Retour Semaine 4 - Réponses fluviales aux actions humaines

Bonjour,

Merci à tous pour vos échanges riches sur cette dernière semaine de cours.

L'étude des rivières et de leur évolution, pour en comprendre les causes et prédire les effets de nos actions, fait encore aujourd'hui, l'objet de recherches très actives. Au travers d'expertises, les résultats scientifiques du moment, permettent d'étayer des scénarios qui peuvent servir d'appui à la prise de décision. Néanmoins, ils ne peuvent amener à un jugement de valeur et doivent opérer avec d'autres facteurs. Pour rebondir sur le post d'un participant, la rivière est affaire de sciences mais aussi de société, d'économie et de politique.

Vous trouverez ci-dessous, une synthèse non-exhaustive des posts des forums relatifs à cette semaine, ainsi que des compléments bibliographiques. Je vous invite vivement à consulter les différents fils de discussion associés aux séquences pour plus détails.

4.1 Ajustement fluviaux

Ajustement fluviaux et incision
Résumé des réponses de P. Belleudy 4.2 (SVJ) et H. Piégay 4.1 (SVJ, jmdebard)
Lorsque une rivière s'inscise, c'est qu'elle peut transporter plus de matériaux que ce qui arrive de l'amont et qu'elle remobilise des matériaux du fond ou des berges pour satisfaire sa capacité de transport. Pour revenir vers un état d'équilibre, i.e. ajuster sa capacité de transport au flux solide entrant et diminuer la contrainte de frottement jusqu'à la contrainte critique, sa pente va diminuer et/ou sa largeur va augmenter. C'est le principe de la balance de Lane (1955). Attention, une rivière a des hautes eaux, des crues "normales", des crues extrêmes; la réponse de la rivière doit intégrer l'ensemble du régime hydrologique, par conséquent, son état d'équilibre est dynamique, on parle de "respiration du lit". Cet état d'équilibre peut être atteint avant la roche mère.
Aussi, il arrive qu'un pavage se forme et protège le reste des alluvions avant d'atteindre la roche mère, lorsque la granulométrie est suffisamment hétérogène pour que lors de l'ajustement, la rivière transporte sélectivement les petites particules et laissent sur place les plus grosses. Il arrive que ce phénomène de pavage limite l'incision même après des extractions importantes.

Tri granulométrique
Ils viennent de l'amont dans tous les cas... mais ils migrent à des vitesses variables et peuvent pour certains être piégés dans les plaines alluviales pendant des milliers d'années et finalement être repris à la suite de l'érosion du lit. Au cours de leur transport, les galets

enregistrent une usure, une abrasion (ils deviennent plus petits) et comme la pente se réduit également progressivement vers l'aval (et qu'il n'y a plus assez d'énergie pour qu'ils soient transportés), les gros peuvent aussi s'arrêter plus en amont et ne jamais arriver à l'aval (ou ils n'y sont pas encore!). @H. Piégay 4.1 (GeorgetteR)

Ouvrages et Incision



Exemple célèbre de l'effondrement du Pont de Wilson à Tours en 1978 (Thèse de A. Latapie), illustrant les dommages aux infrastructures résultant de l'incision des lits fluviaux suite à des extractions excessives.
fil de discussion 4.1 (CINQ-MARS)

4.2 Effets de l'urbanisation

→ Présence de vidéos complémentaires à la suite de la séquence 4.2 (1: gérer les eaux pluviales pour limiter le risque d'incision; 2: le concept de débit effectif et morphogène ; 3: vigilance méthodologique en contexte périurbain).

Incision et gestion des eaux pluviales en milieu urbanisé
Résumé de la réponse de O. Navratil 4.2 (mestayauje)
La généralisation des collecteurs d'eaux pluviales pour soustraire ce volume d'eau au bilan hydrologique global et avoir un effet sur l'écretement des crues n'est pas réaliste. Notamment parce que ces installations ne sont pertinentes que pour des maisons individuelles (plutôt des constructions neuves) alors que les parkings, voiries, grands bâtiments représentent également une part importante des zones impermeables. Pour ces zones, d'autres techniques existent: noues, fossés enherbés, tranchées drainantes, chaussée à structure réservoir, bassins de rétention/infiltration… Seule une combinaison des différents ouvrages de rétention des eaux de ruissellement permettra de diminuer ces impacts hydro-morphologiques en ralentissant la dynamique de transfert et en diminuant l'intensité des crues fréquentes très morphogènes.
Illustration: gestion des eaux pluviales du Grand Lyon

Débit de pleins bords, débit morphogène, débit effectif et crue annuelle
Résumé de la réponse de O. Navratil 4.2 (SVJ)

Le débit morphogène est le débit qui façonne la morphologie du cours d'eau (largeur, hauteur à pleins bords, alternance seuil/mouille, longueur d'onde des méandres…). On considère souvent qu'il correspond au débit de pleins bords - ou débit juste avant débordement de l'écoulement dans la plaine alluviale adjacente (notion hydraulique) - bien que la causalité ne soit pas établie. Il a été démontré que le débit de pleins bords est proche du débit effectif, c'est à dire du débit qui transporte le plus de sédiments sur le long terme (charriage et suspension). Ce débit est suffisamment fréquent et se situe au-dessus du seuil de transport par charriage. Le débit de pleins bords est aussi très souvent assimilé à la crue annuelle - période de retour de 1.5 an - (Wolman and Miller, 1960). Toutefois, il a été démontré que cette idée est fausse (par exemple Willians, 1978, Navratil et al., 2006). De nombreuses publications ont montré que la fréquence du débit de pleins bords était très variable en fonction des conditions hydro-climatiques, lithologique, allant de 3-4 débordements par an à des périodes de retour supérieures à 10 ans.
On peut néanmoins garder en tête que le débit de pleins bords est plutôt un débit fréquent (compléments bibliographiques, voir ci-dessous).

4.3 Diagnostique géomorphologique

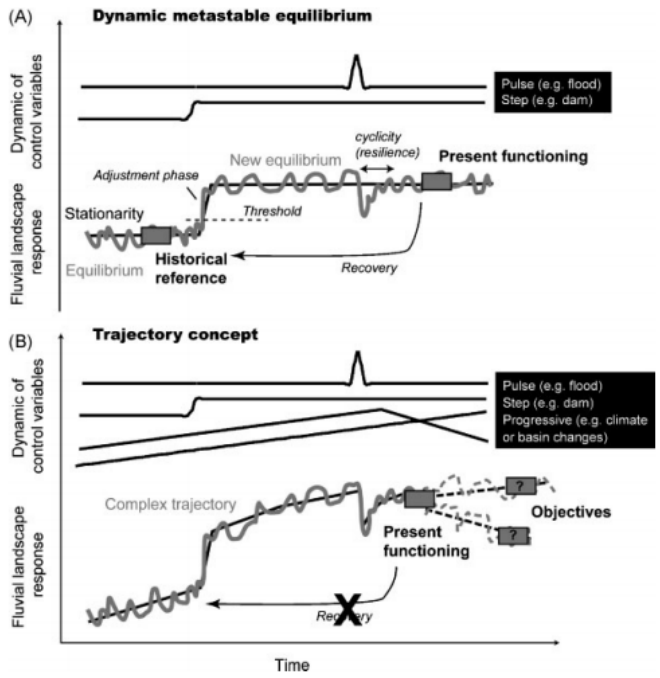
Faciès d'écoulement (seuil ou radier, plat, mouille)
Pour les définitions des faciès d'écoulement, nous vous invitons à aller consulter la publication de Malavoi et Souchon 2002.

Capture d'un cours d'eau par un autre ou recoupement
La capture est un phénomène extrêmement rare et qui explique certaines « anomalies » de notre réseau hydrographique. Cela concerne des changements qui s'expriment à l'échelle géologique. C'est un problème intéressant pour comprendre le contexte environnemental mais qui n'a pas d'implications pratiques pour un gestionnaire de cours d'eau.
Dans le cas du recoupement, c'est la rivière qui change de lit, recoupe son propre lit par débordement ou par *tangence* (rivières à méandres) ou encore par *avulsion* (rivières en tresses ou rivières divagantes). Ces phénomènes sont effectivement liés à la mobilité en plan du chenal, à sa capacité à éroder ses berges. Les rivières qui ont une dynamique latérale active (cas notamment des rivières à méandres des piémonts), peuvent recouper rapidement leur tracé et il peut être judicieux de définir effectivement un fuseau de mobilité (ou corridor érodable ou espace de liberté) afin d'anticiper les situations de risques liées à ces phénomènes. Ces bras recoupés sont souvent écologiquement très intéressants. @H. Piégay 4.3 (réponse à JulienSORET)

Espace de liberté d'un cours d'eau
Résumé de la réponse de H. Piégay 4.3 (réponse à JulienSORET)
Lorsque l'on identifie des problèmes d'érosion, il convient d'établir d'abord un diagnostic géomorphologique afin de bien comprendre le processus et d'évaluer si l'érosion latérale est un élément fonctionnel de ce cours d'eau. Si c'est le cas, l'idée est alors d'identifier un corridor alluvial à l'intérieur duquel on laisse la rivière se déplacer. Il s'agit d'un outil

permettant de gérer le risque d'érosion, comme on le fait pour l'inondation. Pour ce faire, il est possible de regarder les photographies aériennes de l'IGN, voire le cadastre ancien de la commune que vous pouvez trouver en marie au 1/10000° et localement 1/3500° pour identifier les anciens tracés. Dans ce cas, travailler à partir du calcul de l'amplitude des méandres peut être pertinent... mais avant il faut s'assurer que ça bouge et que le mouvement est fonctionnel.

Equilibre dynamique et trajectoire géomorphologique
Extrait de la réponse de H. Piégay 4.3 (CFChampetier)



Concepts de:
(A) équilibre dynamique
(B) trajectoire géomorphologique
Dufour and Piegay (2008)

Une rivière en "équilibre" a une géométrie qui fluctue autour d'un état moyen car les crues qu'elle enregistre ont des intensités différentes. [...] C'est le concept d'équilibre dynamique (abordé dans le paragraphe 4.1 ci-dessus). L'ajustement s'exprime lorsque la rivière va rechercher un nouvel équilibre entre sa géométrie, son régime de crue et sa disponibilité sedimentaire en charge de fond . [...]
L'ajustement peut aussi conduire à ce que les fluctuations autour de l'état moyen changent également. [...] On voit aujourd'hui l'évolution d'une rivière plutôt sur une trajectoire, en recherche permanente d'équilibre du fait des multiples pressions qui s'exercent, s'additionnent, s'annulent… ou tout simplement car le cours d'eau dans son contexte géographique ne peut pas trouver cet équilibre (cas des rivières à méandres mobiles qui sont tjs en recherche d'équilibre ou des rivières en tresses). [...]
L'ajustement est souvent perçu comme un dysfonctionnement lorsqu'il se manifeste à l'échelle de plusieurs decennies, car à cette échelle il résulte de pressions humaines que l'on peut identifier et il a souvent des incidences sur les autres usages. Compte tenu du foncier et de nos infrastructures, on envisage un cours d'eau fixe alors qu'il ne l'est pas. Un beau débat sur le comment agir qui dépasse les questions scientifiques.... [...]

Etudes historiques reconstruisant l'évolution morphologique de rivières: travaux de J.F. Berger, J.P. Bravard ou L. Lespez.

Mesures topographiques
Complément sur le LiDAR et ses applications: Présentation de C. Mallet, Matis IGN
Par ailleurs, la mesure du relief voit emerger un nouvel outils, encore à l'épreuve, avec le dévellopement des drones et des techniques de reconstruction 3D par photogrammétrie à partir d'une série d'images qui se recoupent.

Evaluation des volumes prélevables et espèce indicateur du milieu
Résumé de la réponse de H. Piégay 4.3 (phconte)
Des études d'évalution des volumes prélevables sont menées dans une optique de gestion durable et équilibrée de la ressource en eau (cadre de la DCE). Dans ce contexte, il est effectivement possible d'utiliser certaines espèces végétales pour définir un niveau de nappe. L'idée est de considérer que la réponse de certaines espèces (que l'on connait en terme de réponse) exprime bien les réponses des espèces associées ou est l'une des plus critiques (si elle répond, elles vont toutes répondre)... Des études sont actuellement en cours sur les réponses ligneuses au changement des niveaux de nappe.

4.4 Mesure du substrat en rivières

Granulométrie de surface (de type Wolman Pebble Count)
Traitements granulométriques automatiques par imagerie:

- Gravelometer de l'équipe de Loughborough (logiciel commercial)
- Basegrain de l'ETH de Zürich (logiciel libre sous MatLab)
- GRADISTAT (logiciel libre sous Excel) avec l'article associé: Blott, S.J. and Pye, K. (2001) GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surface Processes and Landforms 26, 1237-1248

Suivi des particules
Résumé de la réponse de O. Navratil 4.4 (SVJ)
Que ce soit à la *peinture* ou en implantant des *PIT-Tags*, il y a plusieurs moyens de procéder pour marquer les particules: (1) en extrayant des particules du cours d'eau, en les marquant au laboratoire puis en les réintroduisant sur le site étudié; (2) en peignant ou en implantant les PIT-Tags, directement sur place, sans modifier le positionnement, ni l'imbrication des particules. Dans les deux cas il faudra faire une description précise des particules (granulométrie, localisation...). L'implantation de PIT-tags demande de percer la particule, mettre le tag et refermer le trou par de la colle (ex: araldite), ou dans les cas où les particules sont trop petites, de coller directement le tags sur la particule (ce qui va légèrement modifier sa granulométrie).
Après une crue, le taux de retour est plus important pour les particules marquées par des PIT-tags car ceux-ci permettent de retrouver des particules même enfouis (rayon de détection variable selon le type de tags, par exemple 40 cm). Ce taux de retour variera fortement d'un

site à l'autre en fonction de sa dynamique sédimentaire et de la surface de recherche couverte.
Ce type de mesure demande du temps mais permet d'estimer les distances de transport et la contrainte maximum de mise en mouvement grâce à l'identification de la plus grosse particule mobilisée.

Evaluation du colmatage
Extrait de la réponse de O. Navratil 4.4 (SVJ)
Concernant le colmatage, il existe en effet de nombreux protocoles qui permettent de fournir des informations sur la qualité du substrat et les échanges entre eaux de surface et eaux de sub-surface dans le cours d'eau, au niveau de la zone hyporhéique. En toute rigueur, seule une analyse complète combinant différentes métriques basées sur des indicateurs biologiques , physico-chimiques et physiques peut fournir une image complète de ces échanges et de la qualité du substrat.
L'analyse physico-chimique du substrat sur le terrain par la mesure du potentiel redox, de la température et du pH à l'aide de sondes multi-paramètres fournira une information précieuse sur la qualité du substrat. Toutefois, ces mesures se révèlent souvent couteuses et lourdes à mettre en œuvre. En toute rigueur, il faut placer plusieurs sondes sur différents faciès (seuil/mouille) pour obtenir une mesure représentative de l'état de colmatage d'un site donné. De plus, les sondes ont besoin d'être étalonnées régulièrement et les séries temporelles régulièrement validées.
Ainsi plus récemment, des efforts de recherche ont porté sur le développement de protocoles simplifiés et standardisés qui fourniraient des indicateurs synthétiques de l'état de colmatage minéral de stations de cours d'eau. Les applications sont diverses: suivis répétés sur un même site, étude multi-sites large échelle. On peut citer par exemple le protocole Archambaud et al. (2005), l'utilisation de la conductivité hydraulique (Descloux et al. 2011 ; Datry et al. 2014) ou l'estimation de la profondeur d'oxygénation (Marmonier et al, 2004). Pour ce dernier, la profondeur d'oxygénation est estimée à l'aide de bâtonnets en bois enfoncés dans le substrat à différents endroits dans le cours d'eau. [...] Compléments bibliographiques, voir ci-dessous.

4.5 Morphologie, habitats et biocénoses

Evolution piscicole: suivi historique
La recherche des causalités et de données anciennes pour reconstituer des évolutions est un enjeu important. Nos collègues viennois sont très solides. Ils travaillent en équipe dans un cadre interdisciplinaire. Ce sont les premiers à avoir associé des historiens de l'environnement à leurs travaux en écologie. Ils disposent ainsi de données rétrospectives. Par ailleurs, ils travaillent aussi en multi-échelle, passant d'une analyse réseau national à des analyses plus locales. Ceci leur permet de réaliser des comparaisons géographiques sous hypothèses. "Il n'existe plus telle espèce dans tel contexte où on a telle pression." On raisonne beaucoup comme cela aussi en hydrologie ou en géomorphologie dans la recherche

des causalités. Enfin, ils ont des retours d'expérience concernant les réponses des espèces à certaines actions de restauration. Dans le cas de la Drau, ils ont montré que certaines espèces sont à nouveau présentes dans les secteurs où les digues ont été déplacées et où le cours d'eau présente de nouveau une plus grande diversité d'habitats. De jolis résultats que beaucoup de collectifs aimeraient avoir effectivement en main pour agir. @H. Piégay 4.5 (CFChampetier)

Suppléments bibliographiques

Documentation techniques:

- Directive cadre sur l'eau (DCE);
- Protocole CarHyCE (CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau), 2010, Onema;
- Proposition d'une méthode d'évaluation de l'impact des ouvrages transversaux sur la continuité sédimentaire des cours d'eau, 2013, DREAL Centre;
- Arasement et dérasement de seuils, Aide à la définition de Cahier des Charges pour les études de faisabilité Compartiments hydromorphologie et hydroécologie, 2010, Onema-Irstea (ex-Cemagref);
- Le démantèlement des seuils en rivière, une mesure de restauration en vogue : état des lieux et des connaissances, aperçu international des bénéfices physiques et écologiques potentiels, 2013, Onema-Irstea.
- Guide technique SDAGE Rhone Méditerranée Corse: Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau.

Nous citons à nouveau les rapports comprendre pour agir de l'Onema, très accessibles.
Pour rebondir sur un post, toutes les formules d'évaluation du débit solide n'ont pas été présentés dans ce MOOC, et notamment celles plus récentes, ajustés sur des mesures de terrain et non plus sur des expériences de laboratoire. On retrouve des discussions autour de l'emploi des formules de transport solide dans le guide Onema sur la gestion du transport solide en rivière de cette collection.

Thèses et articles scientifiques:

- Thèse de F. Arnaud (2012): Approches géomorphologiques historique et expérimentale pour la restauration de la dynamique sédimenatire d'un tronçon fluvial aménagé: la cas du vieux Rhin entre Kembs et Breisach.
- Thèse de A.J. Rollet (2007): Etude et gestion de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial à l'aval d'un barrage: le cas de la basse vallée de l'Ain.
- Thèse de Y.F. Le Lay (2009): Les hommes et le bois en rivière. Représentations, pratiques et stratégies de gestion dans le cadre de l'entretien des cours d'eau.
- Thèse de B. Morandi (2014): La restauration des cours d'eau en France et à l'étranger: de la définition du concept à l'évaluation de l'action. Eléments de recherche applicables
- B. Morandi, H. Piégay (2011), NSS: Les restaurations de rivières sur Internet : premier bilan.
- G.P. Williams (1978), WRR: Bank-full discharge of rivers. *(débit de pleins bords)*

- O. Navratil et al. (2006), ESPL: Determination of bankfull discharge magnitude and frequency: comparison of methods on 16 gravel-bed river reaches. *(débit de pleins bords)*
- F. Liébault et al. (2012), ESPL. Bedload tracing in a high-sediment-load mountain stream. *(PIT-tags)*
- Thèse de S. Descloux (2011): Le colmatage minéral du lit des cours d'eau: méthode d'estimation et effets sur la composition et la structure des communautés d'invertébrés benthiques et hyporhéiques.
- S. Gayraud et al. (2001): Le colmatage minéral du lit des cours d'eau: revue bibliographique des mécanismes et des conséquences sur les habitats et les peuplements de macroinvertébrés.
- T. Datry et al. (2014), RRA: Estimation of sediment hydraulic conductivity in river reaches and its potential use to evaluate streambed clogging.

4.6 Atività de fin de semaine: Certains ouvrages (digue, barrage, etc.) ou activités humaines (extraction, etc.) entraînent une perturbation des flux sur les cours d'eau. Conséquences hydromorphologiques et écologiques.

Vous avez été nombreux à poster des cas d'études, parfois très fournis (description, photos). Nous vous invitons consulter le fil de discussion 4.6. Vous abordez notamment l'impact des barrages, des moulins, de l'extraction de graviers, des étangs, etc mais aussi des cas d'évolution morphologique suivis.

Tous les sujets que vous évoquez peuvent faire l'objet d'un projet personnel d'approfondissement si vous souhaitez aller plus loin.

Quelques vidéos ou suivi photos sur la thématique de la restauration écologique

- Résultats des travaux menés dans le cadre du programme de recherche REPPAVAL (Représentations de la nature et des paysages dans les petites vallées de l'ouest de la France face aux projets de restauration écologique);
- Restauration du lit du Drac Amont, Cleda;
- Restauration de cours d'eau: le barrage de l'Enfernay (Calvados), CATER Basse-Normandie (site);
- Arasement d'un passage à Gué du Bouinencà Marcoux, Syndicat Mixte d'Aménagement de la Bléone;
- Le Rhône, la renaissance d'un fleuve, 2014, Arte & CNRS (film à venir).

Coraline Bel, Oldrich Navratil, Hervé Piegay et toute l'équipe du MOOC "des rivières et des hommes"