



Paysages alluviaux alpins et biodiversité

Auteur :

GIREL Jacky, collaborateur scientifique au Laboratoire d'Ecologie Alpine, Université Grenoble Alpes

24-03-2018

Les communautés végétales riveraines des cours d'eau matérialisent des habitats spécifiques, à la limite terre-eau, où interagissent les flux d'eau, de sédiments et d'énergie et la végétation elle-même. La dynamique fluviale est à l'origine de processus écologiques et hydromorphologiques responsables de la forte variabilité spatio-temporelle des facteurs du milieu. La biodiversité varie longitudinalement de la source à l'embouchure et transversalement, des zones de pleine eau aux arrières marais inondés périodiquement par les crues. Elle est aussi étroitement dépendante des écoulements souterrains. Les cours d'eau étant très réactifs aux changements climatiques et aux activités humaines qui affectent les bassins versants, la plupart des rivières ont été régulées artificiellement au cours des deux derniers siècles. Il en a résulté une forte érosion de la biodiversité dont la restauration et la gestion passent aujourd'hui par la recherche d'une dynamique fluviale soutenable et garantissant le renouvellement régulier des habitats rivulaires.

1. Des plantes adaptées aux crues

Les **communautés végétales alluviales** matérialisent des zones de **transition** entre **milieux aquatiques et terrestres** remodelées en permanence par l'activité des **cours d'eau** [\[1\]](#). Sous la pression des contraintes imposées, les plantes ont développé des **réponses adaptatives** leur permettant de s'installer, de se développer et de se reproduire dans ces habitats soumis

à l'influence des flux d'eau, d'énergie et de matériaux [2]. Les réponses adaptatives s'expriment par :

des **systèmes racinaires très développés** qui fixent efficacement les dépôts et résistent à l'érosion et au courant ;

une facilité à **régénérer** à partir des tiges et branches enfouies dans les sédiments ;

une faculté à **coloniser** rapidement les milieux favorables par reproduction végétative (rhizomes) Tige souterraine vivace plus ou moins allongée, ramifiée ou non, pourvue de feuilles réduites à l'état de très petites écailles, émettant chaque année des racines adventives et un bourgeon apical qui donne naissance à une tige aérienne, légèrement enfouie dans le sol dans lequel elle pousse horizontalement ou affleurant la surface. et par dispersion de graines nombreuses par l'eau et le vent.

des **adaptations physiologiques** permettant de supporter des périodes d'anoxie prolongées.

Les plantes résistent ainsi au stress imposé par les crues dont la fréquence, l'intensité, l'étendue et le moment de l'année biologique où elles surviennent ont une forte variabilité. La capacité du cours d'eau à créer des milieux neufs par la **dynamique fluviale** explique la forte **biodiversité** car des habitats variés sont alors mis à disposition. Les plantes qu'on y trouve, comme les saules et peupliers par exemple, sont étroitement dépendantes de la perturbation pour leur dissémination et leur reproduction. Le développement des végétaux après germination est lié à la présence de **dépôts exondés** et stables sur des périodes allant de l'année biologique pour les espèces pionnières annuelles, au siècle pour les espèces pérennes de la forêt alluviale mature de bois dur.

2. Organisation spatio-temporelle du paysage végétal



Figure 1. Le rôle de la végétation pionnière dans la construction des bancs sableux. A gauche, un plan d'*Agrostis stolonifera* s'installe entre les galets, résiste à la force du courant grâce à son fort enracinement et piège des sédiments. A droite : le dépôt augmente de volume, la touffe s'étend et d'autres espèces comme *Calamagrostis pseudophragmites* s'installent. [Source : © J. Girel]

Dans la **plaine alluviale** interviennent les flux d'eau, les flux et le calibre des sédiments transportés et la végétation qui va fixer les berges, piéger les sédiments (Figure 1) puis créer des embâcles de gros débris influençant la répartition des flux. L'interaction entre processus physiques et biotiques crée un changement permanent de la distribution des habitats terrestres et souterrains [1]. Une forte biodiversité est observée dans ces écosystèmes où cohabitent des espèces compétitives qui monopolisent les habitats stabilisés et des espèces fugitives adaptées aux habitats inconstants caractérisant des niveaux intermédiaires de perturbation [3]. Ces **communautés végétales** sont **organisées spatialement** en trois dimensions.

Style fluvial	Caractéristiques géomorphologiques	Végétation alluviale
Encaissé	Altitudes élevées, zone d'érosion, Système contraint à très forte pente, plaines alluviales très étroites ou inexistantes	Galerias de bois tendres (aulne blanc, saules)
Tressé	Zones de piedmont à pente forte; zones de rétention de courte à moyenne durées et de transport des sédiments grossiers; chenaux multiples et îlots plus ou moins stabilisés	Grande variété de communautés végétales herbacées et ligneuses alluviales liées aux eaux fraîches et bien oxygénées
A méandres	Zones planitiaies à pente faible, zone de rétention des sédiments (faible érosion); chenal unique, large et profond, bras morts recoupés dans une plaine alluviale riche en éléments fins	Domaine de la forêt alluviale de bois dur (frênes, chêne pédonculé, orme) et des arrières marais à aulne glutineux

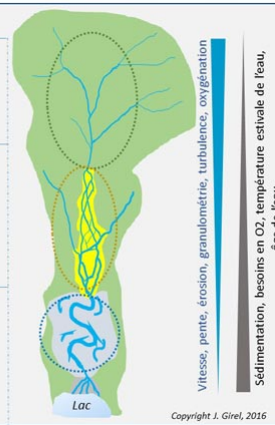


Figure 2. Zones géomorphologiques, modèles fluviaux et biodiversité. [Source : © J. Girel]

Longitudinalement. L'alimentation en eau, en matériaux et en nutriments transportés croît de la source à l'embouchure de la rivière ; en revanche, la pente et la vitesse diminuent. Par suite, les modèles géomorphologiques sont modifiés (Figure 2) et c'est dans les sections moyennes que l'on note la plus forte biodiversité [4]. Par exemple, le cortège floristique des aulnaies à aulne blanc est le plus riche en espèces en-dessous de 800 mètres d'altitude dans la zone de piedmont en tresses [5].

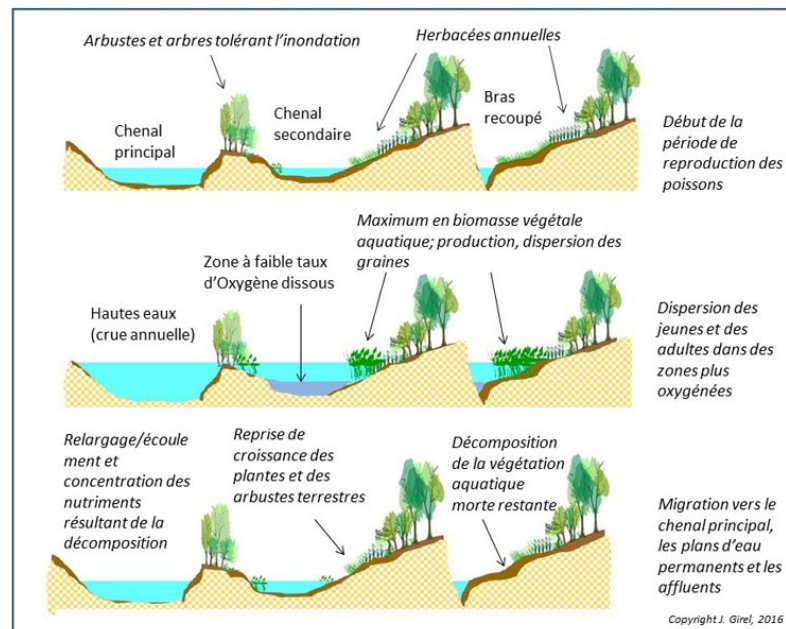


Figure 3. Les annexes fluviales sont connectées ou séparées du chenal principal actif en fonction des variations saisonnières du niveau des eaux. [Source : © J. Girel]

Latéralement. La variation saisonnière du niveau des eaux entraîne une dynamique latérale des chenaux ; elle contrôle le recrutement des espèces alluviales et la redistribution des nutriments [6] (Figure 3). Les durées de mise en eau des annexes fluviales varient en fonction de la distance aux chenaux fonctionnels.

Verticalement. Diverses espèces et communautés souterraines ou terrestres dépendent des sous-écoulements et du niveau de profondeur des nappes temporaires ainsi que des variations de la nappe phréatique permanente (Figure 4).

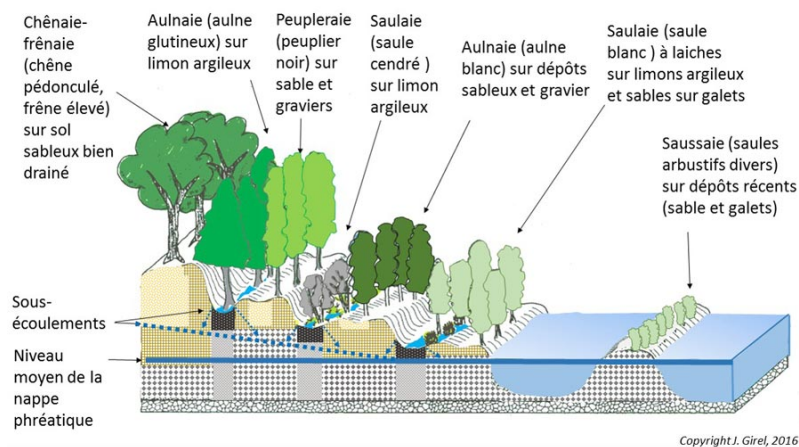


Figure 4. Les situations topographiques et hydriques et les connectivités verticales offrent des optimums écologiques pour diverses espèces et communautés terrestres et souterraines. [Source : © J. Girel]

De plus, le paysage végétal est toujours dans un stade de transition entre un état ancien qu'on peut reconstituer et un état futur difficile à prédire.

3. Processus écologiques et hydromorphologiques

La succession. Sur les dépôts stabilisés, la **végétation change au cours du temps**. Les plantes installées font place à de nouvelles arrivantes qui entrent en compétition pour l'acquisition des ressources. La composition des groupements végétaux -et donc la biodiversité- changent depuis des stades herbacés, puis arbustifs et arborescents à bois tendre jusqu'à des stades forestiers à bois dur (Figure 5). Cette évolution est expliquée par des changements de conditions écologiques internes et contrôlés par la communauté végétale (succession autogénique) ou créés par des facteurs externes. Dans ce dernier modèle, appelé succession allogénique, -le plus courant le long des cours d'eau dynamiques- les crues déposent des alluvions qui favorisent l'installation de nouvelles espèces. Dans ce cas, une succession allogénique par facilitation est initiée ; elle se traduit par une augmentation de la biodiversité au cours des stades transitoires. Le stade terminal de la forêt mature de bois dur évolue ensuite par des processus autogéniques lents qui agissent au niveau des sols avec la participation de champignons et de bactéries (Figure 5).

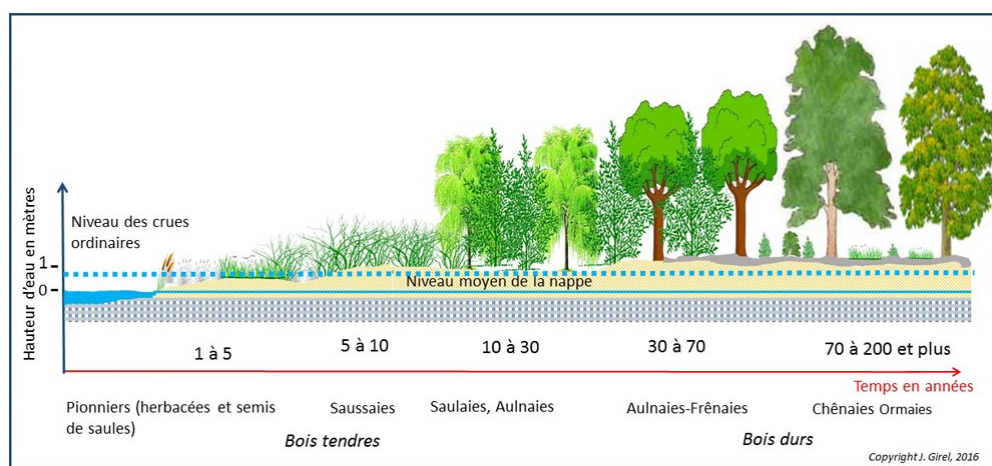


Figure 5. Chronoséquences d'une succession végétale sur un dépôt alluvial. [Source : © J. Girel]

La zonation. Les dépôts produits par un cours d'eau dynamique sont constitués d'argile, limon, sables, graviers et galets en

proportions variables. Ils ont des épaisseurs et des structures qui expliquent la présence d'une mosaïque d'habitats caractérisés aussi par l'hydrologie de surface et de subsurface (voir aussi Figure 4). Les espèces se remplacent et s'organisent en fonction des conditions environnementales locales. Comme pour la succession, les zones sont mises en évidence par une ou plusieurs espèces dominantes (Figure 6).



Figure 6. Zonation sur un dépôt latéral de l'Isère à l'aval d'Albertville. [Source : © J. Girel]

Débit, charge transportée, style fluvial et végétation. Quand les débits sont suffisants et la charge de fond abondante et mobile, la pente s'accroît pour assurer le transport vers l'aval. Le cours d'eau n'a pas cependant un débit capable d'évacuer toute sa charge de fond ; par conséquent, son plancher alluvial s'exhausse. Les chenaux et îles multiples qui en résultent forment un système en tresses (Figures 2, 7a et 8). La constitution et la durée de vie des îles et chenaux varient en fonction de l'intensité et de la fréquence des crues ce qui permet l'existence d'habitats variés sur dépôts aérés. Ces derniers hébergent en particulier des ligneux caractérisant les eaux rapides et oxygénées comme l'aulne blanc, le peuplier noir, l'argousier, la myricaire et divers saules arbustifs.



Figure 7. Le Tagliamento, Italie, cours d'eau au style tressé (a, à gauche) ; La Morava, République tchèque, cours d'eau à méandres (b, à droite). [Source : clichés J. Girel et X.]

Quand les débits sont importants et la charge de fond peu abondante, la capacité de transport du cours d'eau excède l'énergie consommée. Il creuse alors son lit, allonge son cours et abaisse sa pente en formant des méandres. Les crues déposent des matériaux fins provenant de la charge en suspension. Ce style fluvial est caractérisé par des habitats hébergeant des espèces comme l'aulne glutineux, la bourdaine ou le saule cendré, adaptées aux eaux lentes et peu oxygénées et aux sols compacts (Figures 2 et 7b).

4. Influence humaine sur la longue durée

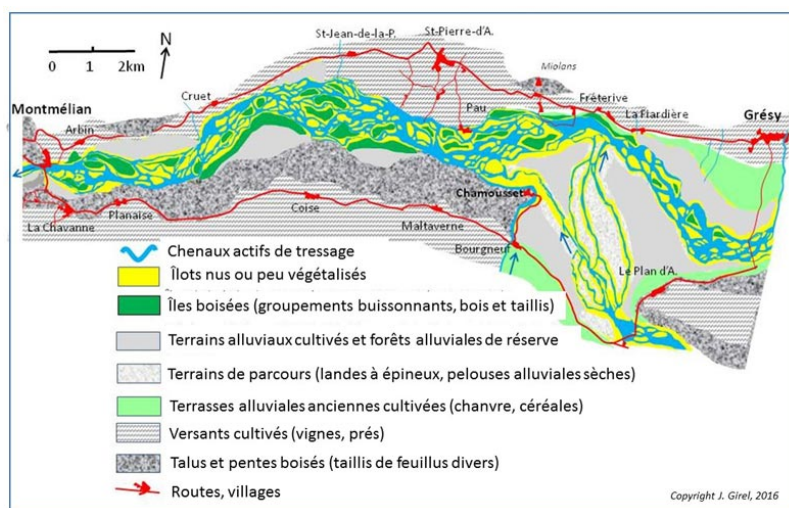


Figure 8. Occupation du sol et biodiversité dans une plaine alluviale en tresses, l'Isère en Savoie (aval de la confluence de l'Arc) à la fin du XVIII^e siècle. [Source : © J. Girel]

Métamorphoses fluviales et biodiversité. Les cours d'eau des Alpes drainent des bassins versants soumis aux aléas climatiques et aux changements d'usage. Très réactifs, ils ont connu plusieurs métamorphoses de style fluvial dans le passé [7]. Par exemple, au cours du Petit âge glaciaire, l'excès de charge, dû à l'augmentation des précipitations et de l'érosion sur des versants dénudés, fut à l'origine du développement du tressage dans la zone de piedmont. S'il reste un modèle parmi d'autres dans les Alpes, ce paysage en tresses avec îles végétalisées (Figure 8) présentait sans doute une grande biodiversité. Cette supposition, confirmée sur des cours d'eau non endigués [8], est en accord avec l'hypothèse de la perturbation intermédiaire [3].

XIX^e siècle : modifications de la structure du paysage alluvial. Au XIX^e siècle, les rivières en tresses ont été endiguées puis on a contrôlé les flux (eau et sédiments) par des travaux de dérivation, de colmatage artificiel et de drainage qui modifièrent l'espace alluvial hors-digue [9].

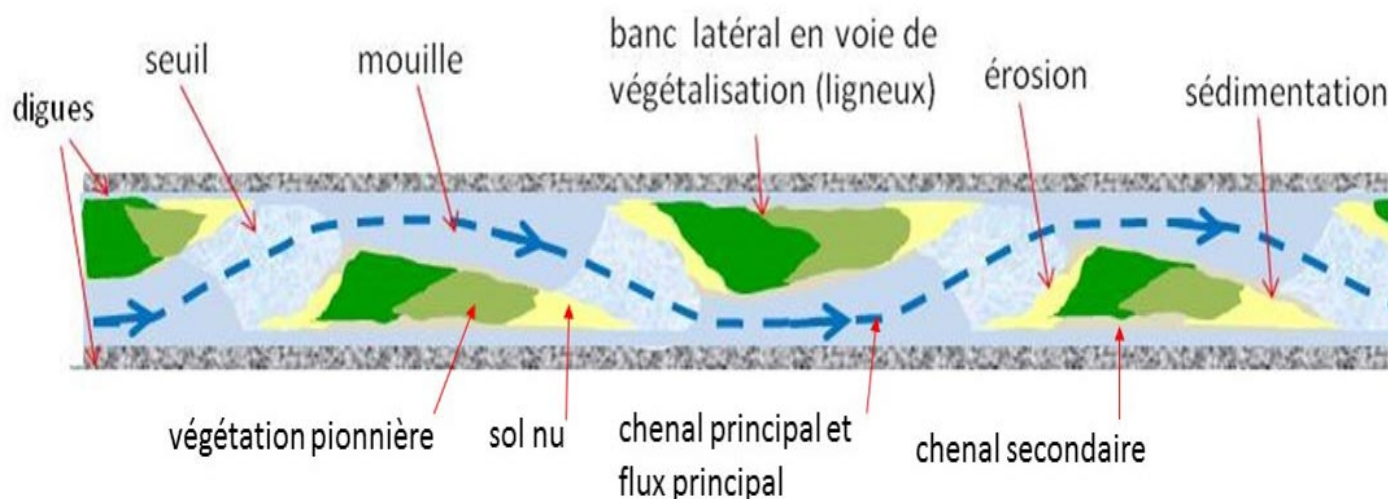


Figure 9. Formation des bancs latéraux dans un lit endigué. [Source : © J. Girel]

La simplification du système [10] affecte la biodiversité à l'échelle du paysage [11]. Les surfaces des habitats caractéristiques des systèmes en tresses diminuent de 80%. En revanche, hors digue, les habitats de bas-marais alcalins sont en expansion. Dans le lit artificiel qui s'exhausse, la succession de seuils (hauts-fonds) et de mouilles (zones plus profondes) conduit à la mise en place d'îlots (Figure 9). Ces dépôts latéraux mobiles, spécifiques aux rivières endiguées à pente forte, sont les derniers refuges pour les plantes caractéristiques des systèmes tressés.

XX^e siècle : érosion de la biodiversité. Sur les bassins versants, la diminution des précipitations et la végétalisation des terrains dénudés ont des incidences sur la dynamique fluviale dès le début du XX^e siècle. Un ruissellement amoindri sur des pentes stabilisées limite l'érosion ; en outre, une grande partie des sédiments est stockée à l'amont dans les réservoirs hydroélectriques. Il

en résulte un déficit en charge grossière qui se traduit par un enfouissement des lits, accentué par les extractions de granulats en rivière. On note alors une stabilisation des dépôts latéraux. Les crues annuelles, écrêtées par les barrages, ne sont plus suffisantes pour mobiliser la charge de fond pouvant renouveler les formes hydromorphologiques. En revanche, des crues décennales survenant en période végétative créent des rehaussements spectaculaires, renforçant la stabilité des atterrissements. Il en résulte une perte de biodiversité par homogénéisation de la végétation aux stades forestiers de fin de succession. Les plantes de début de succession comme la petite massette, liées aux cours d'eau dynamiques sont menacées de disparition. Il en est de même pour les saules (six espèces présentes), pour la myricaire, l'argousier, le peuplier noir et l'aulne blanc, arbre typique du piedmont alpin. Les communautés alluviales à structure hétérogène, composées d'espèces indigènes à auto-régénération naturelle, cèdent la place à des communautés homogènes, stables et fortement imprégnées d'espèces exotiques.

XXI^e siècle : redynamiser les cours d'eau. Le boisement des bancs alluviaux réduit la capacité du chenal endigué qui n'est plus en mesure d'assurer le transit lors des crues exceptionnelles. La protection des plaines alluviales très anthropisées passe par des aménagements adaptés. Où cela est possible on pourra élargir l'espace de liberté de la rivière ou créer, hors digue, des bassins de rétention dans des zones réservées à la forêt alluviale, aux peupleraies ou aux prairies et marais. Cependant, le déboisement et l'arasement des îlots reste une étape nécessaire pour assurer la sécurité des hommes et des biens ainsi que la conservation de la biodiversité. A l'intérieur du chenal, la richesse biologique dépend effectivement de la création d'espaces nus où débiteront les phases initiales de la succession végétale. Les grands arbres pouvant générer des embâcles y sont par contre proscrits.

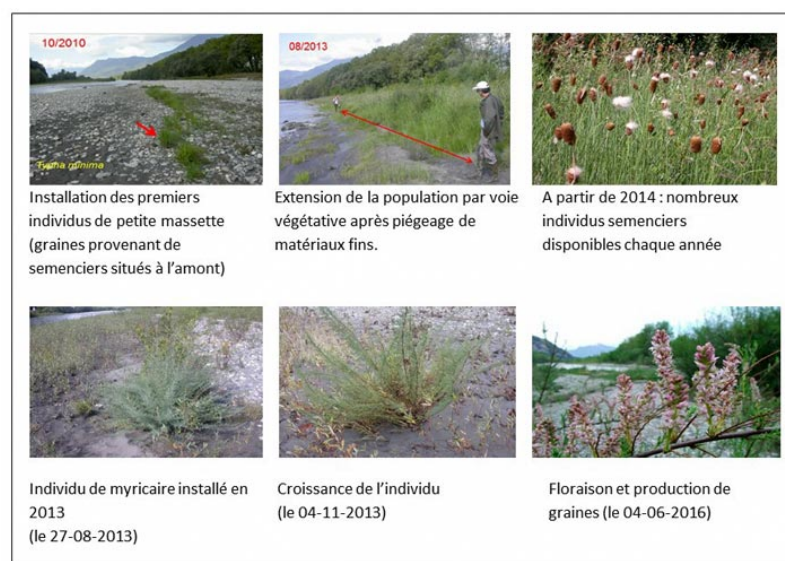


Figure 10. Colonisation d'un îlot de l'Isère en Savoie par *Typha minima* (petite massette) espèce protégée, emblématique des cours d'eau alpins et par *Myricaria germanica* (myricaire) espèce menacée. [Source : © J. Girel]

XXI^e siècle : gérer les flux pour conserver la biodiversité. Il faut réserver des flux d'eau et de matériaux garantissant la création d'habitats favorables à la dispersion, la germination, la survie et la reproduction des espèces alluviales. Par exemple, la crue de fréquence décennale de mai 2010 fut positive pour la recolonisation des îlots de l'Isère arasés l'hiver précédent. On constatait l'implantation dès juillet du peuplier noir, de plusieurs espèces de saules, de myricaire et d'herbacées diverses dont la petite massette. Cette espèce rare s'est ensuite étendue tandis que les bosquets de myricaires prospéraient (Figure 10). L'autorégulation du système restauré étant préconisée, pour favoriser le renouvellement régulier des formes, le gestionnaire pourra disposer de deux leviers : les flux solides (charge de fond grossière) et les flux liquides. Les manipulations de flux doivent être expérimentées en synergie avec les gestionnaires des ouvrages hydroélectriques. Parallèlement, il faut aussi réaliser des travaux de modélisation visant à déterminer quels sont les paramètres de la perturbation artificielle à créer, en termes d'amplitude (débits réservés [12]), fréquence, étendue et période biologique pour les espèces ayant des réponses adaptatives similaires [13].

5. État de référence pour la restauration de la biodiversité

Climat, colonisations alpines et développement du tressage. Dans le cas des rivières alpines, on a montré une forte augmentation en volume de matériaux grossiers transportés à l'Age du Fer (2700/2400 BP), à l'époque post-romaine (500-700 AD) et au Petit Age Glaciaire (1550-1850). Avec l'augmentation de la pluviosité, les activités humaines, telles que le déboisement et le développement de l'agriculture sur les versants en furent les principaux responsables. Ces changements furent alors à l'origine du processus de tressage prouvé par les paléochenaux inscrits dans les niveaux datés de ces époques [14].

Cartes anciennes et représentation d'un état de référence. Les cours d'eau de piedmont ont présenté au cours du Petit Âge

Glaciaire toute la variété d'habitats (soit une quarantaine de communautés végétales) liée au « système en tresses avec îles végétalisées ». Cette diversité représentée par les cartes des XVIII^e et XIX^e siècles (voir Figure 8 et [9]) prête au système en tresses les caractéristiques du modèle de référence [15] pour la renaturation des plaines alluviales alpines. Revenir à un état naturel est ici très discutable car plusieurs communautés à forte biodiversité résultent de l'exploitation des végétaux par l'homme [16]. De plus, pour des raisons socio-économiques, retrouver le paysage antérieur à l'endiguement relève de l'utopie.



Figure 11. L'Arc, sur plusieurs sites (ici à l'amont d'Aiguebelle, Savoie), a une charge de fond permettant le tressage dans un espace inter-digue élargi ; le dépôt de sable limoneux au premier plan est un habitat de choix pour la petite massette. [Source : © J. Girel]

Cependant, en redonnant ponctuellement plus d'espace de liberté à la rivière, on augmente significativement la richesse biologique. Cette application de la technique « du chapelet » [17] confirme qu'il n'est pas nécessaire de réaménager la totalité du corridor fluvial pour restaurer l'essentiel de ses potentialités écologiques. Par une dynamique fluviale retrouvée dans quelques sections, on obtient un renouvellement régulier des habitats. Ces sites constituent des réservoirs de biodiversité. Présents sur des cours d'eau comme l'Arc (Figure 11), ils garantissent à l'aval, sur les îlots restaurés de l'Isère, de belles populations de petite massette [18], argousier et myricaire. On y trouve aussi de nombreuses espèces habituellement inféodées aux hautes altitudes (espèces dites déalpines).

Avenir de la biodiversité alluviale alpine. Un des enjeux majeurs liés au réchauffement climatique sera celui de la gestion des eaux et de ses impacts sur l'écologie fluviale. Si la politique de renaturation des plaines alluviales par l'augmentation des débits réservés [12] n'était pas poursuivie, il faudrait alors s'attendre à un changement important dans l'organisation spatiale et la biodiversité des paysages végétaux alluviaux.

Références et notes

Photo de couverture : Végétation d'un cours d'eau en tresses : le Tagliamento, Italie [Source : J. Girel]

[1] Concept de renouvellement permanent des habitats dans la mosaïque (Shifting Habitat Mosaic = SHM) ; Stanford J.A., Lorang M.S. & Hauer F.R. (2005) *The shifting habitat mosaic of river ecosystems*. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und Angewandte Limnologie, 29, 123-136.

[2] Hauer F.R., Locke H., Dreitz V.J., Hebblewhite M., Lowe W.H., Muhlfeld C.C., Nelson C.R., Proctor M.F. & Rood S.B. (2016) *Gravel-bed river floodplains are the ecological nexus of glaciated mountain landscapes*. Science Advances, 2(6), 1-13.

[3] Hypothèse de la perturbation intermédiaire (Intermediate disturbance hypothesis) ; Wilkinson D.M. (1999) *The Disturbing*

- [4] Concept de continuum fluvial (River Continuum Concept = RRC) ; Vannote R.L., Minshall G.W. & Cummins K.W. (1980) *The river continuum concept*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37, 130-137.
- [5] Prunier P., Bonin L. & Frossard P.-A. (2013) *Guide des espèces* in: Interreg France-Suisse, Programme “GeniAlp” *Génie végétal en rivière de montagne*, 318 pages.
- [6] Concept de connectivités latérales de crues (Flood Pulse Concept = FPC) ; Junk W.J., Bayley P.B. & Sparks R.E. (1989) *The flood-pulse concept in river-floodplain systems*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106, 110-127.
- [7] Bravard J.-P. (2016) La longue durée des métamorphoses fluviales, in Bethemont J. & Bravard J.-P. « *Pour saluer le Rhône* », Ed. Libel, Lyon, 50-61
- [8] Beechie T.J., Liermann M., Pollock M.M., Baker S. & Davies J.R. (2006) *Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems*. Geomorphology, 78(1-2):124-141.
- [9] Girel J. (2016) La vallée de l'Isère entre Albertville et Grenoble : un paysage alluvial lié aux aménagements hydrauliques du XIX^e siècle et à leurs impacts. in : P. Fournier & G. Massard-Guilbaud, (Dir), *Aménagement et Environnement, Perspectives historiques*, Collection « Histoire », Presses Universitaires de Rennes, 149-161.
- [10] Girel J., Garguet-Duport B. & Pautou G. (1997) *Present structure and construction processes of landscapes in Alpine floodplains. A case study: the Arc-Isère confluence (Savoie, France)*. Environmental Management, 21(6), 891-907.
- [11] Girel J. (2010) *Histoire de l'endiguement de l'Isère en Savoie : conséquences sur l'organisation du paysage et la biodiversité actuelle*. Géocarrefour, 85(1), 2010, p. 41-54.
- [12] Débit d'eau minimal obligatoire (exprimé en pourcentage du débit total moyen) que les gestionnaires d'un ouvrage hydraulique (barrage, seuil, unité hydroélectrique...) doivent réserver au cours d'eau et au fonctionnement minimal des écosystèmes.
- [13] Merritt D.M., Scott M.L., Leroy-Poff N., Auble G.T. & Lytle D.A. (2010) *Theory, methods and tools for determining environmental flows for riparian vegetation: riparian vegetation-flow response guilds*. Freshwater Biology, 55(1), 206-225.
- [14] Salvador P.-G. (1991) *La métamorphose des cours du Drac et de l'Isère à l'époque moderne dans la région grenobloise (Isère, France)*. Physio.-Géo. (Paris), 22/23, 173-178.
- [15] Ward J.V., Tockner K., Edwards P.J., Kollmann J., Bretschko G., Gurnell A., Petts G.E. & Rossaro B. (1999) *A reference river system for the Alps: the "Fiume Tagliamento"*. Regulated Rivers: Research & management, 15, 63-75.
- [16] Girel J. (2011) *Les communaux dans une vallée alpine au XIX^e siècle : Impacts de l'endiguement sur le statut, la productivité et les usages des délaissés alluviaux (exemple de l'Isère dans la Combe de Savoie)* in: C. Beck, J.-M. Derex & B. Sajaloli (eds), *Usages et espaces communautaires dans les zones humides*, Collection Journées d'études, GHZH, P. de Maisonneuve, Vincennes, 89-106. <http://ghzh.free.fr/>.
- [17] Galat D.L., Fredrickson L.H., Humburg D.D., Bataille K.J., Bodie J.R., Dohrenwend J. et al. (1998) *Flooding to restore connectivity of regulated large-river wetlands*. BioScience, 48, 721-733. Selon le concept de “restauration en chapelet” (String-of-Beads Restoration Concept) exposé dans cet article, des zones alluviales élargies se succédant (comme des perles dans un collier, permettent le bon fonctionnement des processus hydrogéomorphologiques et écologiques à l'origine de la biodiversité.
- [18] Till-Bottraud I., Poncet B.-N., Rioux D. & Girel J. (2010) *Spatial structure and clonal distribution of genotypes in the rare Typha minima Hoppe (Typhaceae) along a river system*. Botanica Helvetica, 120, 53-62.

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Université Grenoble Alpes - www.univ-grenoble-alpes.fr

Pour citer cet article: **Auteur** : GIREL Jacky (2018), Paysages alluviaux alpins et biodiversité, Encyclopédie de l'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950] url : <http://www.encyclopedie-environnement.org/?p=3412>

Les articles de l'Encyclopédie de l'environnement sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

