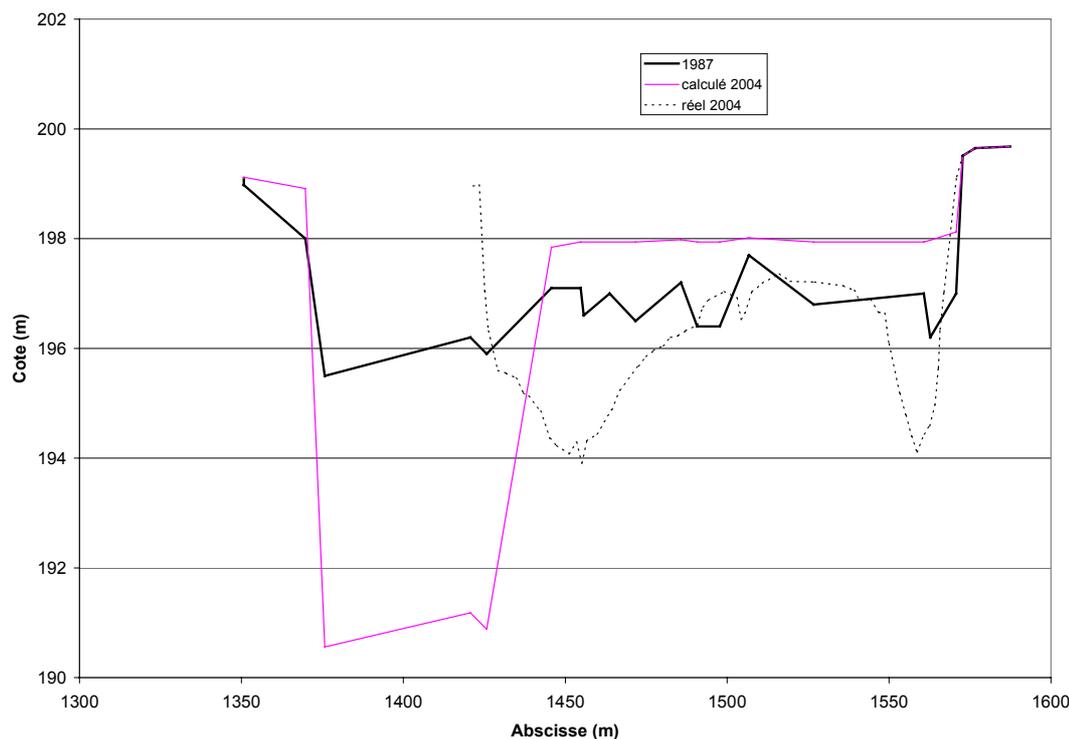


Figure 5. Evolution de la section à l'abscisse 31284.

**Perspectives de poursuite des travaux.** Afin d'évaluer l'efficacité des travaux de recharge sédimentaire réalisés et leur pérennité entre le barrage d'Allement et la confluence avec le Rhône, les travaux qui se poursuivent actuellement ont pour objectif d'établir, sur deux sites (commune de Gévrioux et commune de Varambon), un suivi de la topographie du chenal, des volumes sédimentaires (qui seront mis en place artificiellement) et de leur granulométrie. Ainsi, des mesures de terrain (topographie, granulométrie, hauteur d'eau) couplées à des acquisitions d'images aériennes à haute résolution par drone (bathymétrie, photogrammétrie) ont été effectuées afin de caractériser le chenal avant intervention. Ces travaux vont être reconduits après chaque crue afin d'évaluer la pertinence des opérations réalisées. L'ensemble des données est intégré dans un SIG et alimente le géorépertoire de la ZABR. Ces campagnes de mesures permettront de mettre en évidence les changements topographiques et granulométriques, la mobilité des nappes de galet, les modifications structurales des habitats aquatiques. Toutes ces données sont une base essentielle pour calibrer et valider le modèle hydrosédimentaire (tâche prévue dans le cadre de la thèse d'A. Alber qui devrait démarrer à l'automne 2006) sur des événements bien observés et donc connus avec une marge d'incertitude bien inférieure aux événements plus éloignés dans le temps. C'est à cette condition que le modèle pourrait être utilisé en prédictif pour évaluer la réponse du lit de l'Ain à différents scénarios de recharges et de crues.

Une mission drone et mesure bathymétrique réalisée en juillet 2005 a permis de faire un premier état des lieux de l'ensemble du tronçon Varambon / Priay (5 km de linéaire ont été couvert – fig. 6a) afin de fixer la morphologie des faciès fluviaux du secteur considéré avant toutes interventions (fig. 6b). En décembre 2005 et au printemps 2006, deux îlons ont été restaurés (Carronières – secteur amont et Bellegarde secteur médian). Les sédiments grossiers ainsi extraits ont été réinjectés dans le chenal principal. La figure 7a représente le 2<sup>e</sup>

secteur (amont) de Bellegarde avant recharge et la figure 7b correspond au survol de la zone d'épandage des galets réinjectés dans le chenal après travaux. Une mission réalisée fin juin 2006 a permis d'établir un premier diagnostic (extrait du survol de Bellegarde en juin 2006 fig. 7c). Après une série de crues courant mars et avril (débit de pointe 750m<sup>3</sup> le 31 mars, 450 m<sup>3</sup> le 06 avril et 800m<sup>3</sup> du 10 au 11 avril), les premières observations ont permis de constater que l'ensemble des secteurs d'épandage avait fortement été remaniés :

- Sur le secteur des Carronnières, une première analyse par photo-interprétation informe que le site de recharge a été entièrement remobilisé. En revanche, aucune mobilité en plan du chenal n'a été observée. Des relevés bathymétriques et topographiques réalisés en juillet 2006 permettront d'affiner ces premières observations.
- Sur le secteur de Bellegarde, l'analyse par photo-interprétation de la mission réalisée en juin 2006, montre un fort décapage des deux sites d'épandages. Le site amont (fig. xc) présente une forte incision sur les 2 atterrissements sans pour autant observer leur disparition totale. L'effet resserrement provoqué par les 2 accumulations n'a pas engendré de modification sur la berge concave et donc sur la mobilité du chenal. La encore une campagne de mesures bathymétriques et topographiques réalisée en juillet 2006 permettra d'affiner ces premières observations.
- Les études préparatoires de suivi durant l'année 2005 et les missions effectuées après les travaux de restauration de l'année 2006 ont permis de réaliser un premier diagnostic :
- L'efficacité des opérations de recharge artificielle de graviers par génie civil lourd dans le but de faire transiter des sédiments de secteurs amonts vers des secteurs avals a pu être démontré ;
- Le resserrement du chenal au droit des zones d'épandages n'a pas provoqué de modifications sur les axes d'écoulements et donc sur la mobilité en plan de ce même chenal ;
- Les graviers remobilisés n'ont pas créé d'atterrissements majeurs dans les secteurs avals des zones de recharges et non donc pas ou peu perturbé la morphologie des zones étudiées ;

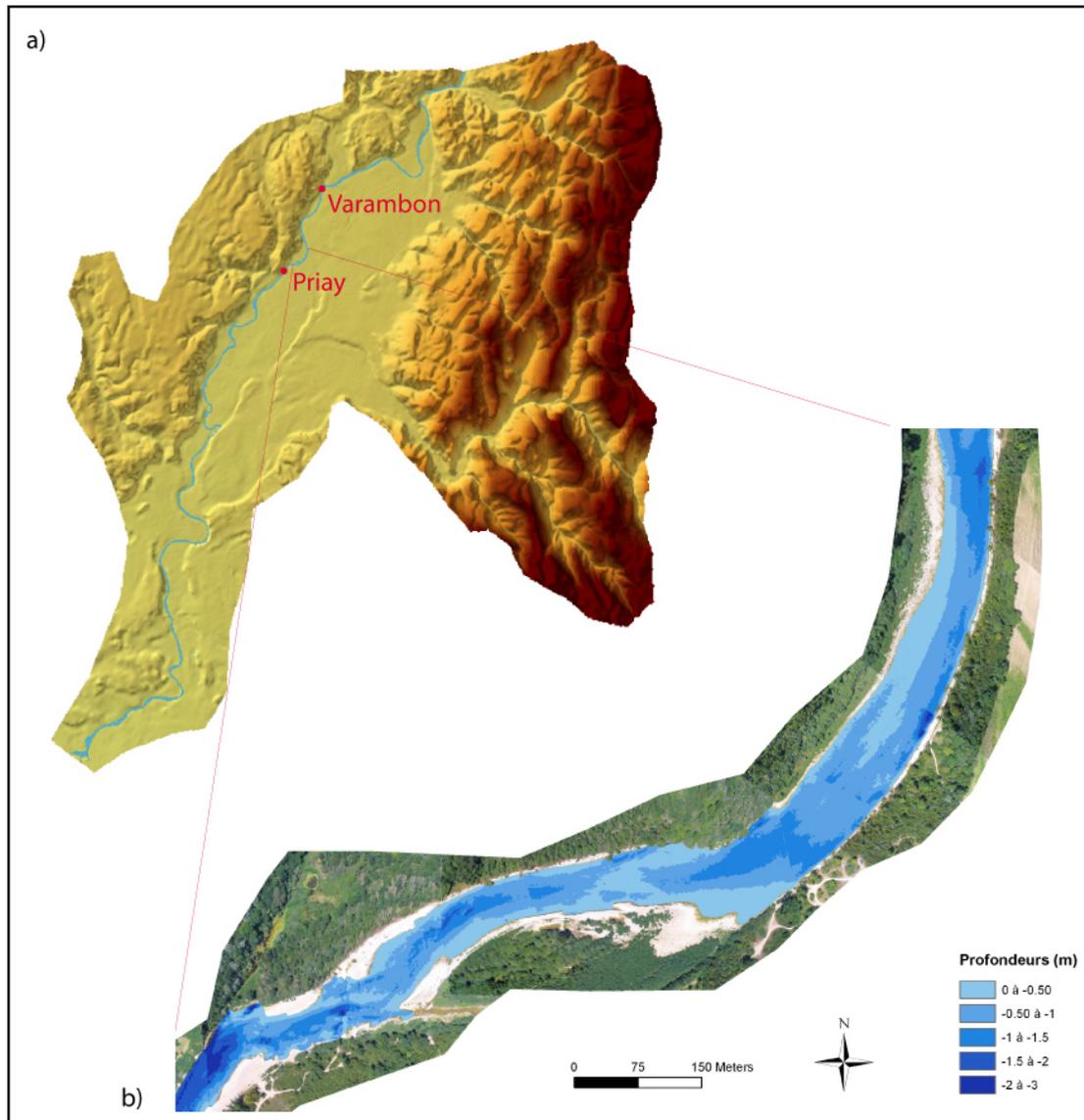


Figure 6. Localisation et extrait de la carte bathymétrique en amont de Priay secteur de Bellegarde).

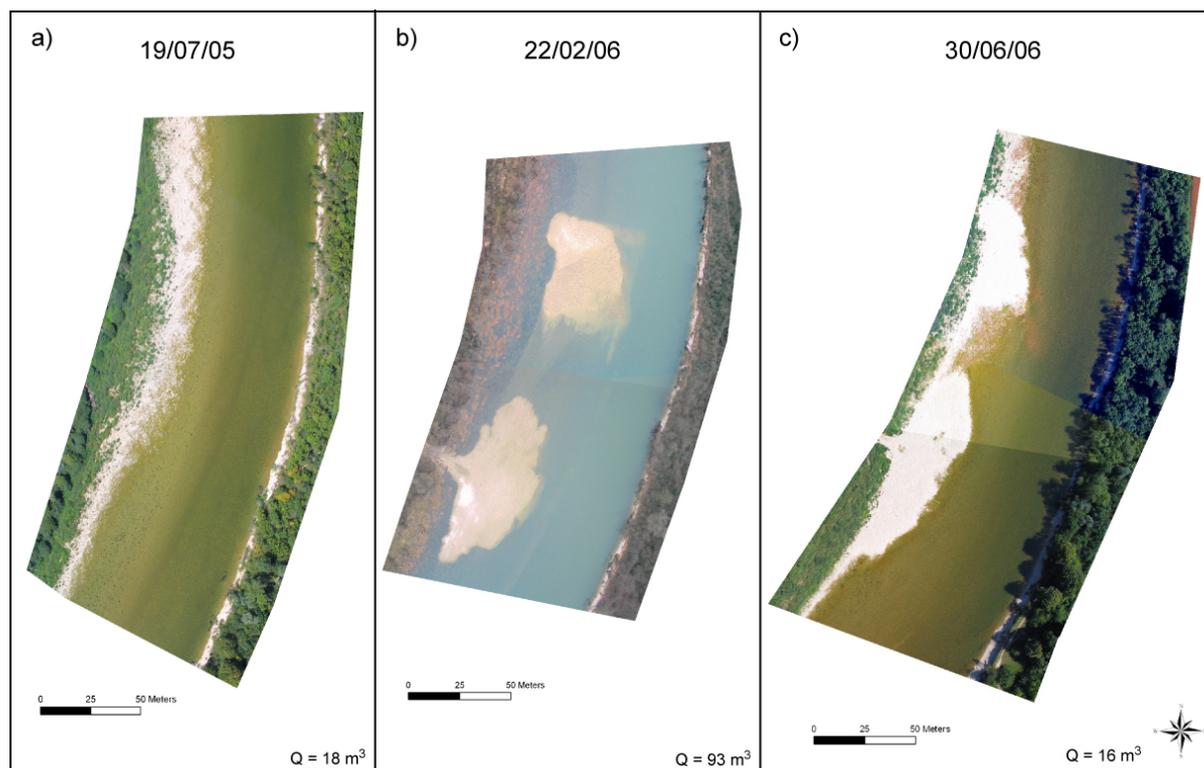


Figure 7. Site de recharge sédimentaire amont sur le secteur de la lône de Bellegarde (tronçon Varambon / Priay)

## C.2. Budget sédimentaire de la Drôme

UMR CNRS 5600 (J.-P. Bravard, F. Liébault, N. Landon et H. Piégay) et CEMAGREF Grenoble (P. Frey)

### C.2.1. Connaissance des paléformes et de leur potentiel de fourniture

Cette étude a été réalisée par Jean-Paul Bravard et Jacques Brochier (Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence), avec la collaboration de Stéphanie Thiébault (Paris X-Nanterre) pour l'anthracologie et Luc Barthélémy (Université Lyon 3) pour le lever du site de Seurionne.

La question à laquelle il avait été proposé de répondre était celle des relations entre paléo-environnement et dynamique contemporaine des lits fluviaux dans le bassin de la Drôme. Les résultats sont brièvement exposés ci-dessous en distinguant les informations extraites de coupes de versant et de coupes en milieu alluvial. Il a été choisi de concentrer la recherche sur un bassin hydrographique sous-affluent de la Drôme, celui de Boulc-Bonneval, caractéristique du haut Diois avec des altitudes comprises entre 600 et 2000 m, des pentes fortes, une structure plissée et faillée à lithologie alternant principalement des marnes et des calcaires du Jurassique et du Crétacé inférieur. La problématique retenue a été de tenter d'analyser les relations entre la dynamique des versants et le fonctionnement des fonds de vallée au cours de l'Holocène, de façon à voir si se dégagent une périodisation et éventuellement des processus distincts susceptibles d'avoir été influencés par les variations climatiques et par les activités humaines. La méthode retenue a été de rechercher le plus grand nombre possible de coupes

stratigraphiques, de les relever et de dater les niveaux. Les coupes, dégagées sur versants et dans le fond des vallées, ont fait l'objet d'une détermination caractérisation des niveaux (texture, couleur), d'une interprétation des processus d'érosion et dépôt (sous contrôle de la gravité, du colluvionnement, de l'activité fluviale), ainsi que des phases de pédogenèse ; ont aussi été réalisés une étude anthracologique et d'un début de datation au radiocarbone sur charbons (laboratoires de Poznan et Miami).

**Informations tirées des versants représentatifs de la diversité du bassin (versant réglé dans les marno-calcaires de Seurionne ; talus d'éboulis du Merlet ; cônes colluviaux d'Allex-rive gauche et de Truche).** La quasi-totalité des versants en roche dure est décapée aujourd'hui, mais le début de l'Holocène était caractérisé par une pédogenèse avancée (sol brun évolué). Environ 98 % de cette couverture a été érodée à la suite des coupes de bois, des défrichements, du pâturage sur pentes fortes et fragiles. Des dates sont attendues pour dater des épisodes de pédo-colluvionnement et de transfert vers les lits fluviaux en provenance d'une altitude de 1200 m et plus (cf. le site de Seurionne où deux talwegs fossiles conservent des dépôts de pédo-sédiments non encore datés). A Seurionne, versant orienté au nord, le hêtre et le pin sont bien représentés dans un environnement où buis et bruyère sont aussi présents. La végétation était plutôt fraîche dans un environnement peut être ouvert, avec présence de Saules, probablement dans un vallon humide.

Les talus d'éboulis qui ont pu être étudiés, quoique caillouteux en surface, ne sont pas tardiglaciaires comme attendu. La coupe du Merlet a révélé la présence de sols humifères enterrés datés ca 800-400 cal. BC et ca 1000-1200 cal AD ; ils sont tronqués et séparés par des niveaux d'éboulisation frais. Le sommet est pédogénisé. On peut supposer que les périodes humides et/ou à faible activité pastorale ont été favorables à la pédogénisation ; en revanche les périodes de fort pastoralisme ont du jouer un rôle dans le décapage et la descente d'éboulis vers le talweg du Merlet. Une coupe récemment découverte (Boulc-STEP) atteste du contenu entièrement fait d'un mélange de sols et d'éboulis à la base d'un versant à éboulis de gravité, sur une épaisseur de 4 à 5 m.

Un cône affluent du Boulc, issu d'un petit bassin tributaire à pente forte mais à écoulement intermittent a livré une belle séquence (site « Allex-rive gauche ») montrant un fonctionnement récurrent à partir d'environ 1600-1400 cal BC (Néolithique). Les colluvions épaisses de 4 m, issues de la déstabilisation du versant, fossilisent un sol qui termine une séquence alluviale du Boulc. A Allex, la hêtraie sapinière est présente, mais aussi le pin et quelques pomoïdées, dans un contexte de ripisylve ou forêt alluviale ? (saule et frêne), là encore le buis est bien représenté. Présence du chêne en Cha 5. Ambiance plutôt fraîche dans un environnement ouvert.

Les pentes douces d'une grande dépression monoclinale ouverte dans les marnes et sables créacés ont fait l'objet d'un colluvionnement fort et d'accumulations de bas de versants, avec injection dans le cours d'eau principal. A Truche, la base du colluvionnement n'est pas encore datée, mais un sol bien formé a été daté 670-885 cal. AD, donc d'une phase de répit morphogénique remontant au Haut Moyen-Âge. Ce sol est encadré par deux périodes de colluvionnement. A la Truche, l'environnement montre une chênaie-hêtraie, ce qui n'est pas étonnant, le bassin versant étant à l'adret, en contrebas de hauteurs à 1000 m, noter la présence du noyer en cha5. Là encore le buis est bien représenté, notamment dans le sol du haut Moyen Âge, ce qui traduit probablement un défrichement et une coupe de la forêt importants à basse altitude sur le versant calcaire à l'adret.

**Informations tirées du fond de vallée principal (lit du Boulc ; terrasse alluviale de La Tuile ; cône de déjections du ruisseau d'Allex).** Conformément au schéma durancien, le talweg du Boulc a été affecté par un exhaussement limono-caillouteux, ici au Préboréal. Un

tronc de pin subfossile a été découvert à Alex et daté 9130 +/- 70 BP. On peut supposer que la faible protection végétale des versants permettait une forte érosion et l'accumulation dans les talwegs.

Un épisode de forte accumulation alluviale s'est produit au Moyen Âge, tel qu'enregistré au site de la Tuile dans le bassin situé à l'aval de Boulc. Une accumulation à dominante fine (limon et petits graviers) surmonte le cailloutis (charge de fond du Boulc) à la confluence du Merlet et du Boulc. Le niveau basal est daté 1000-1160 cal. AD ; il incorpore des charbons datés 560-660 cal AD, ce qui est interprétable comme l'effet d'une érosion de la couverture pédologique dans le bassin. Il est probable que, dans cette période réputée sèche, des orages aient entraîné les sols défrichés. Deux mètres de sédiments s'accumulent en 200 ans environ puisqu'un niveau est daté 1250-1300 cal AD. Trois mètres supplémentaires ont été accumulés ensuite, l'essentiel sans doute au Petit Âge Glaciaire.

Un schéma analogue a été démontré sur un cône de déjections affluent de rive droite du Boulc, celui du ruisseau d'Alex. La base d'une accumulation fine a été datée 625 BP ; elle est fossilisée par un niveau fin à 480 BP. L'ensemble de la séquence, formée de matériaux principalement issus d'une dépression monoclinale entaillée dans les matériaux fins, est elle-même fine, exception faite du dépôt terminal grossier qui doit correspondre à de grandes crues du XIXe s., peut-être à la lave torrentielle de 1856.

**Synthèse.** Le décapage des versants du Haut-Diois a sans doute débuté au Post-Atlantique et s'est poursuivi de façon hétérogène dans l'espace (en fonction de la topographie, des lieux de défrichement, etc...) et dans le temps (en fonction des périodes climatiques et des périodes de forte pression anthropique). Des sols bruns s'étaient formés y compris à haute altitude et ont été décapés ; les lieux de stockage des pédo-colluvions sur versants sont rares (micro-talwegs abandonnés). Les phases de décapage des sols de versants semblent davantage liées aux effets de la pression d'élevage ou d'agriculture qu'aux phases climatiques classiquement considérées comme « agressives » (Le Merlet) ; les deux facteurs peuvent cependant se combiner (Alex, rive gauche ; La Truche). Les périodes suivantes ont produit des sédiments à dominante fine et demeurés archivés : Premier Âge du Fer (800-400 cal BC) à Alex, 1000-1300 cal AD à La Tuile, 1350-1850 cal AD (cône du ruisseau d'Alex). Il n'est pas exclu que d'autres périodes aient été productives, mais on n'en a pas trouvé les sites. Les sites alluviaux favorables aux datations sont ceux qui ont archivé des sédiments fins. Ces sites, à l'exception du talweg préboréal du Boulc à Alex, sont situés sur la marge du talweg principal à charge de fond grossière : confluence Melret-Boulc, cône du ruisseau d'Alex. Ils sont rares dans cet environnement très contraint. Pour l'essentiel, le Boulc holocène a remanié sa charge de fond à des niveaux altitudinaux variables, sans datation possible (la méthode OSL a été tentée en vain, ce qui n'est pas étonnant, la fraction sableuse étant limitée).

### C.2.2. Modélisation du transport solide

L'ensemble des crues de la Barnavette et de l'Esconavette ont été étudiées. Les actions menées se décomposent en :

- réflexion sur la méthode des chaînes d'érosion à l'aide d'un modèle réduit en canaux expérimentaux
- applicabilité des formules de transport solide par charriage à ces types de cours d'eau
- modélisation du bassin versant de l'Esconavette à l'aide de ETC.

### **Méthode des chaînes d'érosion**

Cette méthode de type géomorphologique permet de mesurer à la fois les hauteurs d'érosion maximale et de dépôt final à l'issue d'une crue. A l'aide de plusieurs chaînes, il est possible d'estimer les surfaces transversales remaniées. Par ailleurs, l'association avec la mesure de distances de transport moyennes permet d'estimer un volume solide transporté (Laronne et al., 1992 ; Liébault, 2003). Le passage des surfaces remaniées au volume transporté est cependant loin d'être évident du point de vue de la physique des phénomènes par ailleurs mal connue. L'idée sous-jacente de cette méthode est que la profondeur ou surface remaniée est d'autant plus grande que le transport solide est intense. C'est pour tester cette hypothèse que des essais en canaux expérimentaux ont été conduits.

Une première série d'essais a eu lieu dans un canal de 10 cm de large avec un matériau uniforme de diamètre 8-10 mm à une pente de 9 %. Pour un débit peu supérieur au débit de début de mouvement, apparaissent des structures type antidunes qui ont pour effet de découvrir et de recouvrir alternativement les chaînes entraînant in fine une estimation haute de la surface remaniée. Pour des débits plus importants, le lit devient plat et la surface remaniée diminue.

Cependant, ces conditions étant très éloignées de la localisation des chaînes sur l'Esconavette, une deuxième série expérimentale plus complète a été menée dans un canal de 25 cm de large avec un matériau plus fin et plus étendu de 0.4 –2mm et à une pente de 3%. Ces conditions sont plus en similitude avec la situation réelle. A débit faible, l'écoulement n'occupe pas toute la largeur et divague en tresse comme sur le terrain. On observe dans ce cas le même phénomène que dans l'expérience précédente. Outre les effets des formes du lit, on peut ici invoquer les effets des chenaux de tressage induisant une forte érosion. Que la chaîne soit localisée dans un chenal par ailleurs mouvant ou sur un banc, le signal mesuré ne sera pas le même. Dans notre cas, trois chaînes ont été disposées dans la largeur à l'amont et à l'aval du bief. Ce nombre n'est peut-être pas suffisant mais les mesures amont et aval étaient cependant semblables. A plus fort débit le tressage diminue et l'écoulement tend à recouvrir l'ensemble de la largeur.

Pour conclure, ces expériences montrent que la relation entre le volume solide et la surface remaniée est complexe et dépend des formes du lit. L'applicabilité de la méthode dépendrait également du type de cours d'eau. Tous les détails de ces expérimentations sont dans (De Block, 2004). Un test in-situ de la méthode des chaînes sur les bassins versant expérimentaux de Draix gérés par le Cemagref (près de Digne) a été mis en place.

### **Applicabilité des formules de transport solide**

Les résultats de la formule semi-empirique de Rickenmann (Rickenmann, 2001) ont été comparés aux volumes solides mesurés à l'aide des chaînes d'érosion et des distances de transport et ce pour l'ensemble des crues de 2000 et 2001 (Liébault, 2003). Il s'agit de la formule de Rickenmann adaptée pour une large gamme de pente. Pour le cas de l'Esconavette, la figure ci-dessous (fig.8) donne le volume solide calculé à l'aide de la formule de Rickenmann en fonction du volume utile, correspondant aux débits liquides supérieurs au débit critique de début de mouvement (environ 0,8 m<sup>3</sup>/s dans le cas présent). Il existe une relation linéaire entre volume solide et utile, un des intérêts de l'utilisation du volume utile.

On constate une bonne performance de cette formule même si globalement elle donne des résultats environ 50 % plus élevés que les volumes de terrain. Cependant il ne faut pas oublier que ce type de formule basée sur des expérimentations en canal de laboratoire et comportant un seuil de début de charriage donne souvent des résultats au moins dix fois supérieurs aux

données de terrain alors que des formules simples sans seuil conviennent parfois mieux (Barry et al., 2004; Rickenmann, 2001).

Il semble que dans le cas de l'Esconavette, un cours d'eau relativement actif sans trop de limitations des apports solides et sans pavage, ce type de formules soit au contraire mieux adapté que les formules simples.

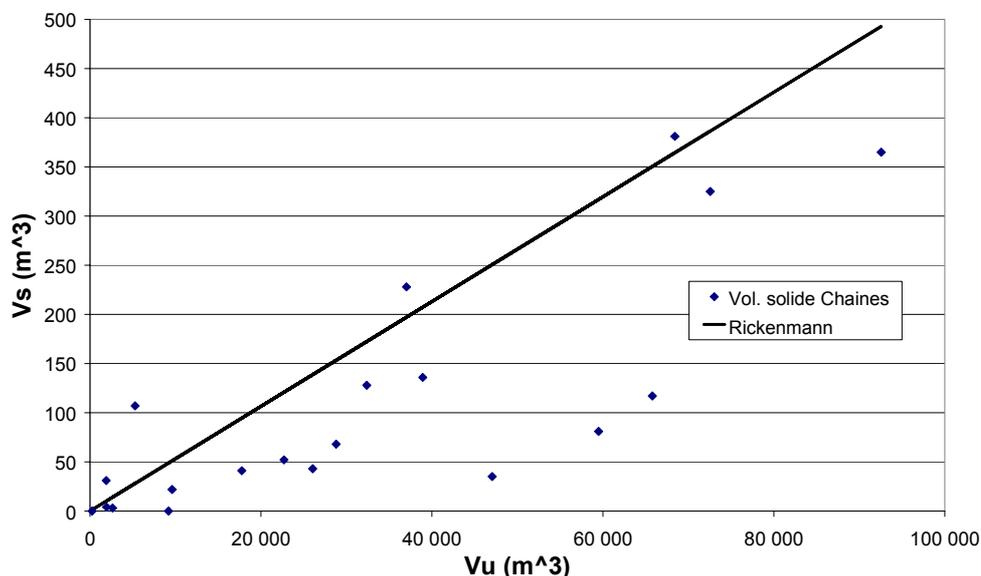


Figure 8. volume solide Vs mesuré sur l'Esconavette par les chaînes d'érosion et calculé à l'aide de la formule de Rickenmann (droite) en fonction du volume utile Vu, correspondant aux débits supérieurs au début de mouvement

### Modélisation du bassin versant de l'Esconavette à l'aide du logiciel ETC

ETC est un modèle événementiel, intégrateur et spatialisé (Mathys et al., 2003). Il permet de définir des sous-bassins. En particulier sur l'Esconavette deux sous-bassins correspondant à la branche du Charose et du Marcousse ont été retenus. 6 biefs de pente, longueur et granulométrie distinctes ont été définis. Chaque hydrogramme mesuré a été simulé ce qui permet de calculer les débits et volumes transitant dans chaque bief ainsi que les éventuels dépôts ou érosion. Il a été fait l'hypothèse qu'aucune charge de fond ne provenait du sous-bassin du Marcousse.

La modélisation permet de reproduire l'incision dans certains tronçons mais pas forcément en phase avec les observations de terrain. Il semble que les temps de transfert des sédiments soient imparfaitement reproduits.

### C.2.3. Recharge sédimentaire expérimentale

#### Site expérimental de la Béoux

Rappel des objectifs :

Evaluer l'influence de la forêt alluviale sur la recharge par sapement latéral des systèmes torrentiels tributaires de la Drôme. En quoi l'enlèvement de cette forêt peut-il être bénéfique pour la réalimentation alluvionnaire des torrents et de la rivière principale ?

Cette problématique est traitée sur le site expérimental du torrent de la Béoux, affluent de rive gauche de la Drôme, où une portion de terrasse récente a été déboisée de façon à faciliter la reprise des matériaux grossiers lors des crues.

Relevés et instrumentations de terrain :

- Installation de 30 transects bornés pour le suivi topographique du tronçon d'étude en mars 2005
- Levé du profil en long de la ligne d'eau d'étiage en mars 2005
- Relevés granulométriques de surface en avril 2005 (3000 particules échantillonnées)
- Travaux de déboisement de la terrasse effectués en avril 2005
- Mise en place de tranchées de granite (10 m<sup>3</sup>) pour le traçage des particules susceptibles d'être remobilisées et cartographie détaillée de la ligne de berges du site de remobilisation (juin 2005)
- Installation de 4 échelles à maximum pour l'enregistrement des hauteurs d'eau maximales atteintes pendant les crues (juin 2005)
- Installation d'un pluviographe à auget basculeur au Col de Prémol en octobre 2005, qui vient compléter celui du dérochoir de Trescherènes, installé en décembre 1999
- Quatre relevés topographiques post-crue (25/05/2005, 26/01/2006, 23/02/2006 et 02/08/2006)
- Levés topographiques complémentaires pour la modélisation hydraulique des tronçons équipés d'échelles à maximum (avril 2006)

Résultats

Quatre crues se sont produites depuis l'installation du site expérimental (Tab. 1). La crue du 18/04/2005 s'est produite avant les travaux de déboisement. Les trois crues suivantes n'ont pas occasionné de sapement latéral au droit du site de remobilisation. A titre de comparaison, le débit seuil de mise en mouvement de la Béoux est estimé entre 2 et 4 m<sup>3</sup>/s. Les crues de 2005 et 2006 sont des événements très proches des conditions seuils de mise en mouvement, d'intensité insuffisante pour espérer une recharge latérale par sapement de berges.

Les enregistrements pluviométriques effectués dans le bassin depuis décembre 1999 montrent par ailleurs que nous sommes actuellement dans une période de calme pluviométrique. Aucun événement supérieur à 30 mm n'a été enregistré depuis décembre 2003. Ce contexte climatique défavorable explique l'absence de recharge au droit du site de remobilisation. Même si nous n'avons pu mesurer à ce jour une mobilité de la terrasse déboisée, faute d'événements hydrologiques suffisamment intenses, des observations intéressantes ont été faites sur le bilan sédimentaire et le transport solide événementiel du tronçon d'étude (Tab. 2, Fig. 9). Nous obtenons au global une perte de 230 m<sup>3</sup> de matériaux alluvionnaires depuis le début des observations. Ces résultats confirment la tendance à l'incision du torrent et démontrent que la Béoux présente une capacité de transport suffisante pour transmettre un surplus de charge sédimentaire en provenance du site de remobilisation.

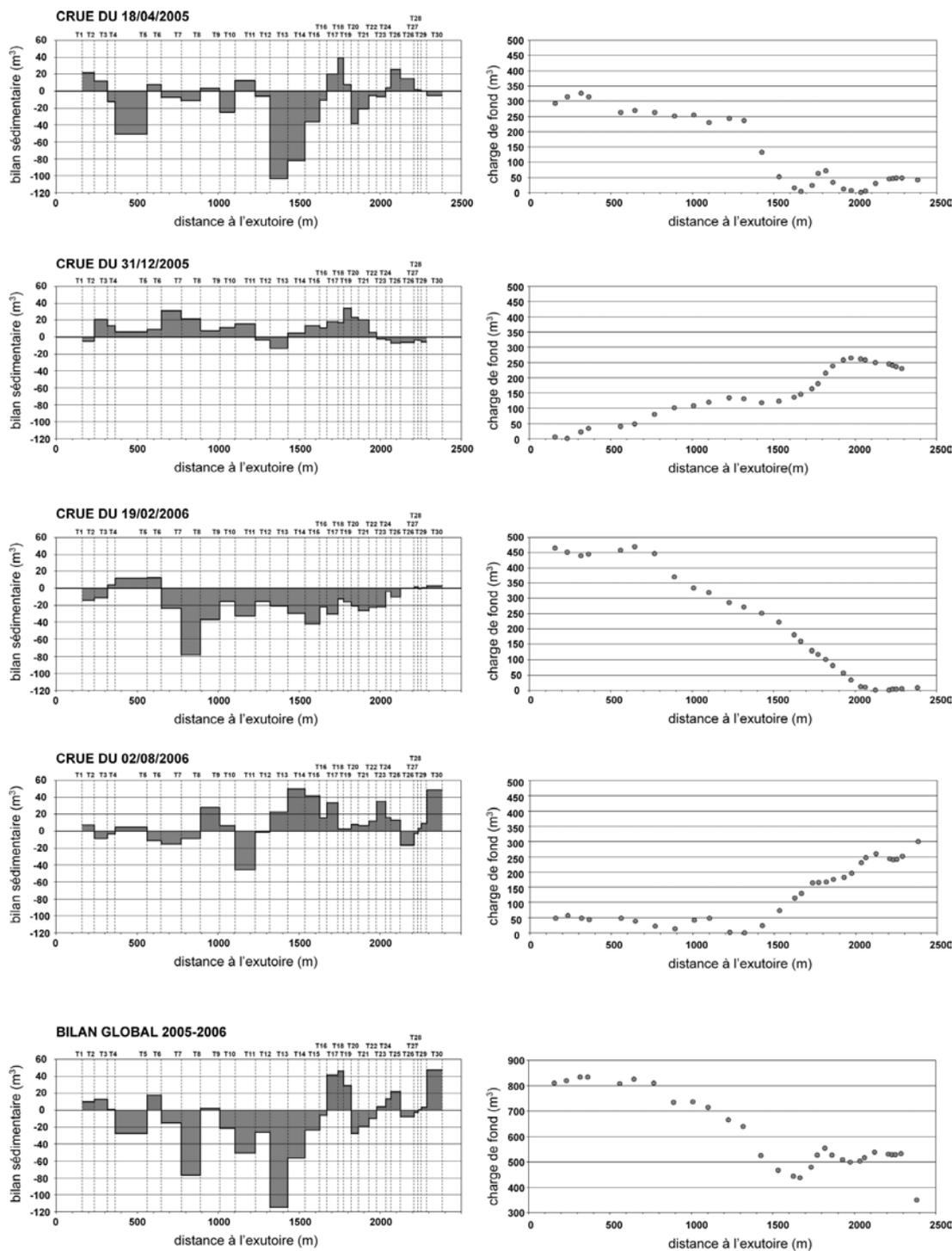


Figure 9. Transport solide et bilan sédimentaire des crues de 2005 et 2006

DATE	5	5	6	6
18/04/200	18/04/200	31/12/200	19/02/200	02/08/200
Précipitations totales (mm)	26,1	25,2	24,0	NR
Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)	NR	3,14	3,77	3.96

Tableau 1. Descriptif hydrométéorologique des événements survenus en 2005 et 2006

Dates	18/04/2005	31/12/2005	19/02/2006	02/08/2006
Transport de charge de fond (m <sup>3</sup> )	131	151	204	127
Dépôt (m <sup>3</sup> )	578	466	209	617
Erosion (m <sup>3</sup> )	828	241	665	367
Bilan sédimentaire (m <sup>3</sup> )	-249	225	-456	250

Tableau 2. Transport solide et bilan sédimentaire des crues survenues en 2005 et 2006

### Site expérimental d'Ausson

Rappel des objectifs :

Il s'agit d'analyser ici l'influence de la forêt sur la production sédimentaire de ravines élémentaires en terrain marno-calcaire, représentatives des conditions d'érosion dominantes du bassin versant de la Drôme (Tab. 3). La finalité de l'expérimentation est de quantifier l'effet d'un déboisement de versant sur la recharge sédimentaire susceptible d'être générée par le ravinement. Deux ravines jumelles ont été sélectionnées et instrumentées selon une démarche de type appariée. L'action envisagée consiste à déboiser une des deux ravines après étalonnage. La ravine non perturbée constitue le site de référence, permettant de bien évaluer l'impact géomorphologique du déboisement.

Relevés et instrumentation de terrain :

- installation de pièges à sédiments en métal déployé et d'un pluviographe à auget basculeur (août 2005)
- installation de déversoirs rectangulaires en minces parois avec échelle à maximum pour la mesure du débit de pointe (septembre 2005)
- levé au GPS différentiel de la topographie des ravines et réalisation d'un modèle numérique de terrain de haute résolution
- levé au GPS différentiel de la végétation forestière et réalisation d'une cartographie détaillée des peuplements forestiers
- pesée et tamisage des sédiments récoltés depuis août 2005 (4 événements au total)
- déboisement complet de la ravine Ausson 2 en avril 2006

	AUSSON 1	AUSSON 2
Surface drainée (ha)	0.107	0.132
Altitude maximale (m)	681	671
Altitude moyenne (m)	654	646
Ratio de relief	0.69	0.70
Pente moyenne (%)	84	75
Exposition	SE	SE
Ratio d'élongation	2.29	2.04
Longueur cumulée des talwegs (m)	91	151
Densité de drainage (m/ha)	850	1136
Nombre de pieds	110	296
Diamètre moyen des arbres (cm)	5.6	7.5
Boisement (pieds par hectare)	1028	2242

Tableau 3. Caractéristiques physiques des ravines jumelles d'Ausson

**Résultats**

Les pièges à graviers ont permis de mesurer un orage de fin d'été (17 septembre 2005), 2 averses d'automne (22 et 31 octobre 2005) et un événement de printemps (26 avril 2006). Le cumul des récoltes avant déboisement montre que la ravine la moins boisée (Ausson 1) a transporté 972 kg de sédiments, contre 276 kg pour la ravine Ausson 2, dont le taux de boisement est plus élevé (2242 pieds par hectare contre 1028 pour la première) (Fig. 10). Ces résultats montrent une production sédimentaire 4 fois supérieure pour la ravine la moins boisée, si on considère les valeurs rapportées aux surfaces drainées (9 tonnes par hectare pour Ausson 1 contre 2 tonnes par hectare pour Ausson 2). L'effet d'atténuation considérable que la forêt exerce sur les vitesses d'érosion est confirmé par la période d'étalonnage.

L'événement du 26 avril 2006 s'est produit quelques semaines après les travaux de déboisement. Les résultats montrent une production de 1843 kg (17 200 kg/ha) sur Ausson 1 (ravine témoin) et 176 kg (1332 kg/ha) sur Ausson 2 (ravine déboisée). Cet événement ne montre pas de réponse géomorphologique au déboisement. Il est sans doute encore trop tôt pour observer cet effet, dans la mesure où le transfert des produits de l'érosion vers l'exutoire n'est pas immédiat. Il faut s'attendre à un stockage provisoire des matériaux dans les talwegs qui induit une réponse différée dans le temps. Si ce mode de fonctionnement s'avère exact, nous devrions observer une accélération du transport solide de la ravine déboisée lors des prochains événements.

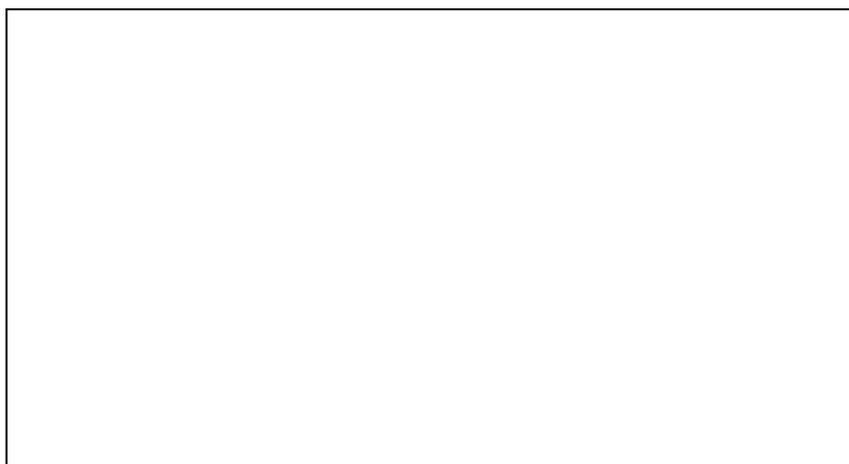


Figure 10. Transport solide à l'exutoire des ravines expérimentales observé entre juillet 2005 et avril 2006

### **C.3. Evaluation des conséquences du déficit sédimentaire affectant les lits mineurs sur les peuplements piscicoles et invertébrés**

UMR 5023 (équipe **D. Pont**), CEMAGREF Aix en Provence (B. Dumont)

**Rappel des objectifs.** Les implications écologiques à long terme du déficit sédimentaire, de la fragmentation des réseaux hydrographiques et du réchauffement global sur les peuplements aquatiques des cours d'eau de moyenne montagne sont multiples et complexes. Dans ce contexte, il est nécessaire d'acquérir les connaissances et de développer les outils qui nous permettront de comprendre la dynamique de ces biocénoses et de prédire leurs évolutions futures. Ces travaux permettront au gestionnaire de mieux prendre en compte les implications

de ces évolutions écologiques sur le long terme dans la définition des états de référence et dans la planification des opérations de restauration de ces cours d'eau.

Nos travaux se concentrent dans le bassin de la Drôme et plus particulièrement dans sa partie amont (fig.11). Ce bassin présente encore localement de fortes capacités de transport sédimentaire qui ont été mis récemment en lumière à l'occasion d'une crue exceptionnelle (décembre 2003). Il a fait l'objet, depuis 2001, d'une instrumentation par des enregistreurs thermiques en continu, qui met en évidence une forte hétérogénéité des régimes thermiques entre les différents affluents, en liaison avec une position en limite du climat méditerranéen et la présence d'alimentations karstiques.

Nos objectifs sont :

- l'étude des facteurs régulant la dynamique et la répartition spatiale des populations du Chabot (température, nature et stabilité des sédiments, obstacles à la dispersion)
- la connaissance de l'architecture biologique et fonctionnelle du benthos (macro - invertébrés) dans la gamme des situations hydrologiques et sédimentaires rencontrées,
- l'identification des liens fonctionnels entre benthos et populations piscicoles, en l'occurrence ici le choix du chabot.

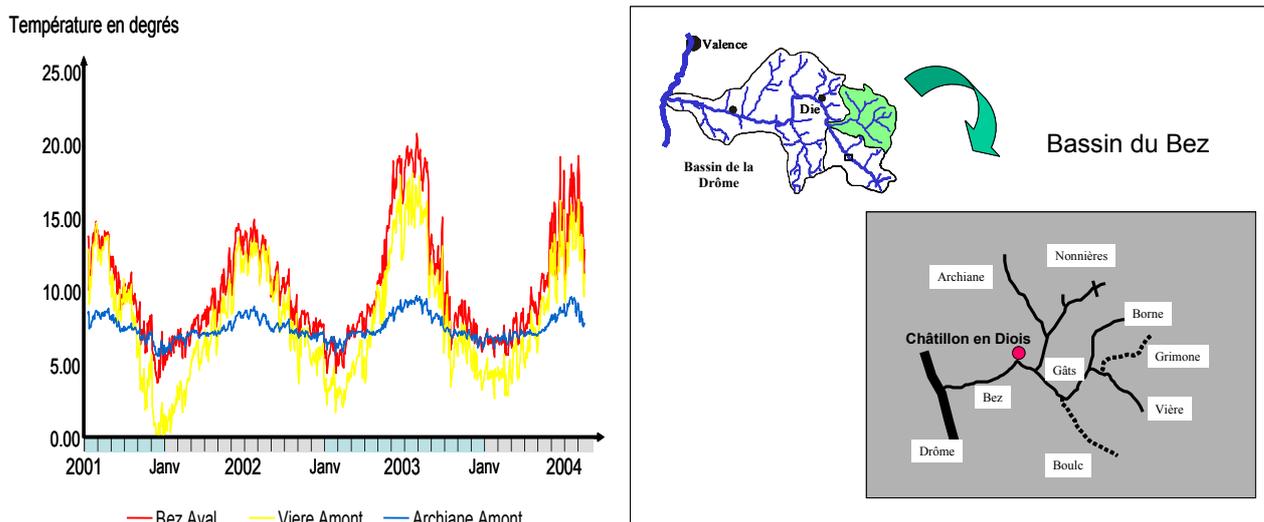


Figure 11 : Contexte hydrologique et géographique de l'étude

**Les populations piscicoles (Chabot).** La population de Chabot présente dans le bassin du Bez (230 km<sup>2</sup>, 50 km de cours d'eau permanents) fait l'objet d'un suivi annuel (pêche électrique en fin de période d'étiage) depuis 2002 avec une estimation des densités par classe d'âge tous les 750 m par pêche électrique. Les résultats obtenus au cours des cinq années de suivi ont permis :

- de décrire la structure spatiale de la population et d'identifier les facteurs environnements les plus importants
- d'analyser la variation des traits d'histoire de vie en fonction du régime thermique
- d'élaborer un modèle de dynamique de population spatialisée en collaboration avec l'UMR de Biométrie (UMR 5558)
- de suivre les effets d'une crue morphogène de temps de retour supérieur à 30 ans
- de décrire la structure génétique de cette population fragmentée et d'émettre de premières hypothèses sur l'importance des flux de dispersion.

Ces résultats ont donné lieu à une soutenance de thèse de Doctorat (Abdoli 2005), de 3 mémoires de DEA (Moneret 2004, Cottet 2006, Milioni, N. 2006), de 3 publications dans des revues internationales (Abodil et al 2005, Abdoli et al. sous presse, Chaumot et al. 2006) et de 4 présentations dans des conférences internationales (Abdoli et al 2004, Pont et al. 2006, Milioni et al. 2006). L'ensemble des résultats acquis permettent d'ors et déjà de fournir des éléments quant aux réponses possibles de ces populations piscicoles à un réchauffement du climat et à la variabilité du transport sédimentaire grossier.

**Variation des traits d'histoire de vie en fonction de la température.** Dans le bassin de Bez, nos résultats montrent un effet important de la température sur les traits d'histoire de vie qui confirme les prédictions théoriques (Stearns, 1992 ; Roff, 1992 ; Pauly, 1980) (fig.12).

Un accroissement de température, dans une gamme de quelques degrés, tend à accroître l'allocation à la reproduction, la croissance chez les jeunes, à réduire l'âge à la reproduction, la longueur infinie et la longévité. Le taux de croissance des jeunes chabots (0+ et 1+) augmente avec la température, alors qu'il diminue pour les poissons plus âgés. On peut également émettre l'hypothèse, pour la gamme thermique étudiée, d'une plus faible mortalité chez les jeunes mais à l'inverse, d'une réduction de la survie chez les adultes âgés.

De manière générale, les ressources semblent limitantes comme le traduit l'effet négatif des densités sur la reproduction et l'accroissement de la largeur de la niche trophique avec la densité. Cette situation ne peut que favoriser l'apparition de trade-offs entre les différents traits d'histoire de vie. Le chabot semble donc bien capable de développer des stratégies de reproduction et de survie alternatives (au sens de Wootton, 1998) en fonction de son environnement. Fox (1978) et Mann et al. (1984), avaient également observé des faits similaires en Angleterre, mais en rattachant d'abord cette variabilité à la productivité des cours d'eau (qui ne semble pas jouer dans notre étude car étant comparable dans tous les sites). En regard avec la problématique du changement climatique, le résultat essentiel réside dans la démonstration qu'un accroissement thermique de quelques degrés tend à favoriser la reproduction au dépend de la croissance et du temps de génération.

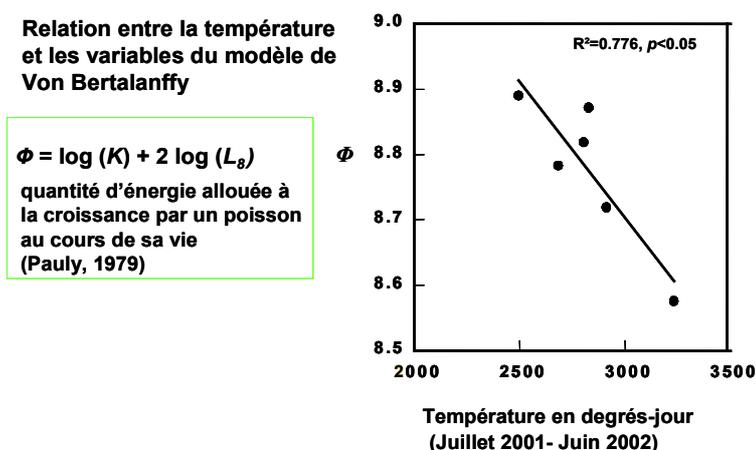


Figure 12 : Relation entre la température et les variables du modèle de Von Bertalanffy

**Hétérogénéité spatiale à l'échelle du réseau.** En utilisant une méthodologie d'échantillonnage originale (suivi de 41 stations par EPA réparties régulièrement sur 31 kilomètres de cours d'eau), nous avons montré qu'il était possible de mettre sur pied un suivi d'une population de chabots dans sa totalité et à l'échelle de tout un réseau hydrographique. Le suivi in-situ a été réalisé conjointement avec nos collègues géomorphologues de l'UMR 5600 (sous projet 3.1.2) afin de tester l'hypothèse d'une liaison entre les caractéristiques du sédiment grossier et la distribution des organismes.

Les deux premières années de suivi (2002-2003) ont permis de fournir une première estimation de la taille de cette population et de décrire le patron de distribution spatiale. Celui-ci s'est montré reproductible en liaison avec la structuration spatiale des facteurs de l'environnement à cette échelle plus large. Les densités de chabot variaient localement entre 0 et 4.4 individus par m<sup>2</sup>, ce qui permet d'estimer la population totale entre 150 et 300 10<sup>3</sup> individus sur la zone étudiée. La température pendant la saison de croissance exerce un effet positif sur les densités de jeunes chabots (1+ et 2+). A l'opposé, on n'observe pas de corrélation positive entre la température et les densités d'individus plus âgés. Cette différence de réponse à l'accroissement thermique selon l'âge dans cette population est cohérent avec les résultats obtenus pour la croissance (effet négatif de la température sur les classes d'âge 2 à 5 ans). Ce résultat est également en accord le modèle prédictif de Pauly (1980).

La granulométrie du sédiment est le deuxième facteur structurant spatialement cette population. Un accroissement de la D50 tend à réduire les densités, en liaison probablement avec une réduction de la porosité du substrat et du nombre d'abris disponibles pour les chabots et leurs proies (macro – invertébrés).

**Modélisation matricielle de la dynamique de la population.** Un modèle mathématique spatialisé pour cette population de chabot a été développé en collaboration avec nos collègues biométriciens de l'UMR 5558 (Univ. Lyon 1). Il consiste en un modèle de Leslie multirégional, qui intègre l'hétérogénéité spatiale des taux démographiques et tient compte des processus de dispersion (Chaumot et al. 2006). Le modèle est basé sur les premières données de terrain et sur une représentation du cycle de vie du chabot prenant en compte les connaissances existantes. Le modèle tient compte de la structure en classe d'âge au sein de la population. 6 classes d'âge ont été retenues : les juvéniles, et cinq classes d'adultes qui se différencient par des survies et des fécondités différentes. Les données recueillies sur le terrain ont permis de distinguer 13 compartiments homogènes en densité, mais avec des caractéristiques démographiques différentes pour les classes d'âge.

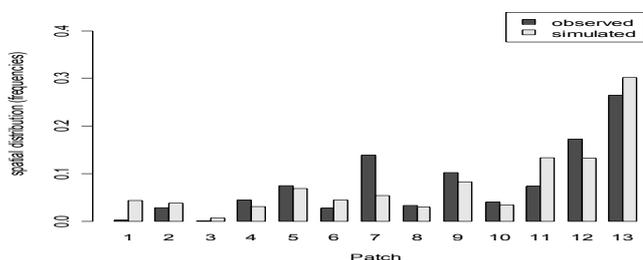


Figure 13 : Densités de chabot observées et simulées dans les 13 compartiments du réseau

Nous avons étudié différentes hypothèses pour modéliser la survie (variabilité avec l'âge, hétérogénéité spatiale, densité-dépendance) et la dispersion (recrutement densité-dépendant de jeunes poissons), dans le but d'ajuster au mieux les simulations aux données de terrain ; pour ce la nous avons choisi des indicateurs démographiques tels que le taux de croissance de la population, les densités locales dans les différents compartiments du réseau hydrographique et la distribution spatiale observée (fig. 13). Nous avons par ailleurs étudié l'effet de différents

scénarios de dispersion. Celle-ci semble affecter sérieusement la distribution spatiale des poissons.

D'autres travaux sont actuellement en cours avec pour objectif l'intégration des effets des variations de température dans le modèle dynamique et également le développement d'autres approches de modélisation (modèles individus-centrés).

**Génétique des populations de chabot (*Cottus gobio*) en milieu fragmenté.** Le chabot (*Cottus gobio*) dans le contexte du bassin du Bez (département de la Drôme) est potentiellement sujet à une fragmentation très forte due à des seuils, qui permettent de délimiter des compartiments étanches à la migration à contre-courant de tous les individus. La dévalaison devrait être possible. Si ces hypothèses sont exactes, on devrait observer une diminution de la diversité génétique en direction de l'amont et une différenciation très forte entre les têtes de bassin.

7 prélèvements de 30 individus ont été effectués dans le bassin versant du Bez. 4 marqueurs microsatellites tirés de la littérature ont été utilisés pour cette étude (Engelbrecht et al, 1999). Comparés à des populations distantes ou à des populations non fragmentées, les sous-populations du Bez sont génétiquement pauvres, tant en nombre d'allèles qu'en hétérozygotie attendue. Au sein du bassin du Bez, comme attendu, ce sont les têtes de bassin qui sont génétiquement les moins diversifiées, les sous-populations de confluences atteignant une variabilité intermédiaire. On observe des divergences importantes entre sous-bassins nord et sud, et entre têtes de bassin au sein d'un sous-bassin, ce qui amène à la conclusion que la remontée des rivières est bien bloquée par des seuils et/ou des obstacles naturels. La fragmentation apparaît donc comme l'explication principale de la perte de diversité génétique observée dans les têtes de bassin. Il faut aussi ajouter, que la taille de la population, mesurée ailleurs dans ce rapport, est un autre facteur d'explication de la diversité génétique observée : les populations en tête de bassin importantes (Borne par exemple) résistent mieux à l'érosion génétique que des populations plus faibles (Archiane par exemple).

**Cruets morphogènes et transport solide.** Bien que l'étude des interactions entre dynamiques géomorphologique et écologique ait fait l'objet de différentes approches conceptuelles (Amoros et Petts 1993, Montgomery 1999), l'analyse précise des réponses de la faune piscicole des cours d'eau à une modification du transport solide grossier et du passage de faciès de sédimentation (agradation) à des faciès d'érosion (pavement, mise à nue de la roche-mère) reste à effectuer. Nous avons entrepris ce travail pour les cours d'eau à fort transport (gravel bed rivers) dans le cadre de ce programme par une collaboration étroite entre géomorphologues et écologues à la fois sur le terrain et de manière conceptuelle.

En résumé, nous considérons qu'à l'échelle de la plaine alluviale, un exhaussement favorise une multiplication des chenaux plus ou moins fréquemment connectés avec le ou les chenaux principaux. On observe une plus grande diversité Béta en particulier sensible pour la végétation. A l'inverse l'érosion réduit la largeur de la bande active et limite l'hétérogénéité spatiale à cette échelle. Egalement, un trop fort transport solide induira une forte instabilité. L'optimum se situe donc pour un transport solide d'intensité intermédiaire (fig.14).

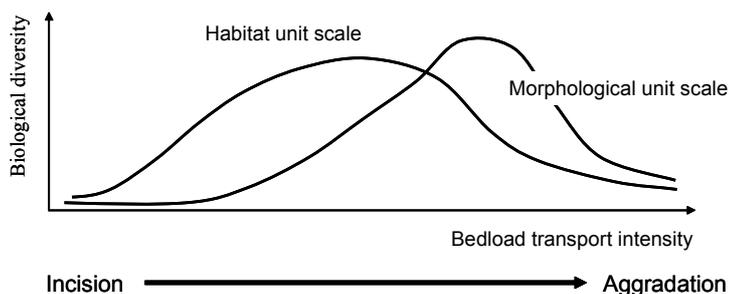


Figure 14: Evolution de la diversité en fonction de l'intensité du transport solide

Par contre, à l'échelle intra-habitat, en particulier pour les chenaux principaux, l'accroissement du transport solide induit plus rapidement une plus grande instabilité défavorable pour les espèces présentes. Nous proposons donc un modèle conceptuel décrivant des situations optimales en termes de transport solide vis-à-vis de la biodiversité aquatique différentes selon que l'on se place à l'échelle intra-habitat ou inter-habitat dans la plaine alluviale.

Sur le terrain, nous avons démontré un tel effet négatif d'un transport sédimentaire grossier trop extrême. Si l'on s'intéresse à l'évolution longitudinale des densités de chabot le long de l'axe Gats-Bez, on s'aperçoit nettement que, sur une période de 4 années, les densités de cette espèce sont significativement plus faibles à l'aval du glissement de terrain de Ravel et Ferrier qui injecte dans le cours d'eau d'importantes quantités sédimentaires. Plusieurs kilomètres de cours d'eau sont nécessaires pour atténuer cet effet négatif qui ne peut pas être imputés à d'autres facteurs (pente, largeur, température,...)(fig. 15). A l'opposé, à l'extrémité aval de ce transect, les très faibles densités sont liées à une intense érosion entraînant l'apparition de la roche mère.

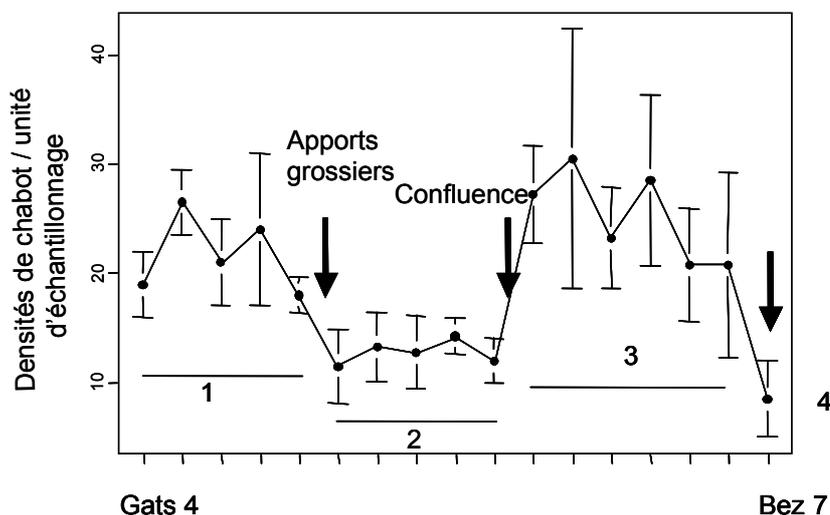


Figure 15. Evolution longitudinale des densités de Chabot

Le suivi de la crue exceptionnelle de Décembre 2033 (débit moyen journalier de 114 m<sup>3</sup>/s le 2/12) permet également de confirmer cet impact négatif. Les taux de survie annuelle après la crue ne dépassent pas 0.09 pour les adultes (3 ans et plus) et 0.27 pour les juvéniles (1 an et

deux ans) contre respectivement 0.59 et 0.72 lors d'une année « normale ». On note également un effacement de la structure spatiale avec le maintien d'une seule région source potentielle à l'amont dans le secteur de la Borne. De même, les populations de truite subissent une réduction très sévère de leurs effectifs.

En définitive, nos résultats démontrent les importances respectives des facteurs thermiques et géomorphologiques dans la régulation des populations piscicoles des cours d'eau alpins à forte production sédimentaire grossière. La variabilité thermique est un facteur déterminant vis-à-vis de la stratégie démographique de l'espèce alors que le transport solide joue un rôle également important dans la distribution spatiale des organismes (disponibilité des habitats) et dans la variabilité des taux de survie.

#### **C.4. Influence de la morphologie du lit mineur sur la structure du peuplement piscicole : comparaison entre faciès incisé et faciès tressé sur la basse rivière d'Ain**

H. Persat, UMR 5023, N. Lamouroux, J.F. Perrin, N. Lamouroux, H. Capra, (Cemagref Lyon). D. Danancher

##### **Objectifs :**

L'objectif de cette étude était d'essayer d'évaluer en premier lieu l'influence du type hydromorphologique (en équilibre dynamique, ou en incision) sur la composition et la structure du peuplement piscicole de la basse rivière d'Ain, en général, et sur trois espèces rhéophiles repères en particulier : la truite, l'ombre commun et l'apron. En perspective, il y avait la question de savoir si les travaux de recharge sédimentaire prévus dans les secteurs en incision se traduisaient ou non par un retour plus ou moins significatif vers une communauté piscicole plus représentative des secteurs en équilibre morfo-dynamique.

##### **Moyens :**

L'étude devait comporter d'une part une analyse globale de la structure du peuplement, toutes espèces confondues, entre stations hydromorphologiquement contrastées, et d'autre part une analyse spécifique des habitats occupés par les trois espèces repères, selon leur stade de développement (alevins, juvéniles, adultes), avec notamment caractérisation de leurs sites de frai respectifs. L'analyse devait partir d'une cartographie globale des habitats le long de la basse rivière d'Ain, sur laquelle nous nous proposons de sélectionner les sections les plus contrastées pour l'approche comparative inter faciès, et de positionner les zones de fraie de chaque espèce.

##### **Méthodologies :**

En complément du travail de cartographie et de modélisation effectué par nos collègues géographes, il était prévu d'évaluer les caractéristiques du milieu du point de vue du poisson par la méthode Estimhab du Cemagref (Lamouroux 1998, Lamouroux et al. 1995,1999, Lamouroux & Capra 2002, Soucon et la. 2003) qui met en relation les profils d'habitats disponibles avec les préférences d'habitat des différentes espèces.

Pour l'étude du peuplement piscicole, nous avons retenu la méthode des Echantillons Ponctuels d'Abondance (Nelva et al. 1978, Persat & Copp 1990, Persat & Olivier 1991) qui permet d'avoir des données statistiquement intéressantes pour comparaison dans l'espace et dans le temps.

L'étude des frayères supposait une prospection régulière des stations en bateau par débits faibles.

## **TRAVAIL REALISE:**

### **Contexte environnemental :**

Pour réaliser cette étude, nous avons l'avantage de disposer de données antérieures issues de pêches électriques réalisées en 1996 et 1997 dans deux stations situées respectivement dans une zone d'incision (Varambon aval), et dans une zone en équilibre (Gévrieux). Ce sont donc les deux stations que nous avons retenues initialement pour le présent travail, en partant du principe qu'une station devait partir d'une mouille pour finir dans une mouille en englobant deux radiers et donc une troisième mouille, l'ensemble de la séquence représentant sur l'Ain des sections d'environ 2 km de long. Cependant, il est apparu souhaitable de décaler légèrement la station de Gévrieux vers l'amont pour travailler sur une séquence mouilles-radiers mieux définie et s'affranchir de la fréquentation touristique estivale trop importante au niveau du Pont de Gévrieux.

Par la suite, quand il s'est avéré que les sommes allouées au Programme Life Habitats de la Basse Vallée de l'Ain ne seraient pas suffisantes pour pouvoir remonter les granulats jusqu'au pied de Varambon, nous avons été amenés à décaler cette station vers l'aval en créant une nouvelle station "Priay amont" en 2005. Par précaution, nous avons prospecté cette année-là les deux stations Varambon aval et Priay amont, en plus de celle de Gévrieux amont.

### **Contexte hydroclimatique :**

A l'époque de l'élaboration et du dépôt du projet (fin 2002 début 2003), le peuplement piscicole de la basse rivière d'Ain n'avait plus subi de stress sérieux depuis près d'une dizaine d'années grâce à la fois à des conditions hydroclimatiques modérées, et à la vigilance de la Cellule d'Alerte mise en place tous les étés pour pallier aux situations les plus critiques. Nous bénéficions alors d'un peuplement bien fourni, tout particulièrement dans sa composante salmonicole (truite et ombre), principale cible de cette étude.

Malencontreusement, la sécheresse caniculaire tout à fait exceptionnelle du printemps et de l'été 2003 (Vey 2004) a considérablement amoindri le cheptel salmonicole (Fig. 1). En outre, le peu de géniteurs potentiels survivants de 2003, trop affaibli, n'a pas été en mesure de se reproduire en 2004 (Vey 2004), et la fraie 2005, elle même très réduite, a été sévèrement affectée par les crues du mois d'avril de la même année. En conséquence, le cheptel salmonicole n'a pas encore pu se rétablir.

Cette situation imprévisible a bien évidemment considérablement obéré les conditions de réalisation de cette étude, puisque la truite et l'ombre commun étaient les espèces clés qui devaient nous permettre d'apprécier les différences entre secteurs incisés et secteurs en équilibre..

### **Prospections :**

#### **Recherche d'Aprons :**

L'été 2003 a été consacré à une prospection intensive de jour (en plongée) comme de nuit (à la lampe électrique), afin d'essayer de repérer des Aprons et décrire leur habitat, notamment dans le cadre du programme LIFE Basse Vallée de l'Ain. (cf rapport joint en annexe I). Malgré nos efforts, et bien que des dizaines de kilomètres aient été balayés de nuit, nous n'avons pas été en mesure de repérer un seul individu (un seul a peut-être été entraperçu à Port-Galland, mais nous n'avons pas pu le confirmer). Il se peut que la sécheresse et la canicule aient aussi eu des incidences négatives sur cette espèce, mais on peut espérer qu'il a pu en subsister en aval de la confluence avec le Rhône, ce dernier ayant été moins affecté.

Quelques visites estivales en 2004 et 2005 n'ont pas non plus été couronnées de succès. Si l'espèce est encore présente, c'est en quantité extrêmement faible et aucune étude n'est envisageable dans un tel contexte.

### Recherche de frayères à truites et à ombres :

Les observations faites à l'issue de la canicule 2003 ayant montré que les salmonidés n'avaient pas été en mesure d'amorcer leur cycle de maturation, il était inutile de rechercher des frayères en fin d'année 2003 (truites) ou début d'année 2004 (ombres) sur nos stations.

Fin 2004, nous avons pu effectuer deux visites dans des conditions hydrauliques favorables sur les stations de Gévrieux amont et Varambon aval, mais n'avons pu y repérer qu'une seule frayère de truites sur chaque, ce qui confirmait en l'occurrence le mauvais état général du peuplement salmonicole.

De même au printemps 2005, il ne semble pas qu'il ait été observé de frayères d'ombres sur nos stations d'études, alors que, la période de fraie de l'ombre correspondant à l'ouverture de la pêche à la truite, il y a à ce moment là beaucoup de pêcheurs susceptibles d'en observer.

Compte tenu des très grandes difficultés à bénéficier de débits favorables pour le repérage des frayères (éclusées énergétiques quotidiennes), et de la rareté intrinsèque des géniteurs excluant toute étude statistiquement significative, il nous est apparu illusoire de persévérer dans cette action.

### Pêches électriques

Le suivi du peuplement piscicole par échantillonnage ponctuel d'abondance (fig. 2) a pu être mené à bien malgré des conditions hydrauliques souvent contraignantes. Les résultats bruts des pêches sont consignés dans le tableau I et exprimés dans la figure 3. Les résultats détaillés par classes de taille sont présentés dans les figures en annexe II.

En dehors de quelques espèces très sporadiques non retenues ici, le peuplement de la basse rivière d'Ain comporte une vingtaine d'espèces régulièrement présentes dans nos pêches. Par rapport aux pêches effectuées en 1996-1997, on constate après 2003 une augmentation de la plupart des espèces de cyprinidés rhéophiles (blageon, goujon, barbeau, vandoise, chevaine, spiralin) qui ont certainement tiré profit des conditions thermiques plus élevées, tandis que l'on assiste au contraire à une forte diminution des effectifs en salmonidés (truites et ombres) qui en ont beaucoup souffert. Malgré les très faibles effectifs en salmonidés, il convient de noter que le secteur de Gévrieux, en équilibre, apparaît bien légèrement plus favorable aux ombres communs que celui de Varambon-Priay, incisé, qui lui est plus favorable aux truites, ce qui corrobore notre hypothèse de départ quant à l'influence de la morphologie du lit sur ces deux espèces.

Pour apprécier un peu mieux les différences observées lors des pêches, selon les dates ou les stations nous avons procédé à une Analyse Factorielle des Correspondances sur les effectifs (en classes d'abondance d'ordre 2), puis examiné les contributions relatives des effets dates, stations et périodes (avant et après 2003) par AFC inter-dates, inter-stations, inter-périodes et inter-saisons. Le tableau suivant résume l'information générale :

Tableau II : Résultats des analyses multidimensionnelles du tableau 20 espèces par 20 pêches

Analyses	AFC simple	Inter-Dates	Inter-Station	Inter-Périodes	Inter-Saisons
Inerties	0,383	0,209	0,047	0,069	0,036
% de l'inertie expliquée		54,6 %	12,2 %	18,2 %	9,5 %

L'effet date représente près de 55 % de la variabilité générale (inertie) du tableau de données, tandis que l'effet station n'en représente que 12 %. Les différences faunistiques entre les

stations sont donc assez limitées, ce qui traduit des conditions environnementales peu différentes entre les secteurs, alors que la variabilité temporelle est, elle, très grande. Au sein de celle-ci, la période (avant ou après 2003) apparaît avoir deux fois plus d'importance (18,2 % contre 9,5%) que la saison (printemps ou automne) ce qui traduit l'importance de l'impact de la sécheresse caniculaire de 2003, et des étés chauds et secs les années suivantes.

La figure 4 permet de visualiser un peu mieux ces tendances et les contributions relatives des espèces impliquées. L'effet période s'exprime nettement sur l'axe horizontal de l'analyse (fig 4A) et est très clairement induit par l'antagonisme entre espèces d'eau froide (salmonidés, chabots, voire loche et perche) et la plupart des cyprinidés plus thermophiles (fig. 4B). L'effet station apparaît de façon plus disparate sur l'axe 2, la station amont apparaissant, au moins après 2003, plus fournie en poissons d'eau calme (épinouche, rotengle, gardon) en raison probablement de mouilles plus grandes et d'un développement plus marqué des hydrophytes immergés. Par contre la station aval est visiblement plus favorable aux ombres et hotus qui apprécient les gravières propres et dégagées. Les différences entre stations sont le plus souvent très marquées (longueur des flèches), mais désordonnées, ce qui amoindrit de beaucoup l'effet station. La station ayant bénéficié de la recharge sédimentaire de l'hiver 2005-2006 (Priay) ne semble pas voir vu son peuplement changer de façon perceptible au printemps 2006 (position du point de départ de la flèche "Printemps 2006" à comparer à celle du point d'inflexion de la flèche "Printemps 2005" sur la fig.4A).

#### **Modélisation de l'habitat et du peuplement ichtyologique associé :**

La méthode Estimhab du Cemagref nécessite de relever les hauteurs d'eau et la granulométrie sur un certain nombre de transects répartis sur une longueur significative du cours d'eau considéré, et ce à deux débits différents mais constants pendant les relevés. Dans le cas présent, nous avons pu procéder à ces relevés en juillet et août 2005, sur l'ensemble du secteur Varambon-Priay, d'une part, et sur notre station de Gévrioux amont d'autre part.

La mise en œuvre du modèle hydraulique d'habitats permet d'obtenir un profil général de la qualité et de la surface (pour 100 m linéaire de rivière) des quatre principaux types d'habitats en fonction des débits (ici de 0 à 100 m<sup>3</sup>/s) dans chaque secteur (fig. 5). Les profils de valeur d'habitats des secteurs incisés et en équilibre sont très proches les uns des autres, ce qui traduit une grande homogénéité de la physionomie de la rivière, par contre les surfaces pondérées utiles de chaque faciès apparaissent sensiblement supérieures à Varambon, tout en exprimant une évolution similaire en fonction du débit, ce qui pourrait n'être que le simple contre-coup d'une largeur globalement plus grande dans ce secteur.

Compte-tenu de la grande similitude des secteurs, la mise en œuvre des modèles de préférendums d'habitats des différentes espèces (fig.6) ne fait pas non plus ressortir des différences fondamentales entre les secteurs. La plupart des espèces voient l'habitabilité du milieu se réduire avec l'augmentation des débits à l'exception de l'ombre commun, pour qui la rivière offre les meilleures conditions de vie à des débits de l'ordre de 30 à 80 m<sup>3</sup>/s selon les stades de développements, et du barbeau qui préfère les gros débits, l'espèce étant très inféodée au faciès chenal. Les différences notées dans les surfaces de faciès disponibles (fig. 7) selon les secteurs, se retrouvent au niveau des surfaces utilisables pour toutes les espèces, à l'exception très notable de l'Ombre commun pour qui les deux secteurs sont équivalents (en l'occurrence il y a bien un antagonisme entre les préférendums de l'ombre et de la truite).

#### **CONCLUSIONS**

L'étude de l'influence des processus d'incision sur le peuplement piscicole de la basse rivière d'Ain s'est heurtée à de nombreuses difficultés qui n'ont pas permis d'aboutir à des conclusions définitives dans les circonstances actuelles. Les variations artificielles incessantes

du débit étaient une contrainte forte, mais attendue, pour l'approche piscicole. Par contre, on ne pouvait prévoir l'événement hydro-climatique exceptionnel de l'été 2003 et ses répercussions sur la faune piscicole les années suivantes. Par ailleurs, les deux secteurs retenus pour l'étude sont apparus assez peu contrastés du point de vue de l'habitat du poisson, ce qui, même sans l'impact de 2003, ne pouvait que rendre les différences assez subtiles. Enfin, dans le contexte plus spécifique de la recharge sédimentaire du chenal, les opérations de génie civil ont été à la fois trop tardives et trop limitées pour que l'on puisse déjà en mesurer les effets sur le poisson.

Cette expérience ne remet pas en cause les hypothèses biologiques de départ, mais ne permet simplement pas de les vérifier pour l'instant. En l'occurrence, elle est apparue quelque peu sous-dimensionnée par rapport au contexte de la basse rivière d'Ain, qui exigerait que l'on travaille sur des durées, des distances, et des volumes de granulats bien plus importants.

### Références

- Lamouroux, N., Capra, H., Pouilly, M., & Souchon, Y. (1999). Fish habitat preferences in large streams of southern France. *Freshwater Biology*, 42, 673-687.
- Lamouroux N., Capra H. (2002). Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology*, 47 (8), 1543-1556.
- Lamouroux N. (1998) Depth probability distributions in stream reaches. *Journal of Hydraulic Engineering*, 124, 224-227.
- Lamouroux N., Souchon Y., Hérouin E. (1995) Predicting velocity frequency distributions in stream reaches. *Water Resources Research*, 31, 2367-2375.
- Mallet, J.P., Lamouroux, N., Sagnes, P., & Persat, H. (2000). Habitat preferences of European grayling in a medium size stream, the Ain river, France. *Journal of Fish Biology*, 56, 1312-1322.
- Nelva A., Persat H., & Chessel D., 1979 : Une nouvelle méthode d'étude des peuplements ichtyologiques dans les grands cours d'eau par échantillonnage ponctuel d'abondance. *C.R. Acad. Sci. Paris* 289 : 1295-1298
- Persat H., & Copp H. G., 1990 : Electrofishing and point abundance sampling for the ichthyology of large rivers. Chapter 27 in : *Developments in Electric Fishing*. Cowx I. J. Ed., Fishing News Books, Cambridge University Press, Cambridge, G.B.: 197-209.
- Persat H., & Olivier J.M., 1991 : The point abundance sampling - a fishing strategy for large rivers: short presentation of the concept, its appliance and some results. In : *Biological monitoring of large rivers*. PENAZ M. Ed., Czechoslovak Academy of Sciences, Brno : 104-113.
- Souchon, Y., Lamouroux, N., Capra, H. and Chandesris, A. (2003). La méthodologie Estimhab dans le paysage des méthodes de microhabitat. Note technique, Cemagref Lyon, Unité Bely, Laboratoire d'hydroécologie quantitative. 9 p.
- VEY V., 2004 : Fonctionnement et gestion de la basse rivière d'Ain à l'étiage : bilan de la sécheresse 2003. Syndicat de la Basse Vallée de l'Ain : Document de synthèse 27 p. et Document principal, 247p.

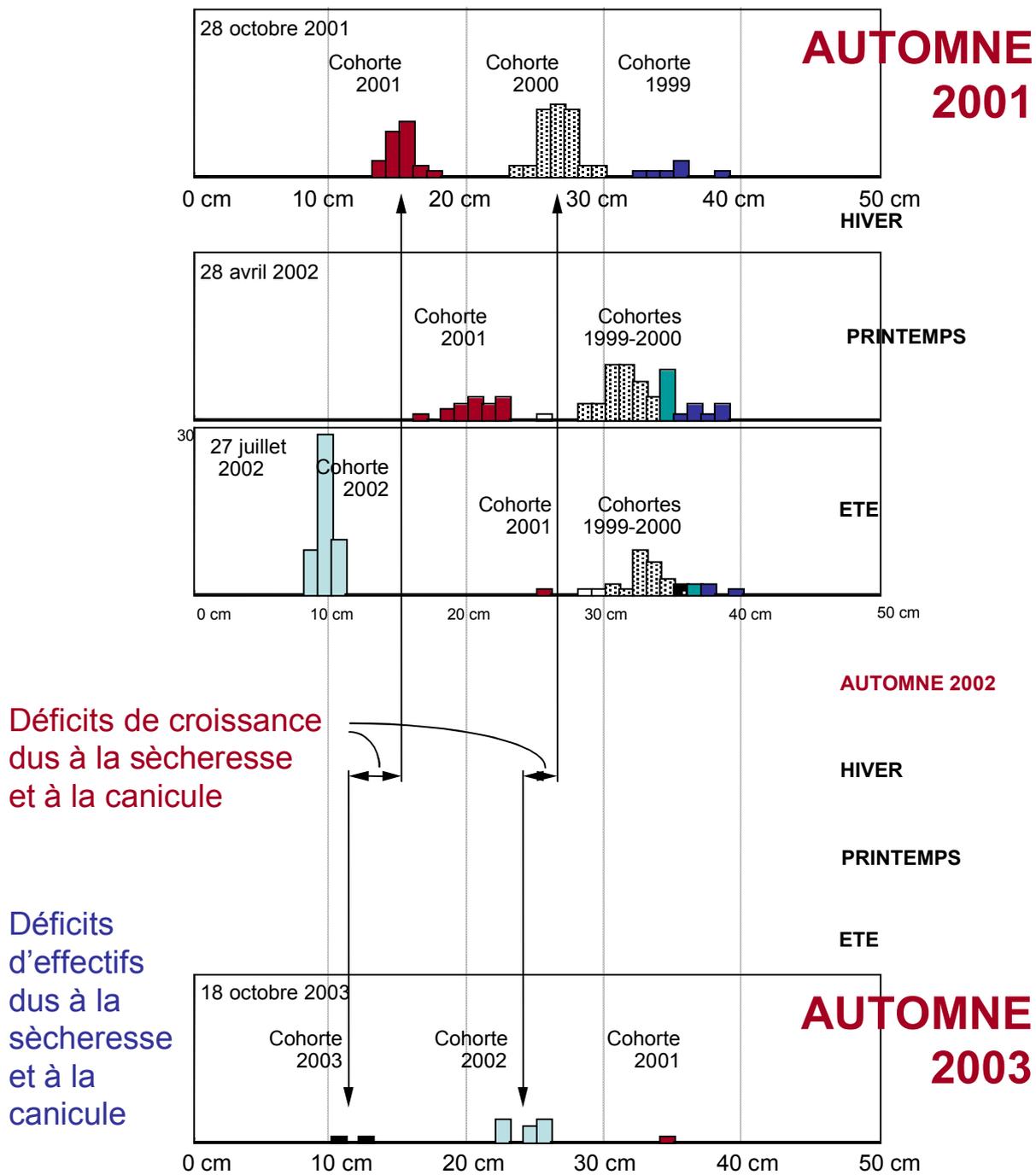


Figure - 16 : Histogrammes en classes de tailles des ombres capturés au cours des pêches effectuées sur l'Ain dans le secteur Gévrioux-Mollon de l'automne 2001 à l'automne 2003.



Figure - 17 : Positionnement des 50 points d'échantillonnage lors de la pêche du 22 juin 2006 sur le secteur Priay amont (en encart, vue de l'ensemble de la station de pêche de Priay)

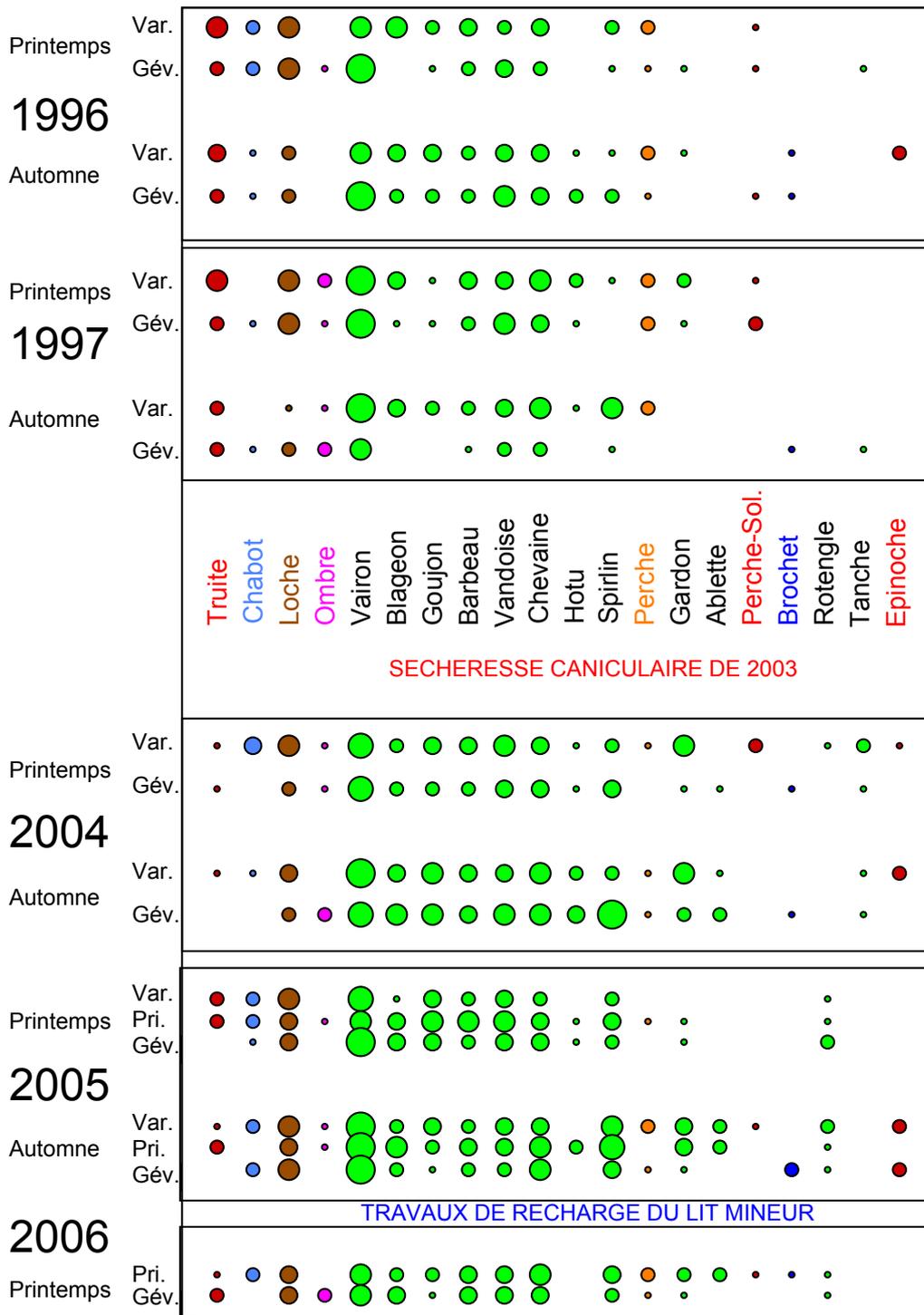


Figure - 18 : Evolution des logarithmes d'abondance des espèces au cours du temps et selon les stations (Varambon, Priay et Gévieux)

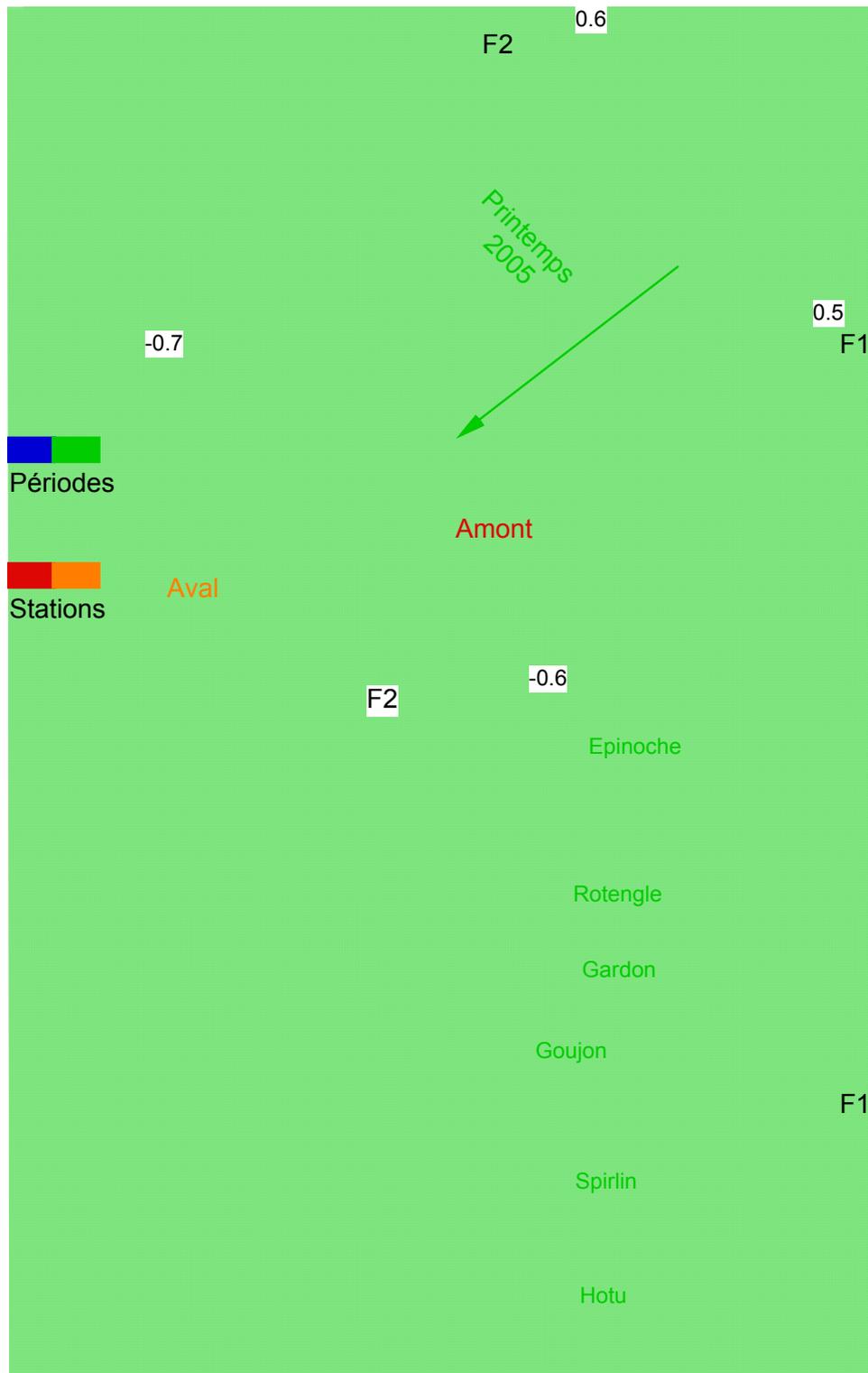


Figure -19 : Variation du contenu faunistique des pêches telle qu'elle peut-être appréciée par Analyse Factorielle des Correspondances sur les classes d'abondance (chaque flèche relie de l'amont vers l'aval les stations prospectées à une campagne de pêche donnée), et contributions relatives des différentes espèces à cette structure

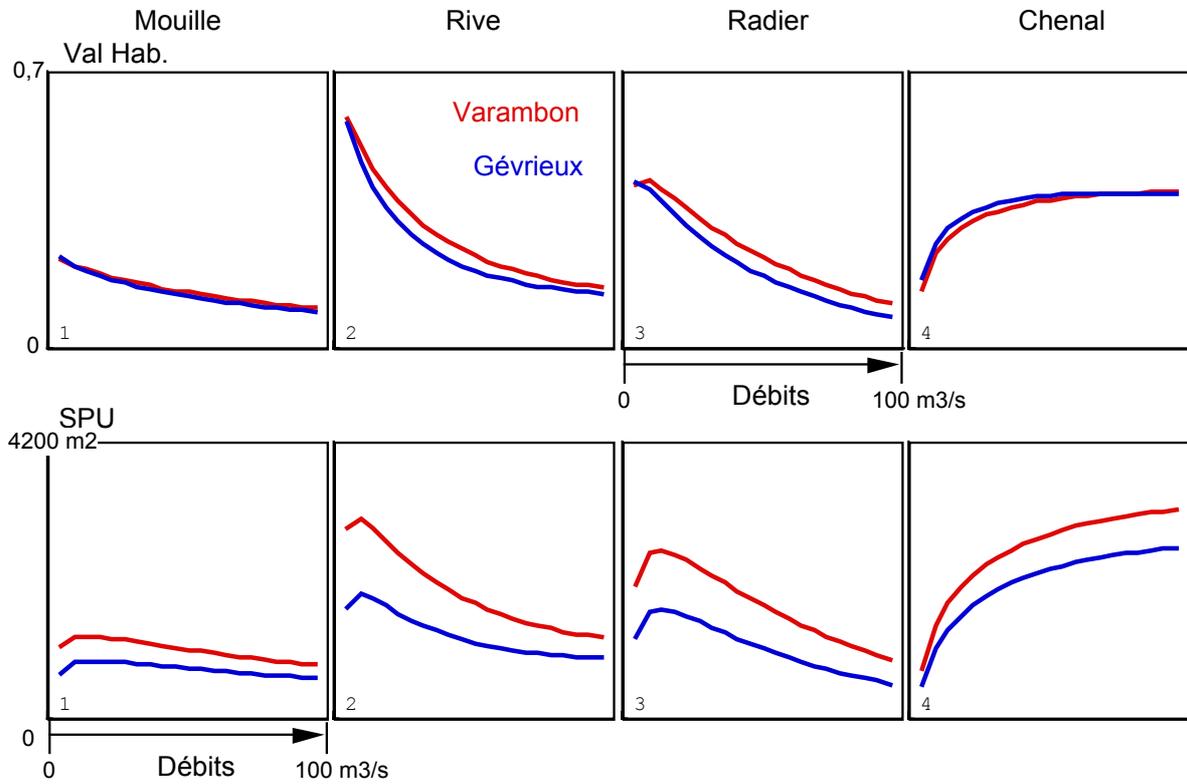


Figure - 20 : Modélisation de l'habitabilité (de 0, nulle, à 1, optimale) des différentes catégories de milieux pour les espèces qui leur sont inféodées (guildes) en fonction du débit, et surfaces disponibles pour ces guildes sur 100 m de linéaire de rivière

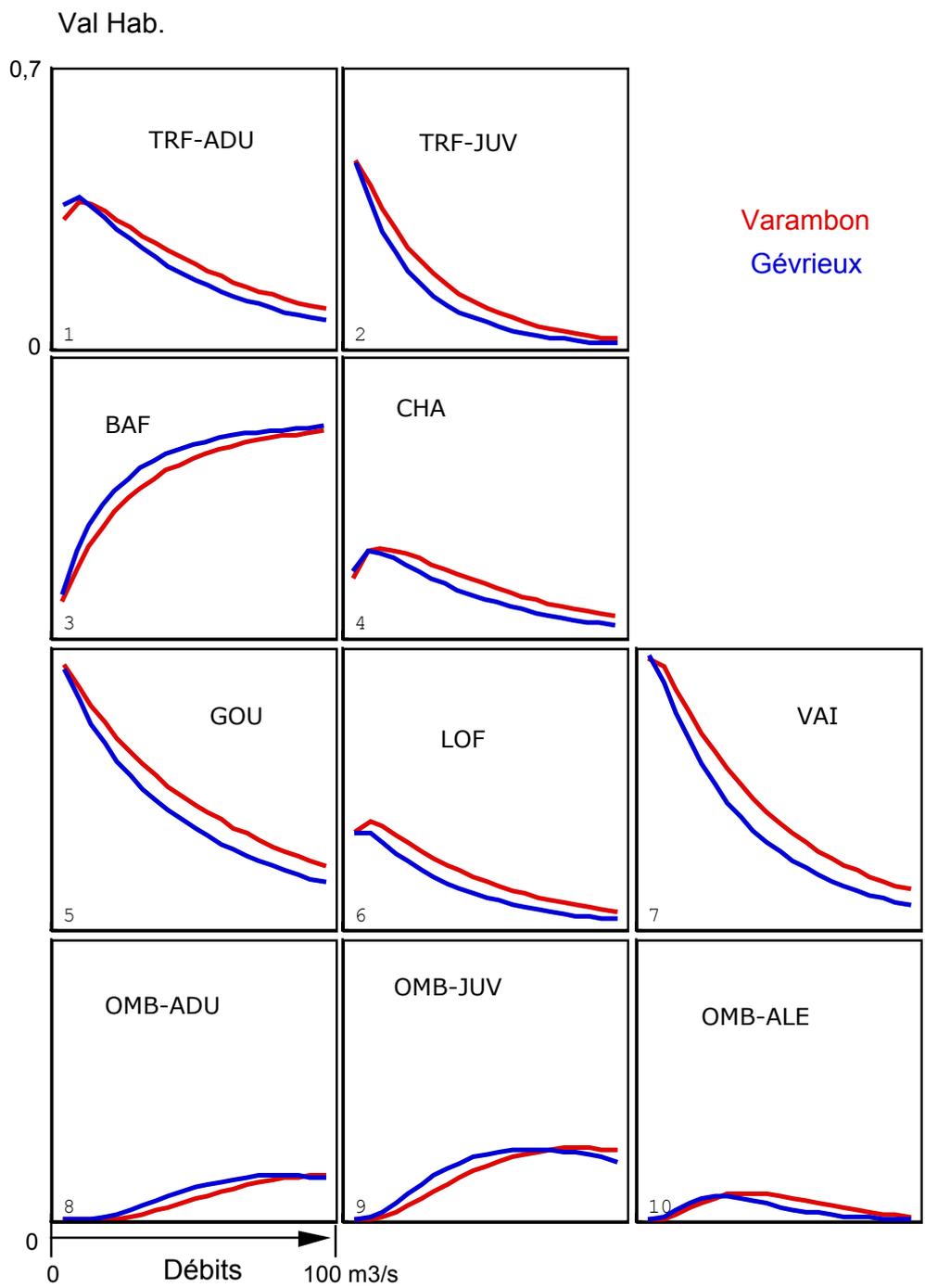


Figure - 21...Modélisation de l'habitabilité respective des deux secteurs de la rivière pour différentes espèces et certains stades de développement en fonction du débit

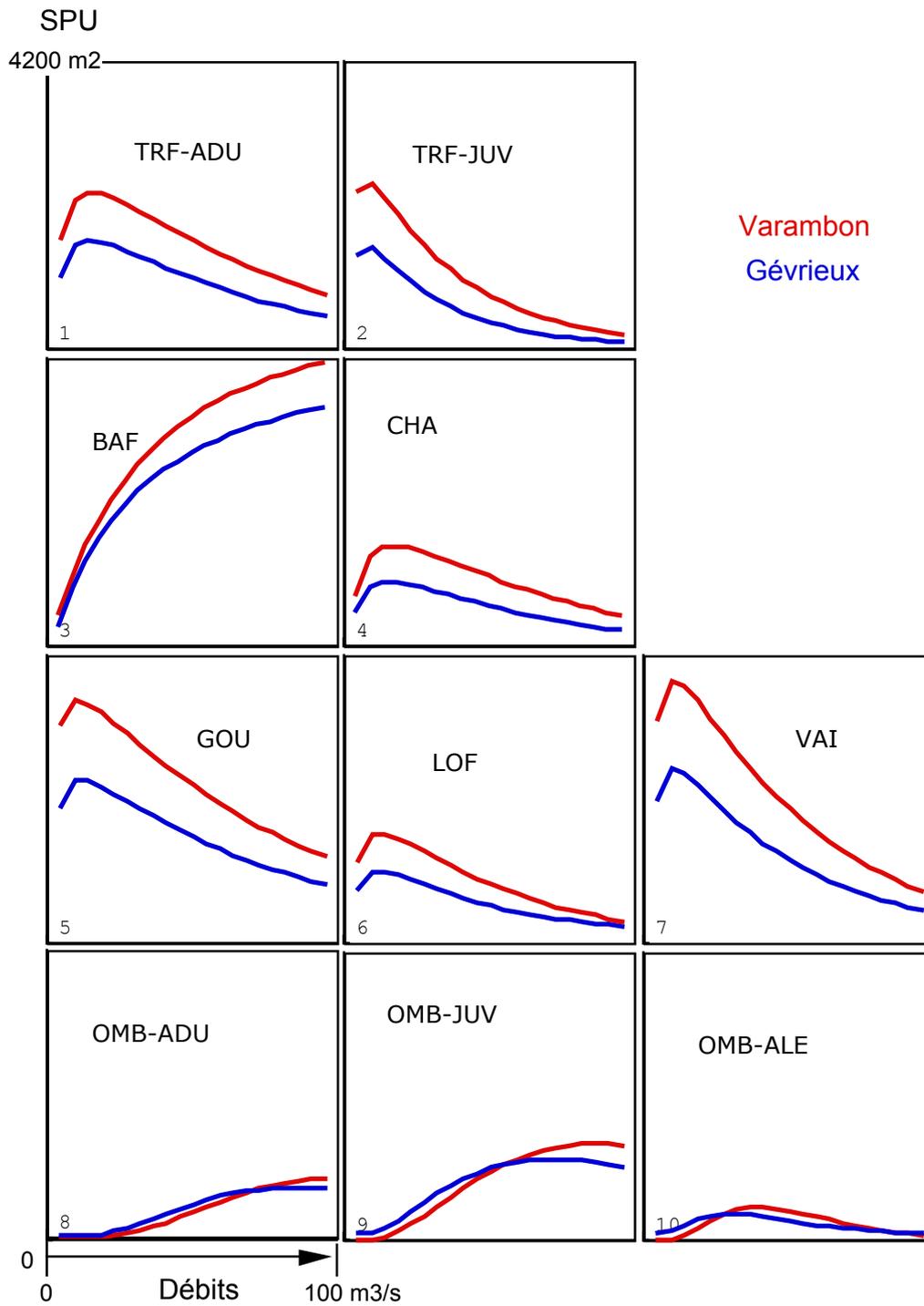


Figure -22 Modélisation des surfaces disponibles dans chaque secteur en fonction du débit pour différentes espèces et certains stades de développement

ANNEXE I

**Recherche de l'Apron sur l'Ain**

**Recherche de l'Apron durant l'été 2003 et habitats temporaires des autres espèces**

*Prospections spéciales pour l'Apron*

Les observations visuelles, accompagnées d'une description simple des tenues du poisson en étiage caniculaire, ont été réalisées dans le cadre des prospections exigées par le projet LIFE basse Vallée de l'Ain.

Partant de la très faible quantité d'observations disponibles sur l'Apron (4 citations sur les 15 dernières années), et avec l'expérience acquise lors du LIFE Apron I, l'effort a été mis sur une prospection ciblée des ambiances les plus favorables en été. Celles-ci diffèrent selon l'âge des sujets, et avec elles le mode de prospection le plus efficace.

	Juvéniles	Pré-adultes	Gros sujets	Géniteurs
début d'été et étiages	entrée de lône, bord sableux de mouilles à castor (T1-T2)	radier et plage caillouteuse peu profonde (T3), sous les blocs en queue de radier (T2)	grand plat (T4), fosse profonde, et base des enrochements (T2)	--

*Tableau I. Techniques d'observation ou de capture : T1= pêche électrique légère (différé), T2= observation subaquatique directe, T3= détection de nuit à la lampe à pied, T4= balayage nocturne au phare en bateau.*

Nous pouvons nous attendre à une très faible densité, mais avec de possibles regroupements dans des zones favorables. En fait l'étiage précoce et exceptionnel de la rivière dès le début des prospections (du débit réservé 12.6 m<sup>3</sup>/s à environ 8 m<sup>3</sup>/s) a permis un accès quasi intégral à tous les secteurs en utilisant la méthode de prospection nocturne. C'est sur le site de La Beaume (Ardèche) que la méthode de repérage nocturne à la lampe a été découverte en septembre 1996 et testée par les promoteurs du projet (Vallod & Perrin, 1999).

En ce qui concerne l'apron, *Zingel asper*, poisson mythique de la basse vallée, les explorations de l'été 2003 n'ont pas permis de confirmer la présence d'une population. Pourtant les sites d'étude approfondie offrent des faciès représentatifs au regard des rares stations historiques à apron, par exemple : les secteurs incisés de Varambon (citation ancienne en zone d'affouillement des Carronières) et de Villette sur Ain (une capture en mai 2002), le secteur actif (rapide axial à chabot) de Charnoz Giron (1 apron observé en août 1999), ou le chenal profond du lit remblayé de St Maurice de Gourdans (aprons observés en 1979, 1983, 1989, et avec doute en 2003).

Un tableau comparatif des faciès explorés de jour et de nuit, souligne les préférences des adultes pour un fond constitué de galets et petits blocs, normalement bien fréquenté par les Salmonidés sauf en période très chaude. Les pêches 2004 n'ont pas permis d'en capturer d'autre exemplaire, et les photographies basse altitude (campagnes drone) restent insuffisantes en termes d'habitat

potentiel à protéger. Ces résultats suggèrent une population peu renouvelée, plutôt de type « puits » où se disperseraient des individus errants (venus du Rhône ?). Mais il y a plusieurs biais dans ce constat : d'une part les conditions extrêmes de l'été 2003 ont pu repousser les aprons vers des zones non accessibles, en dépit d'une méthode de prospection notoirement efficace en eaux basses et nuits calmes. D'autre part, une certaine quantité de témoignages ont été perdus par fermeture anticipée de la pêche. Enfin, la « non-réussite » de l'apron dans l'Ain pourrait tenir à des facteurs contraires intervenant au moment du développement embryonnaire, dans un habitat qui reste pour l'instant inconnu.

Classement typologique des habitats explorés

Les données recueillies aux cours des prospections ont été exploitées en distinguant les faciès selon une classification morphologique proposée par Malavoi (1989). Les biotopes ont été classés dans le tableau 3 selon un critère de vitesse afin de se rapprocher des critères de Malavoi (colonne faciès) et sont distingués selon notre terminologie (colonne habitat). Les paramètres importants sont la profondeur, la granulométrie, et la faciacion, c'est à dire la caractérisation par la fréquence de quelques espèces.

Dans le tableau III de caractérisation on a retenu :

\* 3 classes de vitesse : 1= lente ou nulle, 2= modérée, 3= rapide (dans les conditions actuelles d'étiage)

\* 5 classes de profondeur : a < 0,5 m, b= 0,5-1 m, c= 1-2 m, d > 2 m

\* une codification particulière du substrat (tableau II ci-dessous), simplifiée pour des bornes granulométriques plus pratiques à repérer de nuit sur le terrain, avec une granulométrie dominante D et une accessoire A, et le cas échéant une fraction colmatante (sable, argile, algues)

Fractions Wentworth	Code M&S	Limite inf.	Limite sup.	Code Ain	Fractions pratiques pour l'Ain
Rocher/dalle	R	>1024	-	dm	dalle marneuse
Bloc	B	512	1024	bb	gros bloc à bryophytes
Bloc	B	256	512	pb	petit bloc mobile
Pierre grossière	PG	128	256	pb	petit bloc mobile
Pierre fine	PF	64	128	gm	galet moyen
Caillou grossier	CG	32	64	ca	cailloutis
Caillou fin	CF	16	32	ca	cailloutis
Gravier grossier	GG	8	16	gg	gravier grossier
Gravier fin	GF	4	8	gg	gravier grossier
Gravier fin	GF	2	4	sa	(sable grossier)
Sable grossier	SG	0.5	2	sa	sable grossier et fin
Sable fin	SF	62.5 µ	0.5 mm	sa	(sable fin)
Limon	L	3.9 µ	62.5 µ	ar	limon argileux terrigène
argile	A	-	< 2µ	ar	argile de décomposition
				al	algues

Dans le Tableau III ci-dessous, on repère facilement les faciès offrant les moins mauvaises conditions pour une tenue nocturne des salmonidés ou de l'apron, ce sont :

- ❑ *chenal lotique ou chenal vif* : tracé quasi rectiligne, lit profond légèrement surcreusé au centre, ligne d'eau parallèle au fond, vif mais peu turbulent. On y trouve les gros sujets d'ombre, truite et hotu.
- ❑ *rapide dit rapide axial* : à grosses pierres et blocs, peu profonds, écumants ; en fait chenal profond à grande vitesse, parsemé de blocs sur pavage de galets : domaine des rhéophiles et des petits poissons benthiques de la couche limite (chabot, vairon) dont l'apron indiqué ici pour le site Giron 6, soit la station de D. Genoud, 1999. Bien qu'exondée, la plage de gros galets parsemée de blocs à bryophytes, à profondeur modérée (b) devant en temps ordinaire passer en c (1 à 2 m), concorde très bien avec un habitat à apron adulte.
- ❑ le *plat profond* qui est un chenal lotique en eaux moyennes, plus lent à l'étiage, contrôlé à l'aval par un pont (dammed pool selon Malavoi ou mouille lotique en amont d'obstacle) : on y trouve réfugiés les ombres et truites de toutes tailles en cette période de canicule, et quelques cyprinidés d'eau vive.
- ❑ le véritable *plat lotique* est moyen et uniforme, c'est le run ou shoal des anglosaxons : surtout fréquenté par les gros hotus et barbeaux qui broutent les galets couverts de diatomées et de faune fixée ; l'apron n'y est que de passage pour atteindre la fin de plat dont un site historique (SMG8 pour la station a de 1989) : le tri granulométrique conduit à un substrat uniforme de gravier et petits galets, moins peuplé sinon de juvéniles divers. L'apron affectionne contre toute attente ces espaces plutôt déserts, avec environ 1 m de tirant d'eau, où son camouflage est très efficace.
- ❑ le *chenal lentique* est un faciès long contrôlé à l'aval par un resserrement ou un pont, avec un lit profond symétrique, voisin de la mouille. Le fond constitué de galets et petits blocs est normalement bien fréquenté par les Salmonidés sauf en période très chaude : logiquement l'apron très thermotolérant devrait s'y maintenir constamment, c'est d'ailleurs le site de notre contact furtif à Port Galland (SMG3) qui reste vraisemblable.
- ❑ la *mouille d'affouillement*, zone surcreusée à vitesse très faible à l'étiage, souvent à proximité d'un gros obstacle reste peu explorable, elle peut abriter des gros sujets de perche, truite, barbeau et brochet.

Tableau 3 - Caractérisation des faciès et habitats prospectés dans l'Ain en été 2003							
habitat	faciès*	classe V*	classe H	granulo D/A	nb sites	diversité	faciation
enrochements		ind	c	bb/gg, ar	6	16	percides/TAN/BAF3/VAN
chenal vif	chenal lotique	3	b c d	gm/pb	5	10	OMB 3-4/TRF 3-4/HOT 4'
radier large	radier	3	a b	ca/gm, pb	5	8	BAF2-4/SPI/VAI
rapide axial	rapide	3	b	gm, pb	6	8	rhéophiles : OMB/CHA/VAI/APR
faciès de transition	pont, seuil, entonnement	2,3	a b c d	gg/gm, ar	4	10	BAF/LOF/CHE/pas d'OMB
plat profond	mouille amont d'obstacle	2	d	bb/gm	2	11	OMB 2-4/TRF 2-4/GOU/SPI
contre courant	anse d'érosion	2	c	gm/ca	4	11	TOX/VAN/BLN
ped de radier	radier	2	b	ca/gm	2	6	BAF2-4/SPI/VAI
plat lotique	plat	2	b	gm/pb	6	11	HOT4/BAF3
fin de plat	plat	2	b	gg/gm	2	7	PER2/CHE2/(APR)
tressages	banc de tressage	2	b	ca/gg, sa	4	9	faune de transition
dune	banc de sable	2	d	sa, ar	1	5	GOU4 /PER /GAR/+++
dalles marneuses		1,2	b c	bb/dm, ar	2	7	BRO/TRF4
reculée à blocs		1,2	b	bb/gg, ar	1	7	HOT 4/BRE 4
chenal lentique	chenal lentique	1	b c d	gm/pb	3	12	APR ? OMB/TRF/BAF ?
mouille	mouille d'affouillement	1	d	gg/ca	2	7	GOU/PER 2, VAI+++ en phréatique
fosse sur épi	mouille amont d'obstacle	1	d	(bb), pb/ca	2	5	PER/GAR/TRF4/BAF4
alcove	anse d'érosion	1	d	gg/ca, sa	1	2	PER/GOU
plat lentique	plat lentique	1	c b	gm/ca	6	8	SPI/VAI/GOU
plage caillouteuse	banc de convexité	1	b a	gm/ca, al	3	3	rare fretin
exutoire lone	bordure	1	b	sa, ar	2	7	BRE/CCO/CHE4/Unio
poêle	bordure	1	a	ca, ar, al	2	7	juvéniles PES EPI
encombres	bordure	1	b	ca/gg, sa	1	3	juvéniles PER
lit asséché	(affluent)	1	a	gm/ca, al	1	6	faune mixte

## Etat de consolidation et qualité d'accueil de la couche superficielle

Les salmonidés et les poissons benthiques vrais comme l'Apron et le Chabot ont des besoins antagonistes en matière de stabilité et de consolidation du fond. Il s'agit en l'occurrence de la possibilité d'enfouir les œufs en période de frai pour les premiers, et de s'abriter et aussi de coller leurs œufs sur des grosses pierres stables pour les seconds.

Actuellement on ne dispose pas de méthodologie satisfaisante pour qualifier la gamme de situation entre ces états. La métrologie de l'état de consolidation se développe autour de la résistance du substrat par pénétrométrie. Ces mesures ont été testées à titre exploratoire à l'aide d'un pénétromètre simplifié (tige métallique à tête ogivale de 2 cm<sup>2</sup> battue par 20 coups de marteau de 1 kg), puis avec un pénétromètre à masse constante (1,5 kg sur h= 60 cm, tête 4 cm<sup>2</sup>). Les résultats se présentent sous forme d'épaisseur traversée par le pénétromètre. Il existe un lien fort entre porosité (vide interstitiel plus ou moins rempli de petits grains) et pénétrabilité.

L'analyse d'un semis de plus de 40 points sur le méandre amont de Gévrioux, notamment un transect en travers (dans la limite de 1 m de tirant d'eau), montre une variabilité locale, dans une gamme de 8 à 22 cm. A la suite d'une étude sur divers seuils de l'Yzeron (Valette, 2005), on a proposé quatre classes de pénétrabilité, notées de 1 à 4, à moduler du côté d'une bonne capacité fonctionnelle du milieu interstitiel [classe 1 : + 25 cm, classe 2 : 16-25 cm] ou plutôt défavorables [classe 3 : 10-16 cm, classe 4 : - 10 cm]. Nos valeurs appartiennent aux classes 2 et

3. Au plan fonctionnel la classe 1 est susceptible de satisfaire à l'activité d'enfouissement des œufs de la truite, pour peu que la granulométrie dominante et l'oxygénation conviennent. Sur le même secteur, juste à l'aval du débouché de la lône de Bublanc, un banc de gravier montrait des marques précoces de « grattée » (2 plages de 1 m<sup>2</sup> environ) où les valeurs vont de 28 à 33 cm, autour de la frayère qui accuse 54 cm de pénétrabilité) tandis qu'elle restent à 15-26 cm sur les bancs légèrement colmatés à l'amont. Ces quelques observations soulignent le caractère micro-local des conditions d'habitat. Un bâton témoin implanté 3 semaines, révèle une parfaite oxygénation jusqu'à 31 cm sous le gravier.

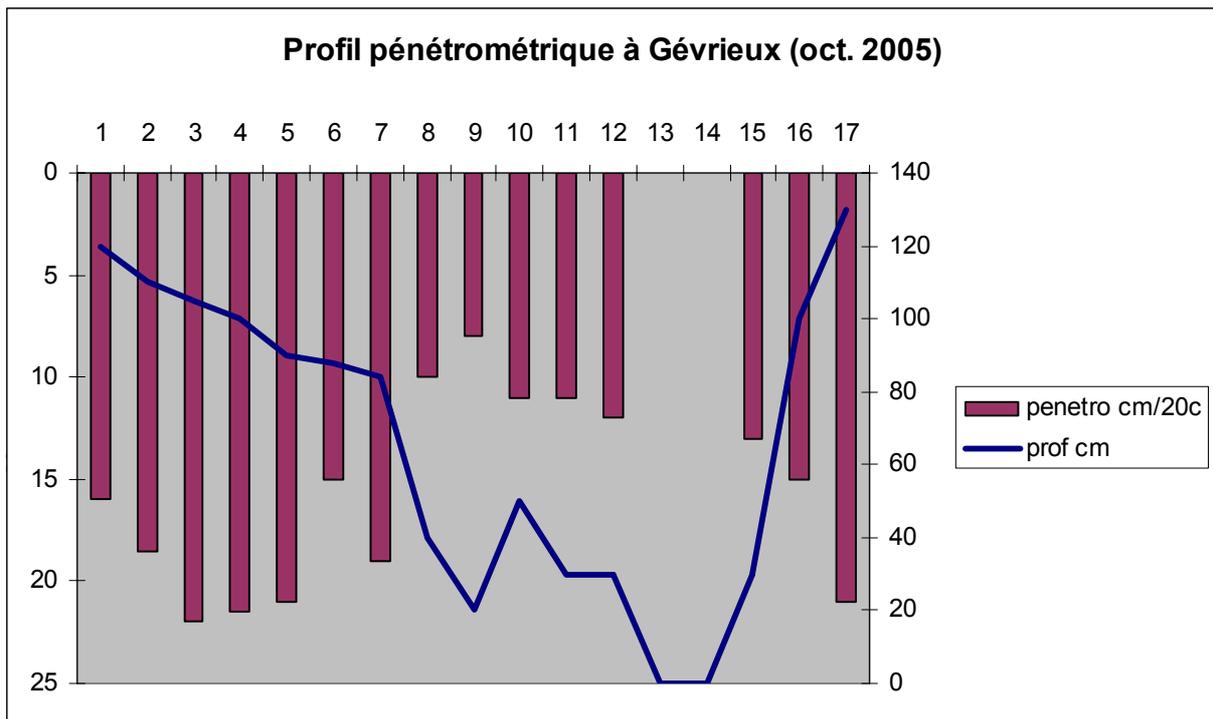
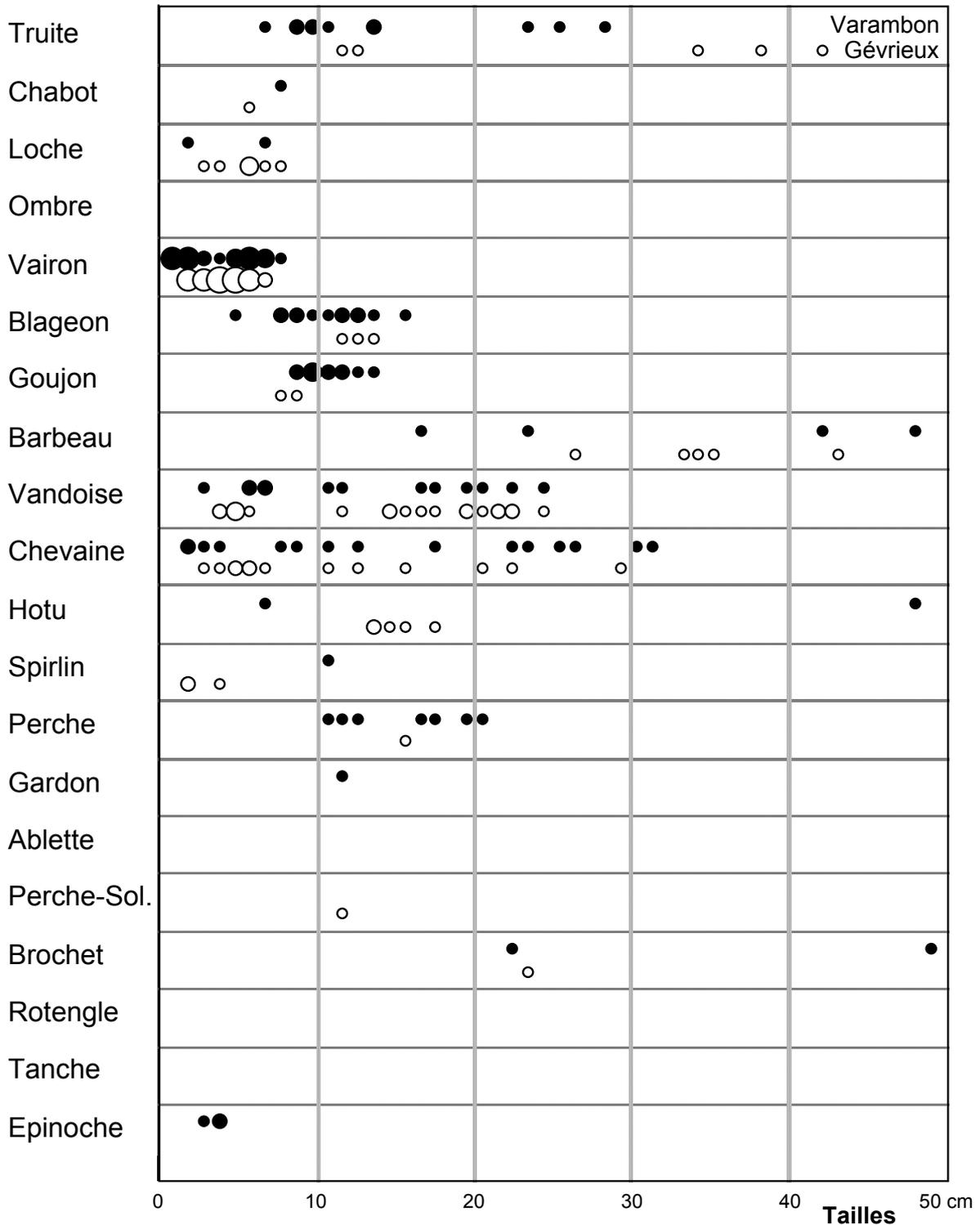


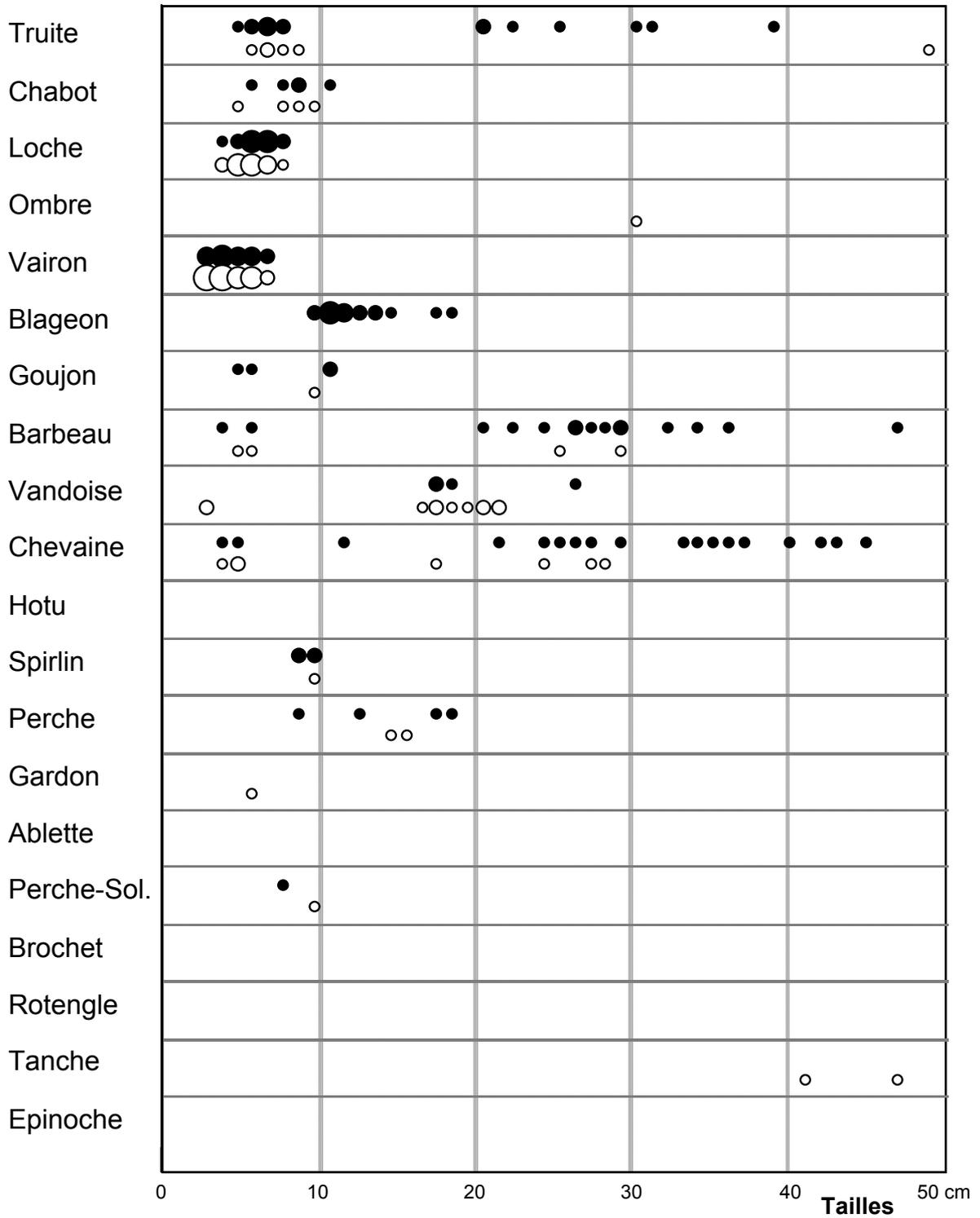
Figure – 23 : Profil de pénétrométrie à Grézieux

### Printemps 1996

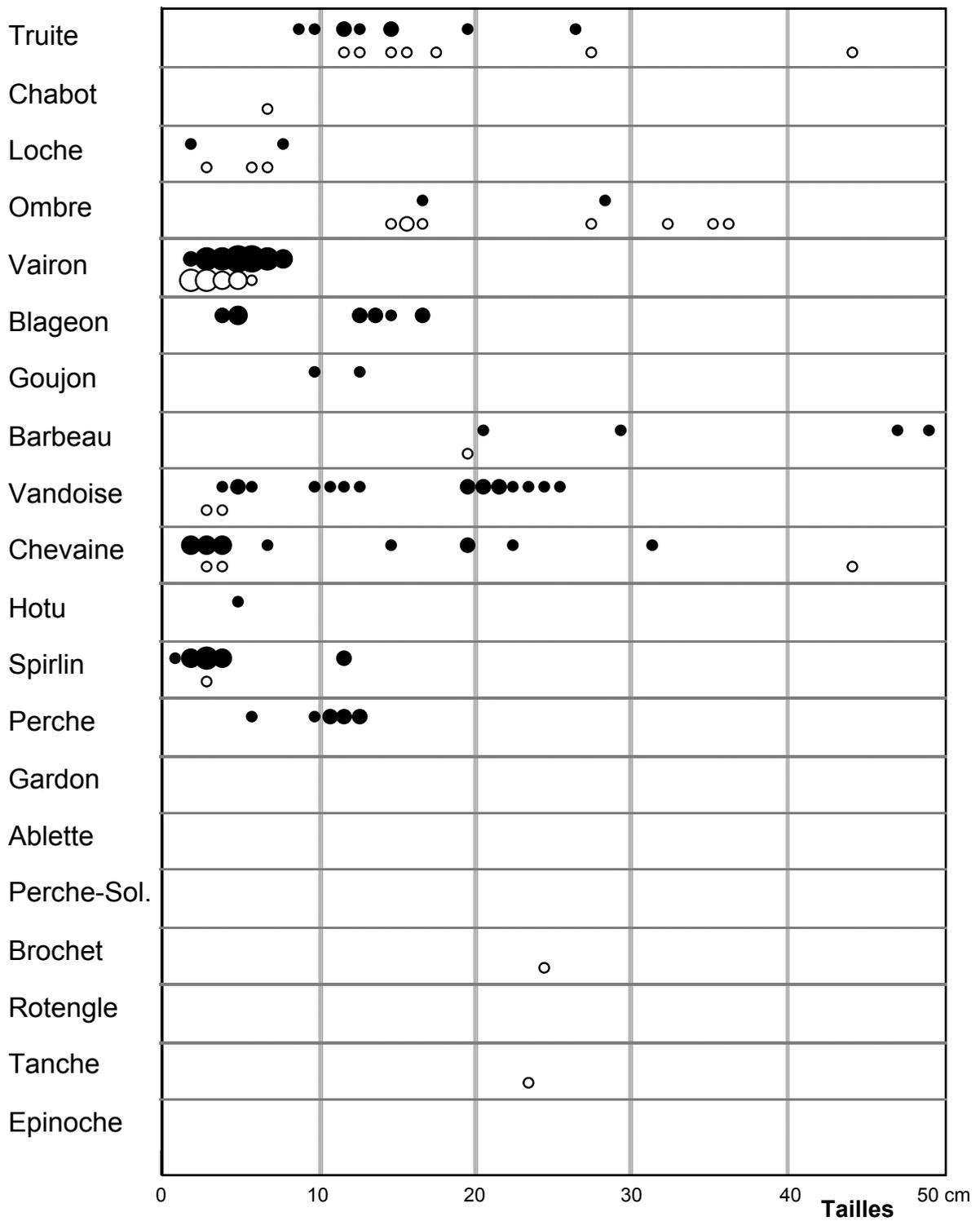


Structures en classes de taille des populations des différentes espèces capturées au cours des suivis faunistiques dans les différentes stations prospectées selon les années : ● Varambon, ● Priay, ○ Gévrieux  
 (Le diamètre des cercles correspond au xeffectifs en classes d'abondance d'ordre 2).

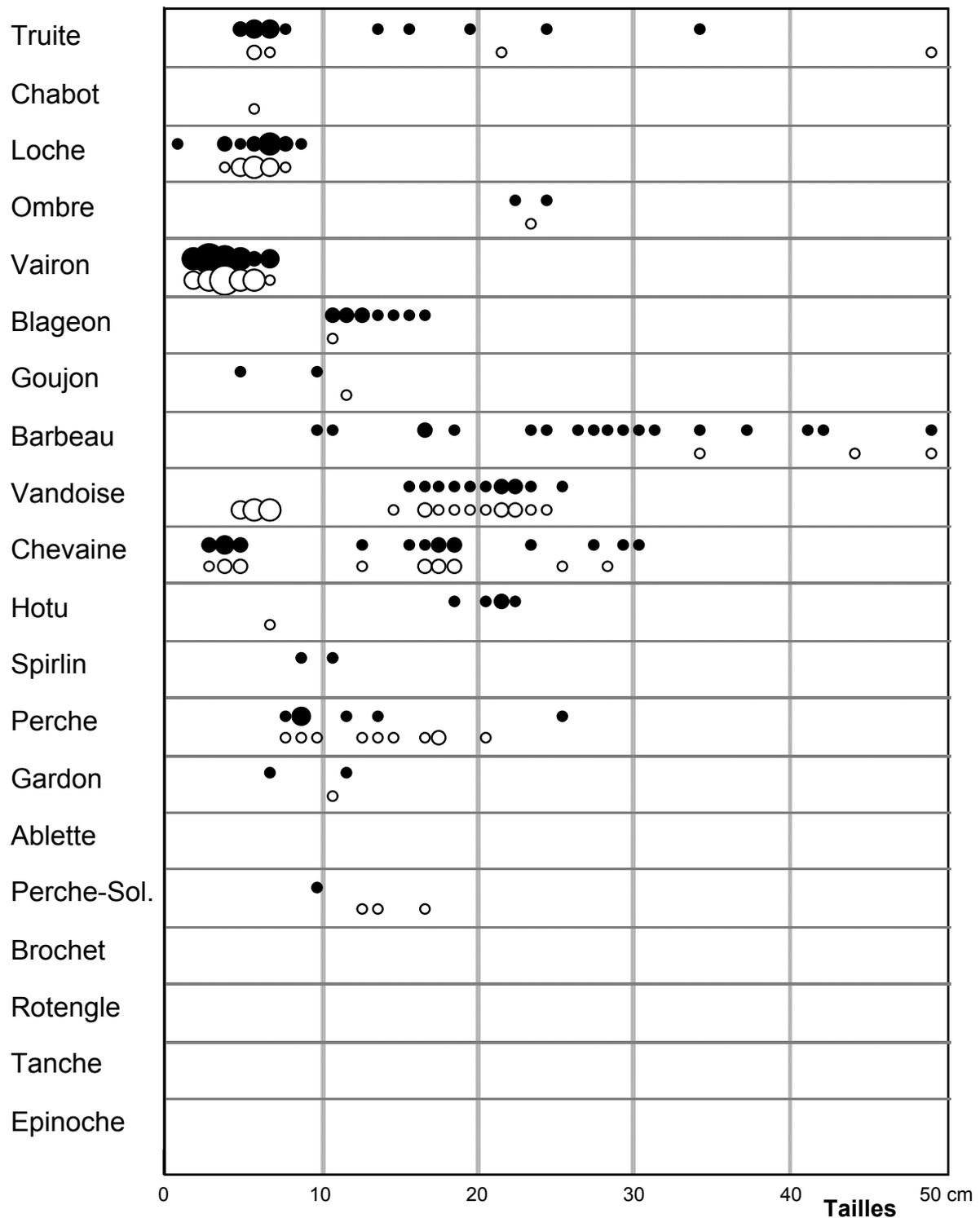
### Automne 1996



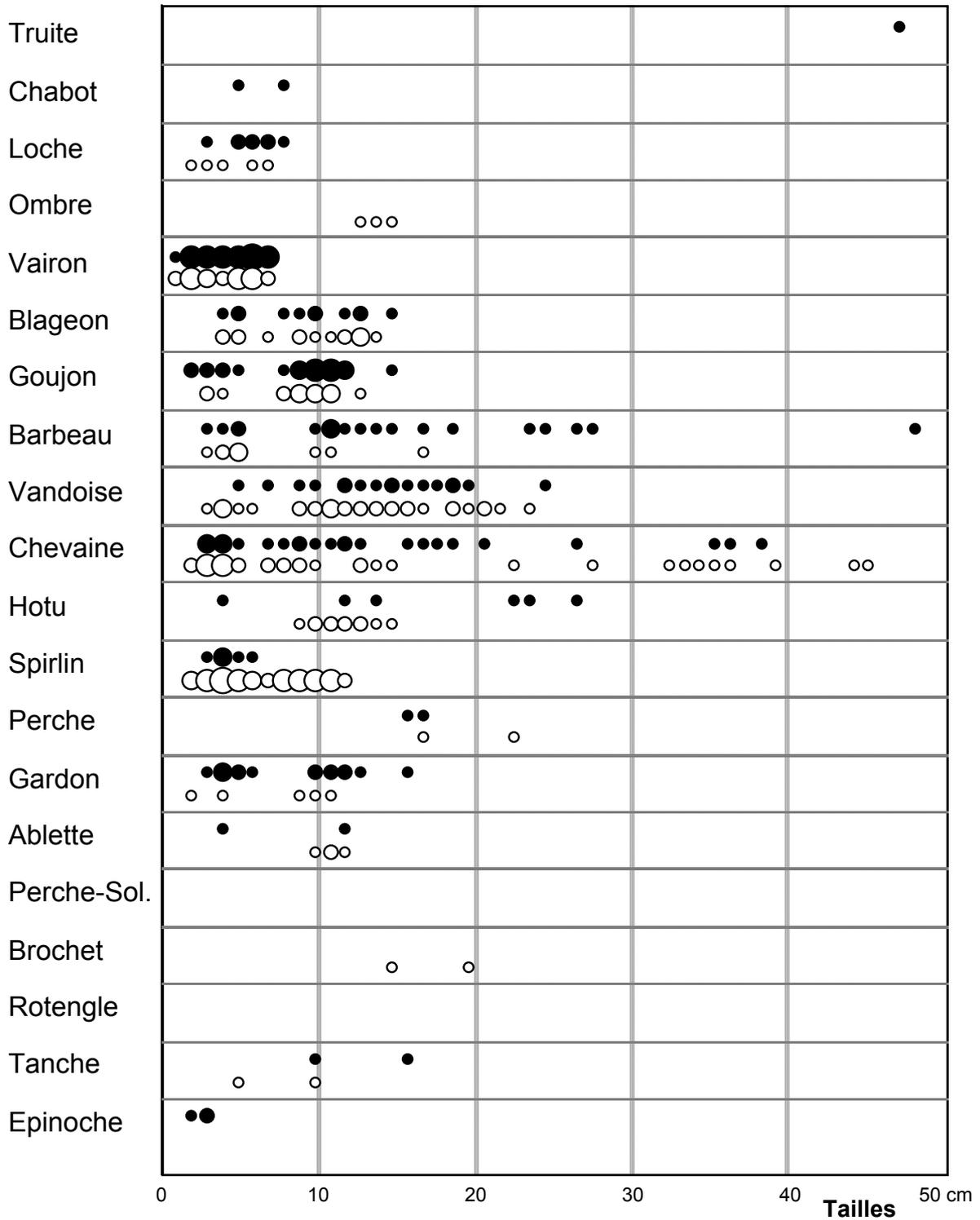
### Printemps 1997



### Automne 1997

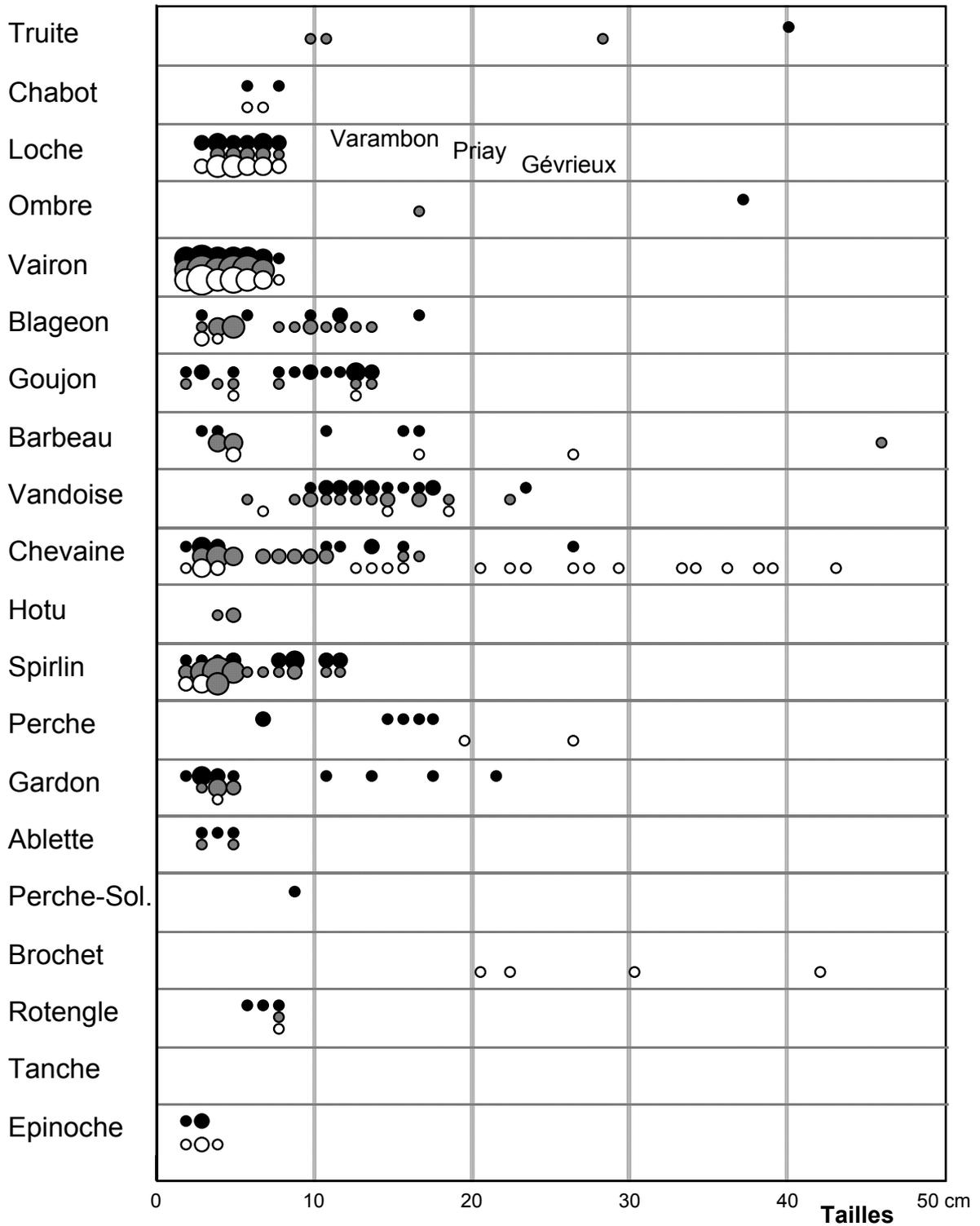


## Printemps 2004

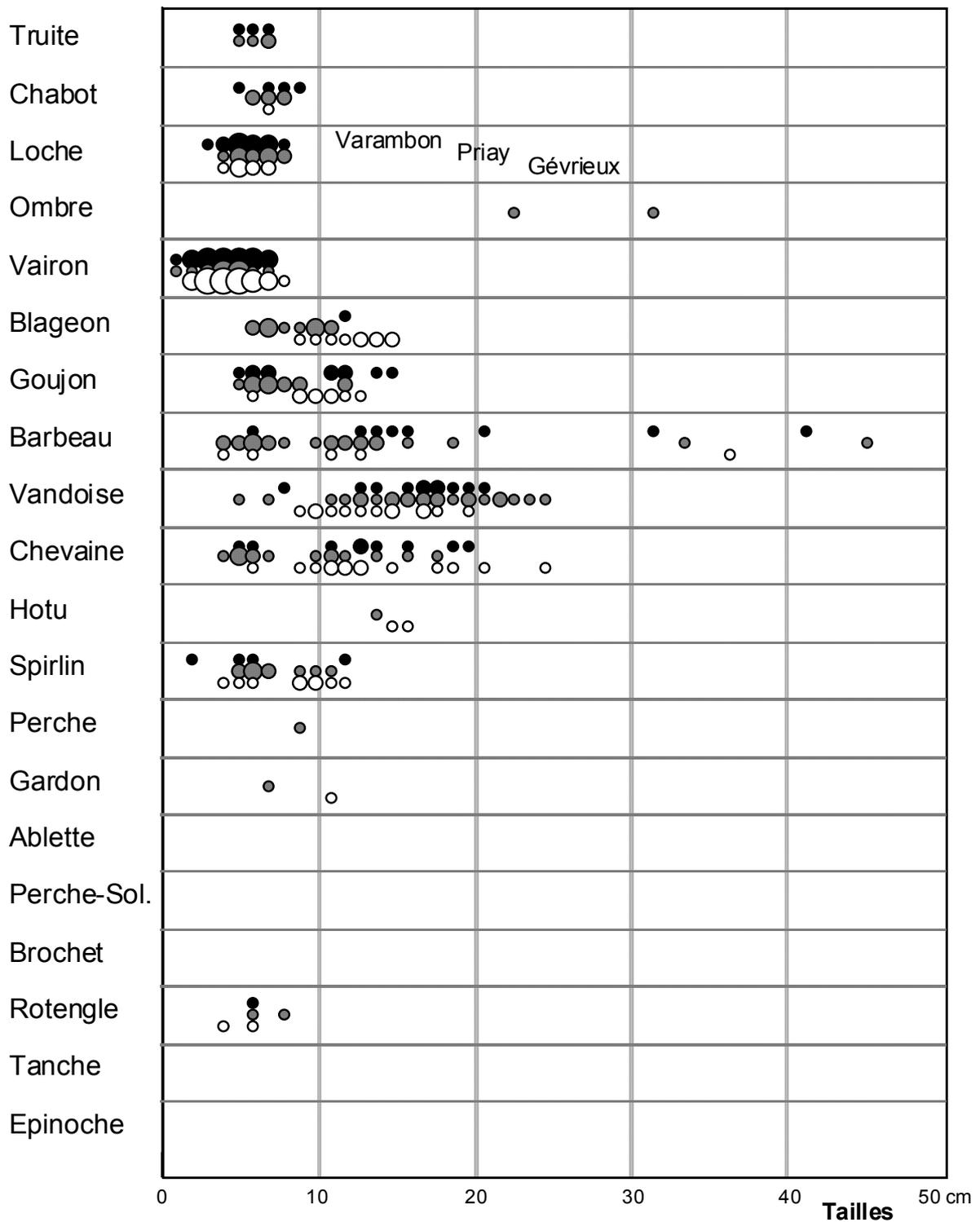




### Printemps 2005



### Automne 2005



### Printemps 2006

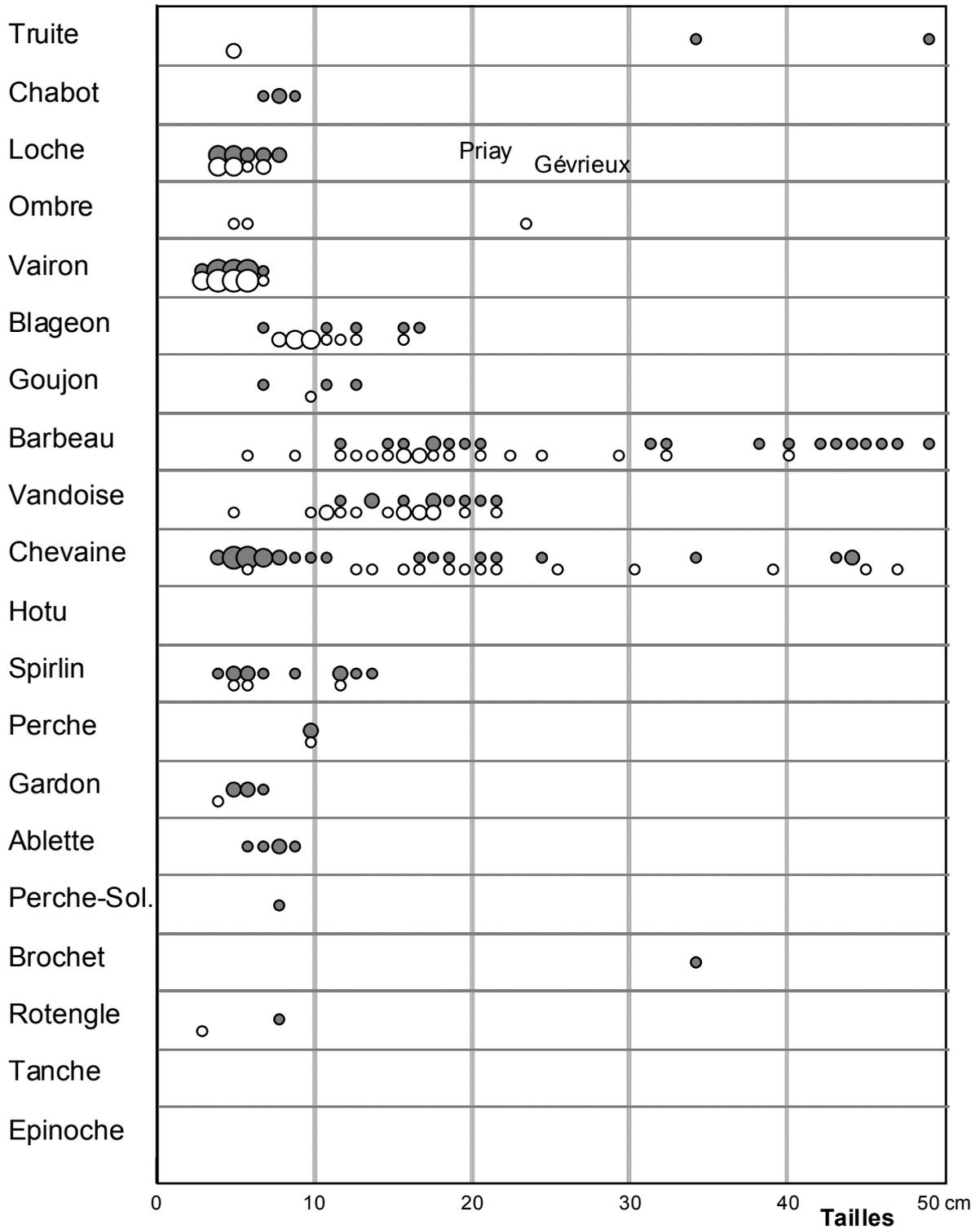


Figure – 24

## C.5. Les bras morts de l'Ain : connexions hydrologiques

HH-Cemagref (B. Chastan ; J. Lecoq), UMR 5600 CNRS (H. Piégay, J. Lejot), Ecole Centrale – UMR 5509 (A. Perkins)

### Suivi morphologique des lônes restaurées

Dans le cadre de la restauration des bras morts de l'Ain (Carronnières et Bellegarde) et du suivi, nous avons procédé à des relevés avant travaux afin d'établir un état des lieux précis de la morphologie en place (profils en long, profils en travers, définition de la hauteur de sédiments fins) de deux lônes conformément aux engagements que nous avons pris avec le CREN. Sur le premier site, Carronnières, 300 mètres de linéaires (6205 m<sup>2</sup>) ont été prospectés et 9 profils en travers ont été relevés, soit 73 points de mesures topographiques. Sur le second site, la longueur de prospection était de 900 mètres soit 24434 m<sup>2</sup>, 21 profils en travers, 189 points de mesures (fig. 25). A la suite de cette collecte de données, deux modèles numériques de terrain ont été établis pour chaque site, le premier modélisant la topographie de surface des sites, le second représentant le toit de la couche de galets. Nous avons ainsi pu mettre en avant les ruptures de pente ainsi que les secteurs de dépôt principaux de sédiments fins. Ces MNT nous ont également permis d'évaluer les volumes de sédiments fins et grossiers à curer pour pouvoir restaurer la connexion hydrologique entre la partie aval de la lône et le chenal principal d'une part puis entre la lône et la nappe d'accompagnement de la rivière d'autre part.

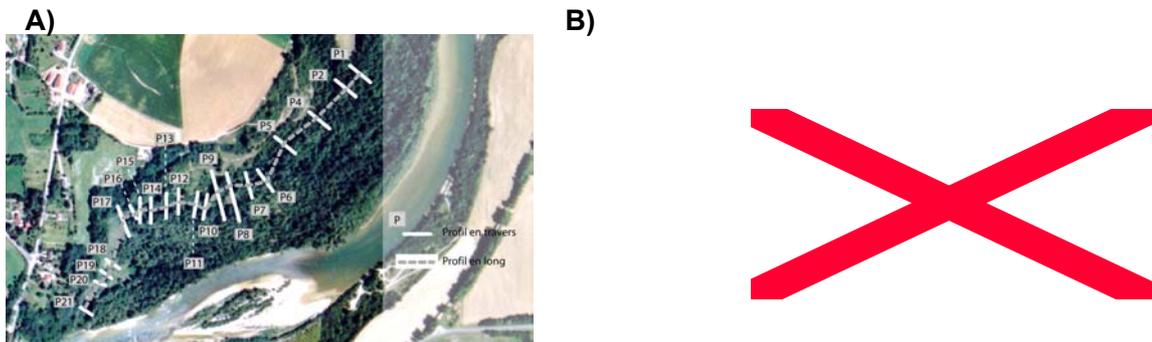


Figure 25 : Localisation des profils en long et en travers (A), et MNT de surface (B) réalisés sur la lône des Carronnières

Afin d'évaluer la pérennité de ces actions de restauration, un suivi est programmé après travaux et ce, jusqu'en 2010. Nous avons réalisé durant le printemps 2006, comme sur le chenal actif, un état initial de ces lônes avant intervention. Deux survols des lônes traitées ont été effectués en juin 2006 au moyen du drone. De ces images, en cours de traitement, nous avons extrait une nouvelle topographie des lônes, établir des cartes bathymétriques afin d'observer finement les dynamiques de comblement par entrée des sédiments fins. De plus, une étude de l'impact des ces travaux sur la végétation sera possible, toujours à partir de ces mêmes images, notamment par le suivi de la recolonisation des secteurs en eau par la végétation aquatique.

## Volet hydraulique

D'autre part, les travaux programmés sur le volet hydraulique en année 3 visaient un approfondissement du fonctionnement des connexions aval lône-rivière, dans le but de mieux comprendre et évaluer les échanges de MES entre rivière et lône hors période de débordement généralisé, échanges qui conditionnent largement l'évolution hydro-sédimentaire des lônes. Les expérimentations ont beaucoup porté sur la lône de Port-Galland, plus favorable aux plans de l'accessibilité et de la connectivité lône-Ain (fig. 26).



figure 26 : Transects aDcp à la connexion Ain-lône de Port Galland ; crue du 25 avril 2005

Quatre points ont été abordés en année 3 :

o l'utilisation des techniques ADCP pour le suivi des transferts :

Une dizaine de campagnes de mesure aDcp ont été effectuées de janvier 2005 à avril 2006. Elles ont permis d'établir et de valider des protocoles d'acquisition, d'interpolation et d'intégration des vitesses. Ils permettent notamment d'obtenir les valeurs du champ de vitesse horizontale moyenne le long de transects donnés, malgré la versatilité des trajectoires concrètes suivies par l'appareillage. Globalement, ces campagnes ont fait énormément progresser notre capacité à utiliser en routine l'instrumentation aDcp pour l'acquisition des paramètres hydrométriques (tirants d'eau, vitesses, débits) en écoulement. Ceci a largement contribué à l'émergence du « groupe technique Doppler », constitué début 2005, à l'initiative de différents utilisateurs aDcp soucieux de partager leur expérience et de définir et fiabiliser les mesures et les protocoles associés. Ce groupe est sur le point d'éditer un premier guide d'utilisation des techniques aDcp en rivière et apparaît désormais, notamment auprès des constructeurs, comme une force de proposition pour les spécifications techniques et les normalisations associées, en complément utile au seul USGS présent jusqu'alors sur cette scène.

Pour ce qui concerne le suivi des MES, les difficultés identifiées l'année précédente n'ont pas été levées : l'interprétation du signal acoustique rétrodiffusé en terme de concentration MES et son interpolation spatiale dans une section en travers de l'écoulement ne sont pas possibles si les variations latérales de taux de MES sont faibles. Par ailleurs, l'étalonnage – c'est à dire le calage des paramètres de liaison entre signal acoustique et concentration MES – soulève encore beaucoup de questions et est inapplicable dans le cas d'étude présent. Ceci a orienté progressivement nos réflexions vers l'utilisation de l'appareillage pour le suivi temporel, et non plus spatial, des concentrations (suivi de l'évolution du signal MES en une section donnée au

cours d'un épisode de crue). Des expérimentations sont en cours avec la CNR pour le développement de telles techniques sur la Saône à l'aide d'appareillage fixes (H-aDcp) enregistrant le signal MES sur un transect.

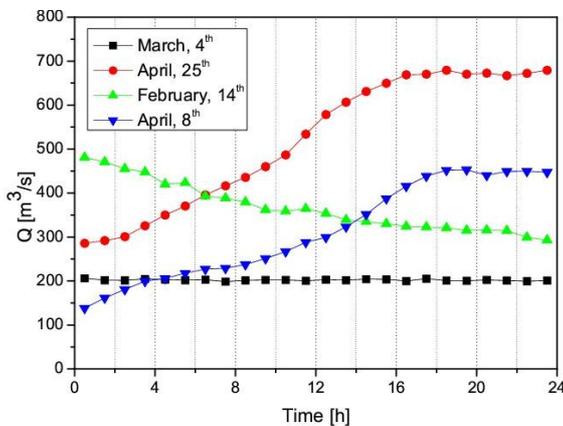
o l'observation par technique LSPIV (large scale particle image velocimetry) des recirculations à la confluence entre lône et chenal principal :

Complément ou alternative à l'aDcp, la technique PIV permet de connaître, sans intrusion dans le fluide, le champ de vitesses de surface à partir duquel des informations sur le champ complet peuvent être obtenues (fig. 27 & 28). Elle a été utilisée pour étudier les motifs de recirculation à la connexion lône-Ain, en complément de ceux obtenus avec l'aDcp. Les campagnes PIV et aDcp permettent de couvrir différents débits de l'Ain et différentes conditions d'évolution. La comparaison quantitative des champs de vitesse obtenus par les deux méthodes est en cours.



figure 27 : Mesures LSPIV pendant la crue du 8 avril 2005

figure 28 : Evolution du débit de l'Ain pendant différentes campagnes aDcp et LSPIV



o La poursuite de la modélisation hydraulique fine de la confluence entre lône et chenal principal:

Le code de calcul Rubar20, modèle de résolution des équations de Saint Venant développé par le Cemagref, a été utilisé pour simuler la confluence lône-Ain et comparer les résultats obtenus avec les observations issues des campagnes aDcp et LS PIV (fig. 29). Le modèle obtenu présente des temps de calcul très importants en raison d'un maillage très raffiné. Un modèle simplifié va être élaboré pour pouvoir simuler des épisodes de crue (régime instationnaire).

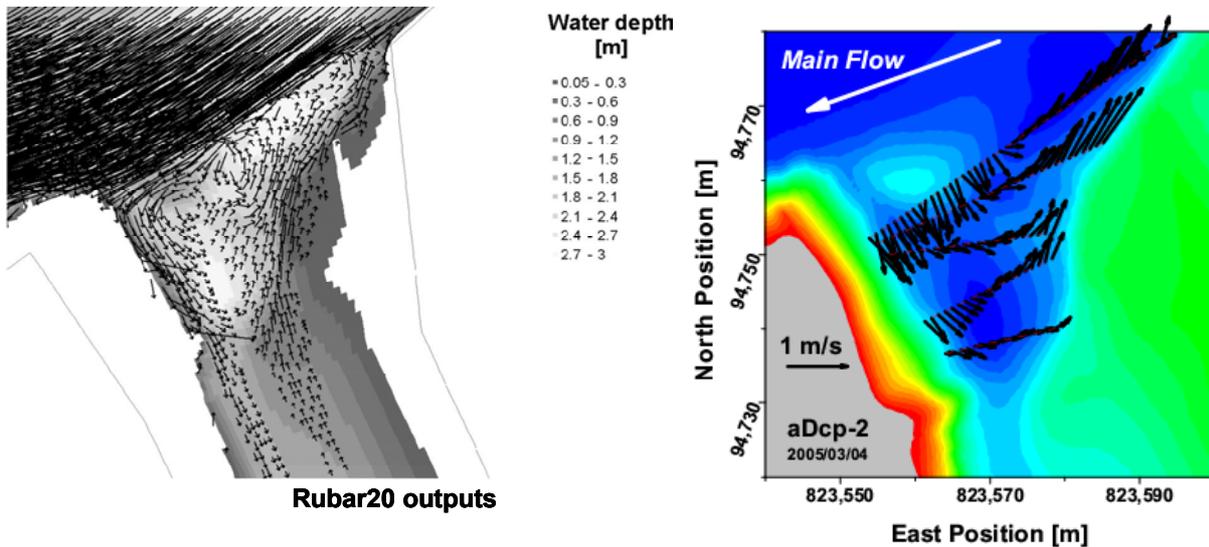


figure 29 : confluence Ain-lône de Port-Galland. Recirculation calculée par rubar20 (à gauche). Comparaison des motifs de recirculation calculés et des vitesses sur les transects aDcp (à droite)

o L'approfondissement du fonctionnement hydrogéologique de la zone étudiée :

Six limnimètres et trois piézomètres ont permis de suivre depuis janvier 2005 les niveaux d'eau dans la lône de Ricotti, dans l'Ain en amont et en aval du site, dans la lône du Planet ainsi que les niveaux de la nappe d'accompagnement. Des essais de chocs hydrauliques (slug tests) dans les piézomètres ont confirmé la bonne perméabilité des matériaux alluviaux plus ou moins grossiers (conductivité supérieure à  $5.10^{-3}$  m/s). Cependant, les tentatives pour reconstituer, hors période de crue c'est à dire lorsque les écoulements souterrains peuvent contrôler les niveaux d'eau, les variations relatives de ces niveaux à partir d'un modèle simple ont échoué. Elles orientent vers l'introduction d'une recharge de versant en provenance des terrasses anciennes. La quantification pertinente de cet effet reste à établir.

## C.6 Les bras morts de l'Ain : dynamiques végétales

UMR 5023, G. Bornette

### Objectifs de l'étude des communautés végétales

Ce travail portant sur trois ans a eu pour objectifs d'identifier les groupes de réponse, c'est à dire les traits biologiques caractéristiques des espèces végétales, aux processus physiques caractéristiques des zones humides fluviales, qui sont l'érosion et le dépôt lors des crues. Le recours aux traits biologiques permet de pouvoir établir un modèle de réponse des communautés végétales à ces contraintes qui soit indépendant du contenu spécifique des communautés, et qui soit donc applicable dans tout cours d'eau de zone tempérée. Le recours

aux traits biologiques n'est cependant possible qu'après identification des espèces dans des situations contrastées d'érosion et de dépôt, et des traits de ces espèces potentiellement liés à ces processus d'érosion et de dépôt.

À l'échelle des espèces, le travail, plus expérimental, a eu pour but de mesurer le rôle de la plasticité phénotypique des organismes végétaux dans leur résistance aux contraintes hydrauliques. Le travail a reposé sur la mesure de l'efficacité de cette plasticité phénotypique en terme de trainée pour des niveaux contrastés de stress hydraulique subi par la plante. Pour pouvoir appliquer ces résultats à l'échelle des communautés, le travail a porté sur des espèces possédant des morphologies contrastées. En effet, la réponse plastique majoritairement dépend de l'appartenance taxonomique de l'espèce, et de l'organe qui subit la contrainte hydraulique (feuilles, tiges, bourgeons végétatifs). Par conséquent, la comparaison de taxons possédant des morphologies contrastées permet de cerner les réponses probables des communautés aux stress hydrauliques induits par les crues. A cette même échelle des espèces, on a également analysé la réponse des organismes à une perte de biomasse induite par la crue à l'aide de deux expérimentations complémentaires. La première expérimentation a consisté à comparer la réponse de deux espèces végétales à deux régimes de perturbations par les crues contrastés : une perturbation unique, et des perturbations récurrentes. La deuxième expérimentation a consisté à comparer la réponse de populations d'une même espèce, typique des milieux perturbés, à une perturbation physique forte. Les populations ont été sélectionnées dans des sites contrastés en termes de nutriments (de oligotrophe à méso-eutrophe) et de stress hydraulique (stagnant vs. courant) afin de déterminer si l'histoire des populations (échelle infra-spécifique) était susceptible de modifier leur réponse aux perturbations par les crues, et donc leur survie à long-terme dans les écosystèmes aquatiques des vallées alluviales. Enfin, une expérience préliminaire portant sur deux espèces a consisté à comparer leur capacité de régénération après érosion ou dépôt, dans des conditions de culture en rivière expérimentale. Le travail portant sur les communautés végétales a donc adopté une démarche emboîtée de l'étude des processus régissant la réponse végétale aux contraintes hydrauliques :

- **à l'échelle des communautés végétales** : une analyse comparative du contenu en traits des communautés végétales en fonction de l'intensité des processus d'érosion et de dépôt prévalant dans les zones humides
- **à l'échelle des espèces** :
  - 1) une comparaison des performances hydrauliques d'espèces végétales en fonction de leur morphologie, et de leur histoire hydraulique (stagnant vs. courant) ;
  - 2) une comparaison du patron de régénération des espèces en fonction du régime de brisure par les crues (unique ou récurrent).
  - 3) une comparaison de la réponse des espèces végétales à 2 types de perturbations (érosion=brisure, et dépôt).
- **à l'échelle infra-spécifique** : une comparaison de la capacité de régénération des populations en fonction de l'origine des populations (croissant en milieu stressé ou non du point de vue nutritionnel et hydraulique).

## Résultats

### À l'échelle des communautés

Pour caractériser les stratégies adaptatives des espèces, 4 types de traits documentés:

- traits morphologiques : ces traits ont été mesurés sur 35 espèces végétales à raison d'une trentaine de répliquats par espèce. Les traits concernent principalement des variables de taille (taille de l'appareil végétatif, surfaces foliaires, longueur racinaire,

- allocations de biomasse aux différents organes, profondeur d'enracinement, résistance à la brisure)
- traits relatifs aux interactions biotiques: un seul trait a été documenté à ce jour, la résistance des espèces au broutage.
- traits relatifs à la dynamique des populations des espèces (vitesse de croissance, allocation à la reproduction sexuée et végétative, nombre de juvéniles produits par intervalle de temps, vitesse de colonisation).
- traits histologiques : caractéristiques anatomiques des tiges et des feuilles soumises à la contrainte hydraulique, la documentation de ces traits est très coûteuse en temps, et n'est pas achevée à ce jour (proportion et disposition des aérénchymes, proportion de faisceaux libéro-ligneux, proportion de tissus lignifiés, de collenchyme, figure 30 ci-dessous).

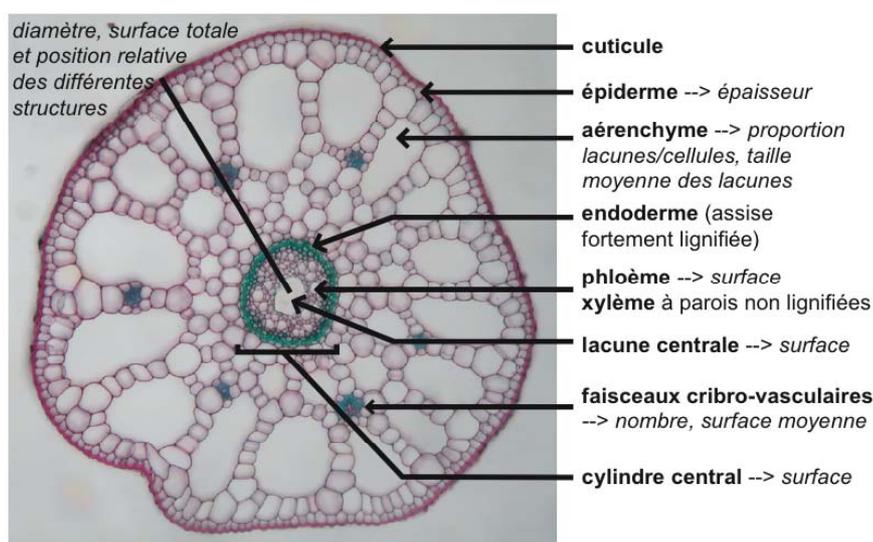


Figure 30 : caractéristiques anatomiques des tiges et des feuilles soumises à la contrainte hydraulique

A ce jour, la collecte des traits anatomiques est encore en cours. La réalisation des coupes fines et la digitalisation de ces coupes est effectuée, mais les mesures des traits anatomiques, extrêmement coûteuses en temps, ne sont pas achevées, malgré le fait que l'équipe ait investi 6 mois de financement d'un personnel contractuel à plein temps pour réaliser ce travail (5 mois en 2004, un mois en 2006). La poursuite de ce travail dépendra de notre possibilité d'obtenir des ressources financières suffisantes.

Les traits relatifs à la dynamique des populations avaient été documentés sur 30 espèces, durant une expérience qui s'était étalée sur deux ans, de juin à septembre. Une partie des données n'était pas satisfaisante, du fait que les conditions de culture en laboratoire ne semblaient pas convenir à certaines espèces. L'année 2006 a donc été consacrée à la recherche d'une méthode de culture qui puisse convenir à la majorité des espèces végétales. Cette méthode est sur le point d'aboutir, et reposera sur l'utilisation de substrats totalement artificiels (les substrats utilisés dans la première phase étaient naturels) et sur l'utilisation de bacs thermostatés à 18 °C maximum. Dans ces conditions, les espèces présentant précédemment des difficultés d'acclimatation semblent avoir une croissance représentative de leurs potentialités écologiques.

Pour les raisons évoquées ci dessus, l'analyse du contenu en traits n'a par conséquent pas pu être enrichie des traits démographiques et anatomiques au cours du contrat. Les résultats ne

sont donc pas modifiés par rapport à ce qui a été présenté dans les rapports précédents. Dans le souci de faire un bilan exhaustif du travail effectué pendant les 3 ans de l'étude, ces résultats sont présentés ci-dessous.

En l'absence d'information sur les vitesses instantanées dans les zones humides lors des épisodes de crues, la relation entre la fréquence des événements hydrauliques, et l'intensité relative des processus d'érosion-dépôt, a pu être déterminée grâce à la documentation :

- 1) de la concentration en carbone organique dans le sédiment des zones humides fluviales, renseignant sur la fréquence des événements de crues (cette teneur diminue lorsque la fréquence des événements augmente)
- 2) de l'intensité des processus d'érosion, estimée par la proportion de sédiment grossier (graviers et plus) dans le sédiment superficiel des zones humides.

Cette documentation a été réalisée sur 47 zones humides réparties le long du Doubs, du Haut Rhône et de l'Ain.

L'organisation des zones humides le long de ces deux axes est présentée sur la figure ci-dessous (fig. 31) :

**typologie des zones humides élaborée  
sur la base de l'influence des contraintes physiques**

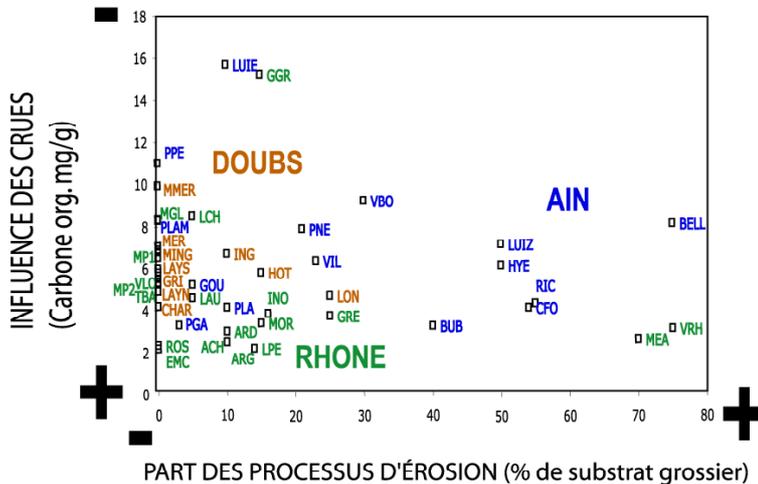


Figure 31 : Typologie des zones humides élaborée sur la base de l'influence des contraintes physiques

L'axe vertical est inversement proportionnel à la fréquence des événements hydrauliques qui affectent les zones humides. L'axe horizontal détermine l'intensité des processus d'érosion lors de ces événements : ainsi, certaines zones humides de l'Ain (bleu) et du Rhône (vert) sont fortement soumises aux crues (faibles contenus du sédiment en carbone organique, axe vertical), et ces crues ont principalement une action érosive (fortes proportions de granulométries grossières, sur l'axe horizontal). Les zones humides du Doubs sont soumises majoritairement à des processus d'alluvionnement, et sont donc très proches de l'origine sur l'axe horizontal (granulométrie fine). Leur position sur l'axe vertical témoigne de la fréquence relative de ces événements (le point MMR, valeur extrême sur cet axe pour cette rivière, par exemple, est un ancien méandre emprisonné par des digues, et peu soumis à l'influence du cours actif).

Le contenu floristique de ces 47 zones humides a été documenté en parallèle. La multiplication de cette matrice de données avec celle qui documente les traits biologiques des espèces nous a permis d'obtenir une matrice (zones humides x traits), qui fournit la représentation relative de chaque caractéristique biologique dans les zones humides. L'analyse (AFC floue) de cette table fournit une image de la distance relative entre les zones

humides établies sur la distribution de fréquence des traits biologiques en leur sein. Cette analyse est présentée sur la figure ci-dessous (fig. 32).

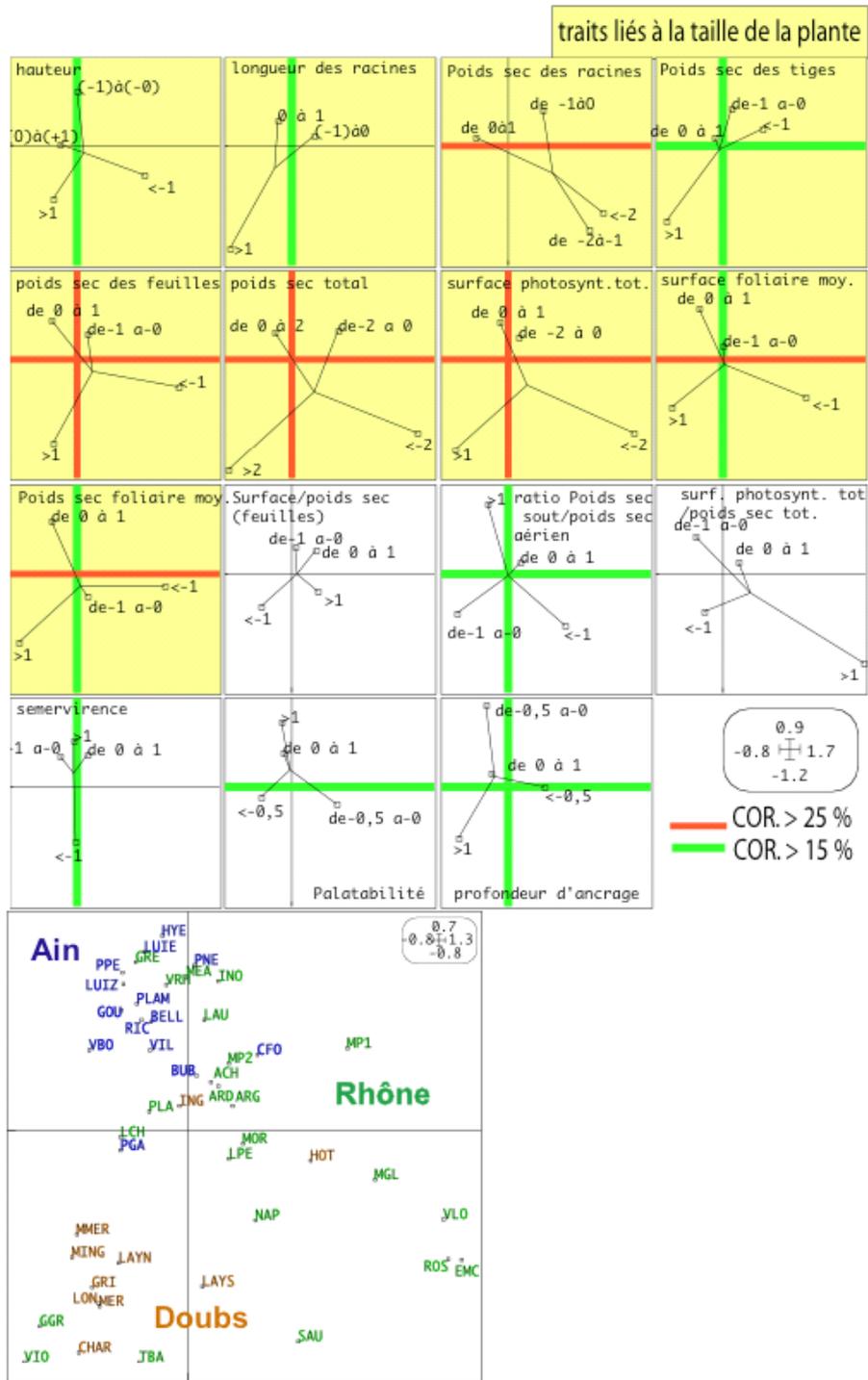
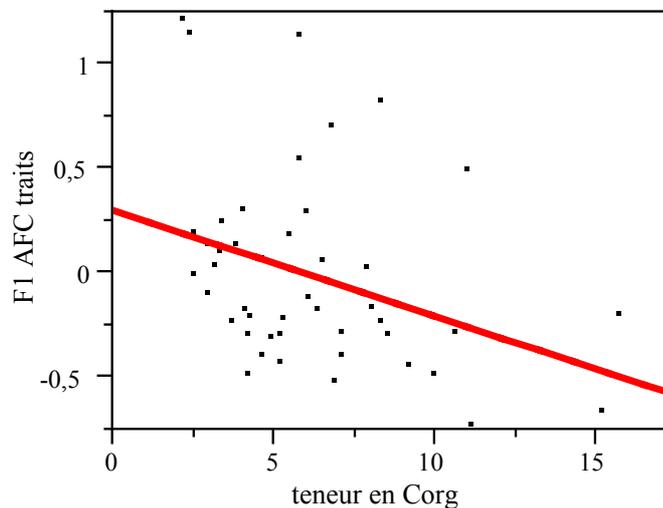


Figure 32 : AFC du tableau floristique de 47 zones humides en fonction des traits biologiques

On constate que les zones humides des trois cours d'eau étudiés (carte factorielle du bas) sont relativement contrastées en termes de contenus en traits, même si une certaine superposition

des nuages peut être observée. En particulier, on note le très fort contraste entre les zones humides du Doubs et celles de l'Ain, révélant le très fort contraste existant entre ces deux cours d'eau en termes de fonctionnement hydraulique et de trophie des annexes. Les traits expliquant principalement cette typologie sont des traits liés à la taille des espèces végétales. Les petites cartes factorielles représentent la corrélation entre les modalités de chaque trait biologique et les deux premiers axes de l'analyse. Les traits pour lesquels l'un des axes factoriels est indiqué en rouge ou en vert, sont ceux pour lesquels la distribution des modalités est corrélée à plus de 25 %, et plus de 15 % respectivement avec cet axe. La distribution des zones humides sur l'axe F1 est fortement liée à la taille et à la biomasse relative des espèces qui les colonisent. Les zones humides corrélées aux valeurs négatives de l'axe F1 présentant des espèces de grande taille (hauteur, surface foliaire, poids secs). L'axe F2 oppose les espèces de taille intermédiaire, à forte sempervirence, aux espèces de taille extrême, à dormance saisonnière.

Il est alors possible de mesurer le degré de corrélation entre cette typologie et les contraintes physiques subies par les zones humides, telles qu'elles ont été estimées par les caractéristiques du sédiment.



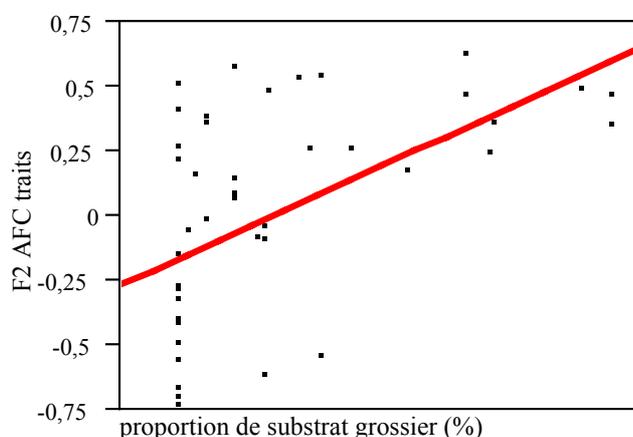
$$F1 \text{ AFC traits} = 0,3093921 - 0,0508159 (\text{teneur en Corg.}) ; R^2 = 0.1020 ; p = 0,0163$$

Figure 33 : corrélation entre les coordonnées factorielles des zones humides sur l'axe F1 de l'AFC floue et les contraintes physiques subies par les zones humides, telles qu'elles ont été estimées par les caractéristiques du sédiment

Les coordonnées factorielles des zones humides sur l'axe F1 de l'AFC floue sont corrélées négativement à la teneur en carbone organique du sédiment (figure 33 ci-dessus). Le contenu en traits des zones humides tel qu'il est individualisé par cet axe est donc significativement corrélé à la fréquence des événements de crue. Plus ces événements sont fréquents (teneur en Carbone organique faible), plus les zones humides sont dominées par des espèces végétales présentant des valeurs de traits liées à des tailles petites ou moyennes (valeurs positives sur F1). Cet axe n'est pas significativement corrélé à la proportion de substrat grossier. Les crues (érosion ou dépôt) tendent par conséquent à sélectionner négativement les espèces possédant des traits liés à des tailles importantes. Cependant, cette corrélation n'explique que 10% de la variabilité du tableau de traits biologiques, suggérant que d'autres facteurs (nature des crues,

niveau de ressources des habitats) sont également susceptibles de structurer le contenu en traits des zones humides.

Le deuxième axe de l'AFC du contenu en traits biologiques des zones humides est significativement corrélé positivement à la proportion de granulats grossiers dans les zones humides (figure 34 ci-dessous) :



$$F2 \text{ AFC traits} = -0,160143 + 0,0101988 (\text{proportion de substrat grossier (\%)}); \\ R^2=0,2692 ; p=0,0001$$

Figure 34 : corrélation entre les coordonnées factorielles des zones humides sur l'axe F2 de l'AFC floue et la proportion de substrat grossier

Les zones humides possédant une proportion importante de substrat grossier se caractérisent par des espèces dont les traits liés à la taille présentent des valeurs intermédiaires, à forte sempervirence.

Par ailleurs, les axes F1 et F2 de l'AFC du contenu en traits des zones humides sont corrélés faiblement (variance expliquée toujours  $\leq 7\%$ ) à la teneur en nutriments du sédiment des zones humides (Ntotal corrélé à F2,  $p=0,037$  et  $R^2=0,07$ , et P total corrélé à F1 et F2,  $p=0,047$  et  $R^2=0,06$ , et  $p=0,04$  et  $R^2=0,07$  respectivement). Ce résultat suggère que les événements de crue véhiculent du phosphore, susceptible de contribuer à l'eutrophisation des habitats. Les perturbations par les crues sont donc le principal facteur de structuration des traits morphologiques des communautés végétales dans les zones humides fluviales.

### A l'échelle des espèces

#### *Performances et réponse adaptative des espèces à la contrainte hydraulique*

Le travail a porté sur la comparaison des traits morphologiques et des caractéristiques hydrauliques de deux espèces végétales (*Berula erecta* et *Mentha aquatica*) sur un gradient de courant croissant (de 0 à 0,5 m/s en moyenne). L'étude a permis de démontrer que l'une des espèces réduisait sa traînée en réduisant sa taille, mais sans mettre en œuvre d'adaptation morphologique particulière, tandis que l'autre n'augmentait pas sa taille mais réalisait des ajustements morphologiques (diminution de la surface foliaire, modification de la densité des tissus) lui permettant de diminuer sa traînée relative. Les deux espèces possèdent par ailleurs des morphologies contrastées (en rosette et érigée), ce qui suggère que les traits impliqués dans la réponse plastique des espèces à la contrainte hydraulique pourraient dépendre de la

forme de croissance, voire du taxon concerné (figure 35). La réversibilité de ces adaptations a par ailleurs été démontrée grâce au bouturage des individus contraints dans un contexte sans courant.

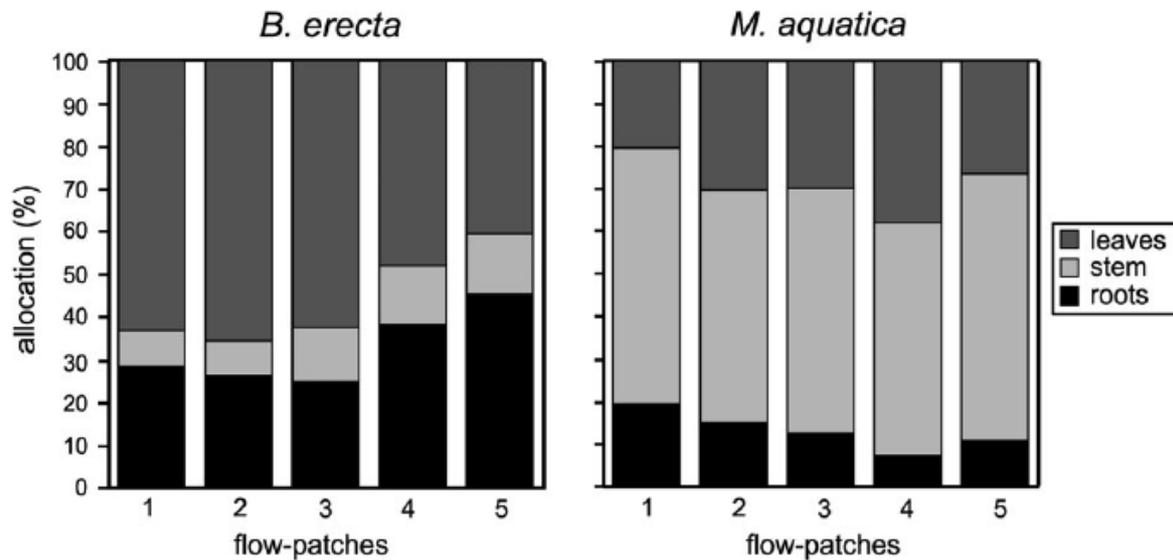


Figure 35 : Allocations de biomasse de *Berula erecta* (gauche) et de *Mentha aquatica* (à droite) le long d'un gradient de courant croissant (de 0 à 0,55 cm.s<sup>-1</sup>), d'après Puijalon et al. 2005.

Ces travaux ont fait l'objet de 3 publications, d'un poster et de plusieurs communications dans des congrès internationaux. Pour leur qualité et leur originalité, ils ont été sélectionnés pour être présentés au séminaire de la revue *New Phytologist* à Londres (sur invitation).

*Capacité de régénération des espèces en fonction du régime de brisure par les crues (unique v.s. récurrent)*. Cette expérimentation a eu pour objectif de déterminer si les plantes soumises à des pertes de biomasse récurrentes présentaient un phénomène de surcompensation, c'est à dire une croissance supérieure aux plantes n'ayant été perturbées qu'une fois, elles même présentant une croissance supérieure aux plantes n'ayant pas été perturbées. Ce phénomène, décrit dans la littérature sous le terme de surcompensation, permettrait aux espèces possédant cette aptitude de survivre dans des écosystèmes soumis à des perturbations récurrentes. Le travail a porté sur la comparaison entre trois espèces, deux possédant l'aptitude à se ramifier (*Myriophyllum verticillatum* et *M. spicatum*) et l'autre présentant des rhizomes traçants, et une faible aptitude de l'appareil végétatif à se ramifier (*Potamogeton coloratus*).

L'étude montre un phénomène de surcompensation très significatif pour *Myriophyllum verticillatum*, les données étant encore en cours d'exploitation pour les autres espèces. Elle montre également une répartition différente de la biomasse selon les espèces : tandis que *Myriophyllum verticillatum* ne montre pas de variation significative de son root/shoot (figure 27), les deux autres espèces voient leur root/shoot augmenter de manière significative dans la situation de perturbations récurrentes. Cette tendance est fréquemment observée dans des situations de stress de différentes natures, et constitue une stratégie de mise en réserves des ressources dans un habitat défavorable. Dans le contexte de perturbations récurrentes, associée à un port prostré, elle pourrait permettre à l'espèce de régénérer un appareil

photosynthétique, et s'apparenterai à une stratégie de stockage des ressources et de survie (et non pas de croissance et d'investissement des ressources dans la colonisation).

Ce travail a donné lieu à une communication dans un colloque et fera l'objet d'une publication. Il devrait être suivi d'une expérience plus ambitieuse, portant sur des espèces de morphologie contrastées, au printemps prochain.

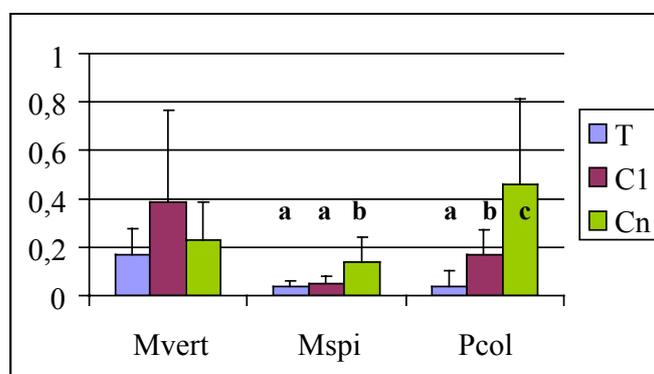


Figure 36 : ratio de la biomasse racinaire/biomasse aérienne chez *Myriophyllum verticillatum*, *M. spicatum* et *Potamogeton coloratus* en fonction du régime de perturbation (Témoin non perturbé : T, Perturbé une fois : C1, perturbé n fois : Cn).

*Réponse des organismes aux processus d'érosion et de dépôt.* Cette étude a porté sur les traits morphologiques mis en œuvre dans la résistance de deux espèces végétales aquatiques, issues de groupes taxonomiques contrastés, *Potamogeton coloratus* et *Berula erecta*, à deux types de perturbations physiques rencontrées en milieu fluvial, brisure et dépôt de sédiment. Une troisième perturbation a également été testée, la perturbation par exondation, dans la mesure où cette perturbation devrait se révéler de plus en plus fréquente dans un contexte de changement global (réchauffement climatique) et d'augmentation de la pression anthropique sur les zones humides (pompages destinés à l'agriculture et à l'alimentation humaine). Cette perturbation est donc susceptible d'agir de manière combinée avec les perturbations hydrauliques, et il semble important de connaître la capacité des espèces à faire face à ces différentes contraintes, agissant ou non en synergie.

Le taux de perte de biomasse induit par chacune des trois perturbations est le suivant :

<i>Berula</i>	Brisure	Assèchement (48 h)	Dépôt (2cm de sable)
Taux de perte de biomasse estimé (%)	<b>32%</b>	<b>23%</b>	<b>18%</b>
<i>Potamogeton</i>	Brisure	Dépôt	Assèchement
Taux de perte de biomasse estimé (%)	<b>30%</b>	<b>26%</b>	<b>16%</b>

Pour les deux espèces, la brisure (élimination de 1/3 de la biomasse épigée) entraîne toujours une perte de biomasse supérieure aux deux autres perturbations, le dépôt étant la perturbation ayant le moins d'impact sur l'espèce.

La brisure est également la contrainte entraînant le plus d'impact sur la taille et le poids sec des deux espèces, les deux autres perturbations entraînant probablement un phénomène de surcompensation pour la taille.

Ce travail préliminaire, et de trop courte durée pour être totalement exploitable, nous a permis cependant de mettre en place une méthodologie fiable pour comparer l'effet de perturbations de différentes natures. Il sera donc reconduit au cours de l'année prochaine en intégrant un plus grand nombre d'espèces, et sur un pas de temps permettant de visualiser les réponses à long terme.

### **A l'échelle infra-spécifique**

A l'échelle infra-spécifique, la démarche expérimentale a consisté à évaluer la variance dans la régénération d'une espèce face aux perturbations. Deux facteurs susceptibles de générer de la variance ont été étudiés, le stress hydraulique (courant), et le stress nutritionnel (carence en nutriments). Les deux types de stress sont susceptibles d'augmenter l'allocation de biomasse des individus au système racinaire et aux réserves, au détriment de l'appareil végétatif, et devraient donc contribuer à augmenter les capacités de régénération des individus. *A contrario*, la disponibilité en nutriments favorise la croissance des individus, et donc la production d'organes de réserves plus gros que ceux produits en conditions stressées. Il est possible que ces organes de réserve de grande taille confèrent aux individus une meilleure capacité de survie et de régénération. Les deux hypothèses alternatives ont été testées sur 8 populations issues de 4 écosystèmes caractérisés par une disponibilité croissante en nutriments (d'oligotrophe à méso-eutrophe), deux populations (soumise au courant ou non) ont été collectées dans chaque écosystème, et on a mesuré la capacité de régénération des rhizomes de l'espèce (*Berula erecta*) issus de chaque population.

Les résultats ont permis de démontrer que les individus soumis aux stress (nutritionnel et hydraulique) présentaient un meilleur taux de survie que les individus non stressés, et ce malgré leur taille plus réduite (figure 37).

En ce qui concerne le taux de régénération, celui-ci est moins bon chez les plantules soumises au courant dans des conditions de stress nutritionnel, et meilleur chez les plantes non stressées hydrauliquement chez les plantes croissant en milieu chargé en nutriments (figure 29). Ces résultats n'ont pu être expliqués par la teneur en matière sèche des plantes. Tout se passe comme si la capacité de régénération était augmentée pour un niveau de stress modéré (stress hydraulique ou trophique) mais diminue lorsque le niveau de stress est trop élevé (stress hydraulique et trophique) ou trop faible (aucun stress). Ils suggèrent que certains facteurs régis par le stress (e.g. qualité des réserves) régissent la capacité de régénération des individus, mais cessent d'être efficace lorsque le stress devient trop important, affaiblissant trop les individus pour qu'ils puissent présenter un taux de régénération optimal.

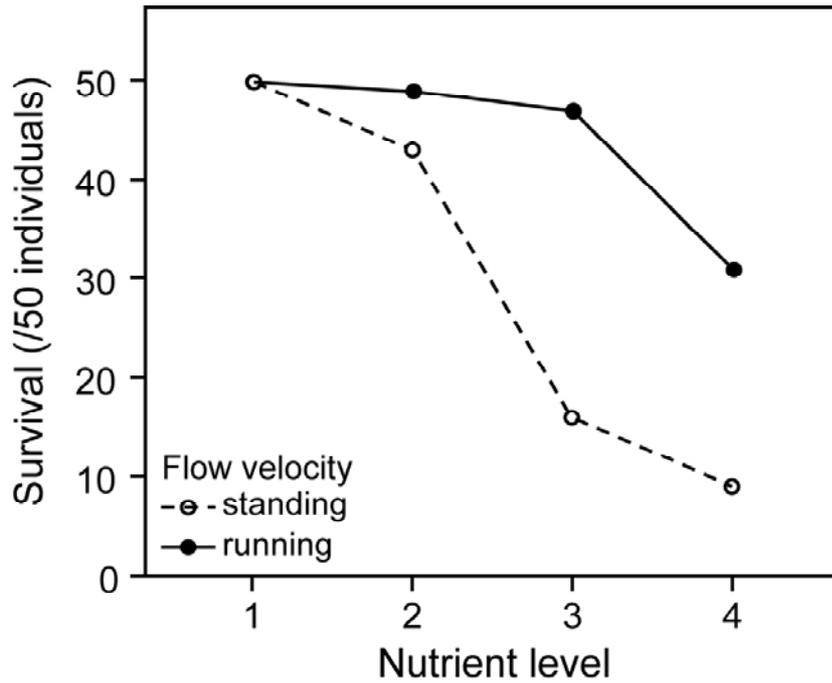


Figure 37 : survie des individus en fonction du niveau de ressource d’où ils sont issus, et de l’existence d’un stress hydraulique ou non.

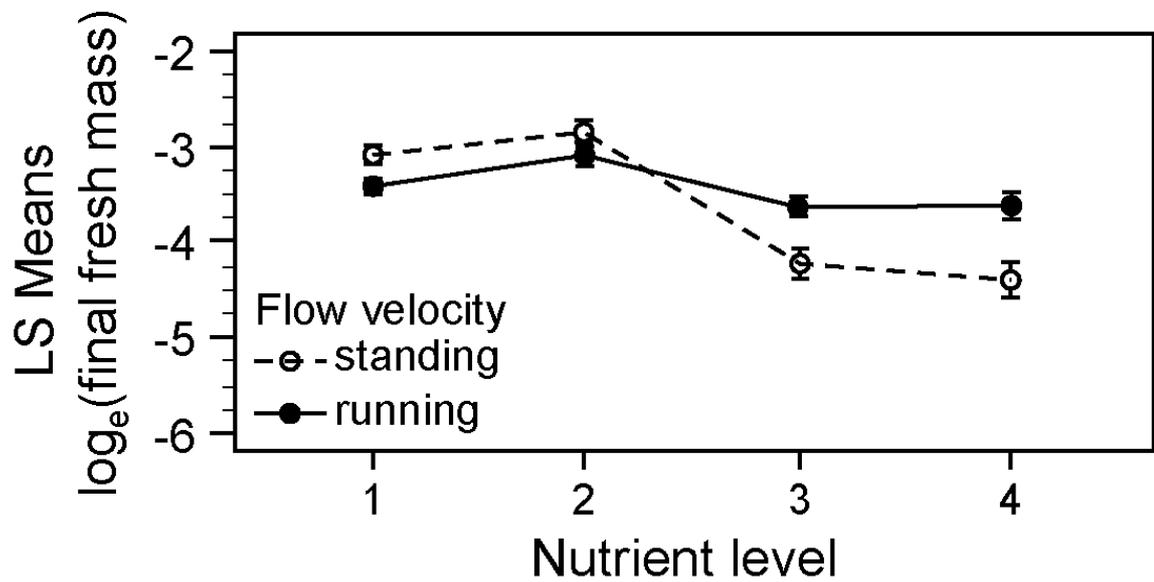


Figure 38 : Croissance des rhizomes de *Berula erecta* en fonction du stress subi par les plantes dans leur environnement naturel (stress trophique et hydraulique). (LS Means  $\log_e(\text{final fresh mass}) \pm se$ ).

Ces travaux ont fait l’objet d’une publication actuellement soumise.

## **C.7. Approche sociologique et juridique de la dynamique sédimentaire**

**Maison du Rhône (A. Vincent) & IDE, Lyon 3 (A. Farinetti ; J. Untermeier)**

### **Résultats les plus marquants**

#### **Volet sociologique**

Dans le haut Diois, l'axe gestion des sédiments conduit dans le cadre du SAGE Drôme à partir des préconisations des scientifiques, se heurte à une vive opposition de la part d'une majeure partie des populations locales (agriculteurs, propriétaires riverains, « autochtones »). Se pose alors la question de la mise en œuvre des mesures concrètes envisagées en termes de « gestion patrimoniales » des sédiments.

Les enquêtes ethnologiques relatives à la place de la rivière auprès des habitants de la vallée montrent que celle-ci s'inscrit au sein d'un système de valeurs contradictoire avec celui des gestionnaires et des scientifiques. Ce système de valeurs repose sur la défense de la terre contre la rivière, défense s'originant dans la valeur agricole, au sein d'une économie de montagne, des terrains situés dans la plaine alluviale. Toute l'histoire du Diois est donc traversée par cette lutte ancestrale contre la « rivière ogresse ». L'ensemble des savoirs et savoir-faire relatifs à l'entretien des berges et du lit sont toujours connus, décrits et transmis(sibles).

La politique de gestion des sédiments s'inscrit donc dans un contexte social et culturel précis que, pour l'instant, elle ignore. Plus, elle révèle une autre conception du rapport à la rivière et à la nature. Nous sommes donc face à deux schèmes culturels – ou encore et en référence au concept de Pierre Bourdieu, deux « rivières habitus » - qui s'opposent et s'affrontent au sujet de l'entretien de la rivière (et non face à une opposition systématique et globale au SAGE et à l'ensemble des actions du Contrat de rivière). Dans ces conditions, la réalisation des actions de gestion des sédiments paraît impossible. Une piste néanmoins pourrait être explorée pour sortir de cette situation de blocage : la co-construction d'un projet pour la rivière et son entretien selon les méthodologies employées au Canada et relevant de la mise en place d'un dialogue interculturel. Il s'agirait donc de s'engager dans la voie d'une gestion de l'interculturalité.

#### **Volet juridique**

Une forte évolution récente de la législation, encore en mouvement, va dans le sens d'une facilitation de la recharge sédimentaire. Des contraintes existantes, mais toutes solubles, communes aux deux contextes différents de la Drôme et de l'Ain. Des particularités s'agissant de l'Ain : la problématique du transfert des sédiments dans les barrages hydroélectriques, et la domanialité publique de l'Ain sur les tronçons concernés. Des objectifs de restauration du fonctionnement géomorphologique de la rivière qui ne doivent/peuvent pas s'affranchir des contraintes résultant de la législation relative à la protection de la nature.

### **Devenir**

Le diagnostic préalable à une politique de gestion de l'eau est pour l'heure envisagé essentiellement dans sa dimension écologique. Le cas de la Drôme montre que le contexte social et culturel doit aussi participer de ce diagnostic en tant que constituant une partie des

données nécessaires à l'élaboration et la mise en œuvre à la fois de la gouvernance de la rivière et des actions de restauration/gestion des milieux.

Se pose dès lors, notamment dans une perspective d'association/participation des riverains aux politiques conduites, la question de l'intégration dès l'amont du diagnostic social et culturel de la rivière.

Le devenir de cette recherche résiderait donc dans le fait que les partenaires des politiques de l'eau en fassent un élément de l'état des lieux initial au même titre que celui sur les aspects physique et écologique.

## II. RESUME Thématique prioritaire 2003 - 2005 : DEVELOPPEMENT DURABLE

Responsable du projet Nom, Prénom: Hervé PIEGAY

Adresse électronique : [piegay@sunlyon3.univ-lyon3.fr](mailto:piegay@sunlyon3.univ-lyon3.fr)

**Titre du projet : Modification anthropiques des flux sédimentaires, réponses des écosystèmes aquatiques et actions de restauration.**

De nombreuses rivières françaises sont concernées par l'enfoncement du lit. La Drôme et l'Ain, sur lesquels un SAGE a récemment été réalisé, enregistrent un tel problème. Dans le cas de la Drôme, l'incision du lit pose problème pour la stabilité des ouvrages de franchissement ou de protection vis-à-vis de l'inondation et pourrait également affecter les habitats piscicoles. Dans le cas de l'Ain, le problème principal concerne la dégradation des écosystèmes aquatiques, notamment la déconnexion du chenal principal et des annexes fluviales.

Le présent projet interdisciplinaire, inscrit dans le cadre de la Zone Atelier Bassin du Rhône apporte des éléments nouveaux permettant aux gestionnaires de gérer durablement les sédiments du lit de ces rivières et de définir une stratégie en matière de recharge sédimentaire. Dans les deux cas d'étude, une analyse juridique a confirmé que les actions de recharge pouvaient s'inscrire dans le contexte existant. L'équipe scientifique travaille en partenariat étroit avec les gestionnaires, à savoir les syndicats de communes (SIVU de l'Ain, CCVD de la Drôme) ainsi que l'ONF, le CREN et la DIREN, pour définir les actions de restauration et suivre les opérations en s'appuyant sur des techniques innovantes (aDcp, DGPS et imagerie haute résolution par drone, expérimentation biologique, modélisation physique et numérique).

Plusieurs volets interactifs ont donc été proposés pour cela : 1) évaluer quel est le stock sédimentaire ; 2) suivre le transport solide; 3) modéliser le transport solide afin de proposer des scénarios en matière de recharge ; 4) évaluer l'impact de l'incision sur les communautés végétales des annexes fluviales et des peuplements piscicoles; 5) proposer des scénarios de gestion durable des sédiments et analyser l'acceptation sociale.

Sur l'Ain, le transport solide est maintenant bien évalué tout comme l'effet du barrage sur le déficit de charge. Une recharge artificielle a été conduite en 2006 et fait l'objet d'un suivi. L'effet préjudiciable de l'incision a été souligné pour les communautés végétales des lônes et deux d'entre elles ont ainsi été restaurées en 2006 dans le secteur le plus incisé. Les travaux de modélisation réalisés dans les lônes sont prometteurs pour estimer leur durée de vie. Ces développements devraient permettre à moyen terme d'intégrer ces éléments dès la sélection des lônes à restaurer. Ceci devrait être possible sur la Sacramento en Californie, la ZABR étant impliqué sur ce site compte tenu des savoir-faire acquis. Le caractère très perturbé du peuplement, du fait des éclusées hydro-électriques permanentes et de la canicule de 2003, masquent l'effet potentiel de l'habitat sur la composition et la structure des communautés de poissons.

Sur la Drôme, les travaux ont souligné également le déficit sédimentaire et l'intérêt des actions de recharge, les affluents de la Drôme ayant la capacité de transporter davantage de sédiments si ceux-ci sont disponibles. L'étude écologique a souligné que de telles mesures, même si elles sont pertinentes en termes de gestion des ouvrages, ne doivent pas être multipliées dans la mesure où les milieux instables qui sont générés ne constituent pas des habitats de qualité par rapport à ceux observés à ce jour lorsque l'incision ne met pas le substratum à nu.. Le cas de la Drôme montre également que le contexte social et culturel apporte des données pour l'élaboration et la mise en œuvre à la fois de la gouvernance de la rivière et des actions de restauration/gestion des milieux. Suite à ce travail, se pose, notamment dans une perspective d'association/participation des riverains aux politiques conduites, la question de l'intégration dès l'amont du diagnostic social et culturel de la rivière.

