

Cartographie sectorielle du paléoenvironnement de la plaine alluviale du Rhône suisse depuis la fin du Petit Age Glaciaire: la métamorphose fluviale de Viège à Rarogne et de Sierre à Sion

Laetitia Laigre¹, Gilles Arnaud-Fassetta², Emmanuel Reynard¹

Bull. Murithienne 127/2009: 7-16 (2010)

Le Rhône suisse, comme la majorité des cours d'eau européens, a subi d'importantes évolutions morphologiques depuis la fin du Petit Age Glaciaire. Le principe de la cartographie paléoenvironnementale réalisée sur le Haut-Rhône et le Bas-Rhône en France par l'équipe de Jean-Paul Bravard en 2007 a été adapté au Rhône alpestre. La comparaison de cartes anciennes du Valais levées entre 1835 et 2001 a permis de déterminer les tronçons ayant subi une métamorphose fluviale. Deux causes majeures ont été mises en évidence: le facteur naturel, matérialisé par la modification des apports sédimentaires, mais aussi et surtout le facteur anthropique. Les politiques de correction du fleuve engagées en 1860 ont abouti à la disparition de l'ensemble des zones de méandrage et de tressage qui occupaient de larges parties du fond de vallée. L'endiguement du fleuve et le drainage de la plaine alluviale ont modifié les unités paysagères de la vallée du Rhône. La réduction des vastes surfaces marécageuses a changé les modes d'occupation du sol en favorisant l'expansion de l'habitat dans la plaine d'inondation. Cette cartographie dynamique du Rhône apporte un outil important d'aide à la réflexion sur l'utilisation de l'espace et la gestion des événements hydrologiques majeurs en Valais.

Sektorielle Kartierung der Paläoumwelt der Rhoneebene in der Schweiz seit dem Ende der Kleinen Eiszeit: Fluviale Prozesse zwischen Visp und Raron und zwischen Siders und Sitten. Wie die Mehrheit der europäischen Flüsse hat die Schweizer Rhone seit dem Ende der Kleinen Eiszeit grosse morphologische Veränderungen erfahren. Bravard (2007) hat historische Karten für verschiedene Abschnitte der französischen Rhone (Haut-Rhône und Bas-Rhône) und der Alpen-Rhone erstellt. Durch den Vergleich von alten Walliser Karten aus den Jahren 1835 bis 2001 konnten jene Flussabschnitte mit einer morphologischen Veränderung bestimmt werden. Erfanden sich zwei Hauptgründe: Als natürlicher Prozess führte der Transport von Sedimenten zu Veränderungen im Flusslauf, hauptverantwortlich für das Verschwinden des mäandrierenden Rhonelaufs, welcher einst grosse Teile des Talbodens prägte, waren aber die Flusskorrekturen, welche nach den Hochwassern um 1860 realisiert wurden. Die Kanalisierung des Flusses und die Entwässerung der Auengebiete haben die Landschaft des Rhonetals grundlegend verändert. Das Verschwinden der riesigen Sumpfbereiche machte den Bau von Siedlungen in der Ebene auch da möglich, wo einst Auengebiete vorherrschten. Die dynamische Kartierung der Rhone bietet neben dem generellen Wissen ein wichtiges Werkzeug zur Reflexion über die Raumnutzung und das Management grosser hydrologischer Ereignisse im Wallis.

Mots clés

Métamorphose fluviale, paléoenvironnement, Rhône, tressage, endiguement, zones humides, Petit Age Glaciaire, Valais

Schlüsselwörter

Fluviale Prozesse, Paläoumwelt, Rhone, Flussmäander, Kanalisierung, Feuchtgebiete, Kleine Eiszeit, Wallis

1 Institut de Géographie, Université de Lausanne, CH-1015 Lausanne, emmanuel.reynard@unil.ch laetitia.laigre@unil.ch

2 CNRS UMR 8591LGP Meudon & 8586 PRODIG, Université Val-de-Marne (Paris 12), F-94010 Créteil gilles.arnaud-fassetta@univparis12.fr.

INTRODUCTION

Si l'histoire de la déglaciation et du détritisme dans certains des sous-bassins versants connexes de la vallée du Rhône suisse est relativement bien connue depuis la fin du Tardiglaciaire (SCHÖENEICH & al. 1998), la dynamique hydrosédimentaire de la vallée elle-même l'est en revanche beaucoup moins. Malgré un regain d'intérêt exprimé dans le cadre de la 3^e Correction du Rhône, les connaissances sur l'hydrosédimentologie de la vallée du Rhône se résument aux cinquante dernières années et concernent essentiellement la dynamique du lit endigué (CANTON DU VALAIS, 2008). Pourtant, la connaissance de la dynamique fluviale passée est un élément indispensable à la compréhension de l'évolution récente mais aussi, et surtout, pour l'anticipation et la prévision de la dynamique fluviale future.

La nature capricieuse du Rhône suisse, au régime nivo-glaciaire, a longtemps rythmé la vie des Valaisans de l'Antiquité au XX^e siècle (RECLUS 1877; DE TORRENTÉ 1964; BENDER 1996). La succession d'événements hydroclimatiques majeurs ayant entraîné des crues et débordements a modifié la morphologie du chenal, et, plus largement, la plaine alluviale. Celle-ci a d'ailleurs gardé les traces d'anciennes formes fluviales qui ont été déconnectées du chenal actuel par métamorphose (BRAVARD 2000, 2010).

L'objectif de cet article, qui découle d'un mémoire de Master 2 (LAIGRE 2009) est double: **1)** caractériser la dynamique morpho-hydrosédimentaire du Rhône depuis la fin du Petit Age Glaciaire (vers 1860), et **2)** mettre en avant les facteurs de contrôle des métamorphoses déduites d'une analyse cartographique à haute résolution (1/25000^e). Deux secteurs (Viège-Rarogne, Sierre-Sion) sur lesquels une cartographie paléoenvironnementale a été réalisée depuis 1840 ont permis de répondre à ces objectifs. Cette cartographie, dont la légende est basée sur l'Atlas paléoenvironnemental réalisé sur le Rhône français en 2007 par l'équipe de Jean-Paul Bravard (BRAVARD & al. 2008), hiérarchise les espaces de la plaine suivant leur degré d'inondabilité. L'intérêt des résultats obtenus est de contribuer à une meilleure compréhension et à la gestion des zones inondables et des mesures à prendre en cas de crue.

LES RÉGIONS D'ÉTUDE

Les deux secteurs d'étude sont situés entre Viège et Rarogne pour le premier, et entre Sierre et Sion pour le second (S1 et S2, fig. 1).

De Viège à Rarogne, le Rhône s'écoule dans une plaine alluviale assez large (entre 900 m et 1 km), à pente faible (0,0011 m/m de moyenne), dominée par des versants abrupts constitués au nord des nappes de charriage calcaires et marneuses du domaine Helvétique et au sud

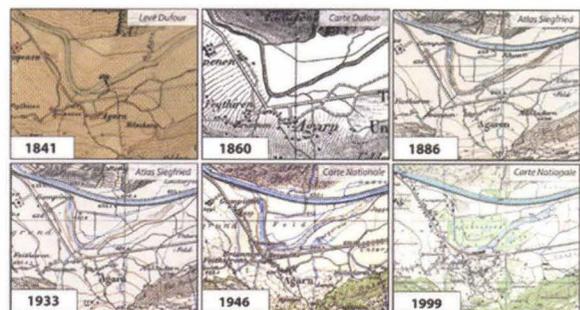
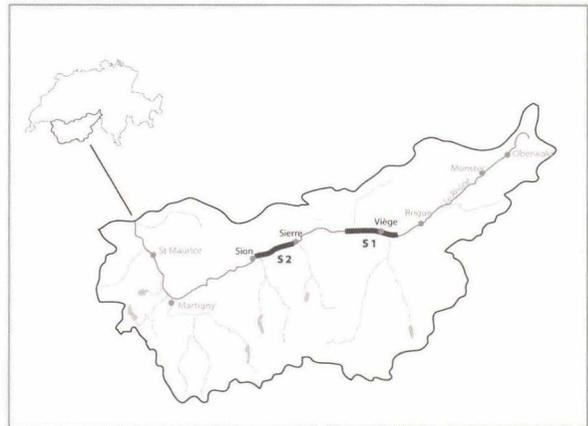


FIGURE 1 – Localisation des deux sites d'étude.

FIGURE 2 – Extraits des différents documents cartographiques utilisés pour la réalisation des cartes paléoenvironnementales.

des nappes métamorphiques et gneissiques du domaine Pennique. La confluence de la Vispa, dont le débit moyen est de 138 m³/s depuis 1965, avec le Rhône au niveau de la ville de Viège rend le fleuve plus débordant; le risque de crue est fort et la vulnérabilité y est marquée en raison notamment de la présence d'industries chimiques, dont la destruction aurait d'importantes conséquences pour l'activité économique du canton (CANTON DU VALAIS 2008).

De Sierre à Sion, le fond de vallée est plus large (1,5 km), plat et à pente faible (0,0023 m/m). Les versants dominant la plaine alluviale sont taillés dans des calcaires et des marnes au nord (Nappe de Wildhorn) et dans des dolomies et schistes marneux du domaine Pennique au sud (BURRI 1998). Aujourd'hui endigué, le fleuve s'écoule dans l'une des zones les plus urbanisées du Valais, considérée *de facto* comme prioritaire pour la 3^e correction en cours.

Dans ces deux secteurs, le style fluvial a connu des modifications importantes entre 1840 et 2001, qui ont fait l'objet d'une cartographie dont les principes d'étude et de représentation sont précisés ci-dessous.

MÉTHODOLOGIE UTILISÉE

L'analyse diachronique

La cartographie paléoenvironnementale présentée a été effectuée à partir de documents cartographiques, des cartes Dufour aux cartes nationales actuelles (fig. 2), qui ont permis de suivre finement (pas-de-temps pluri-annuel) l'évolution du style fluvial entre 1840 et 1999 (pour une description des caractéristiques de ces cartes, voir STÄUBLE & al. 2008). La date de 1860 a été retenue en raison de la crue de référence centennale – les limites des zones inondées en 1860 étaient dans la plupart des cas figurées sur les cartes – mais aussi et surtout car elle marque le début des différentes corrections qui ont fait suite aux crues majeures survenues entre 1835 et 1860. Une première période de correction du lit a été décidée et appliquée de 1863 à 1894, une deuxième de 1930 à 1960,

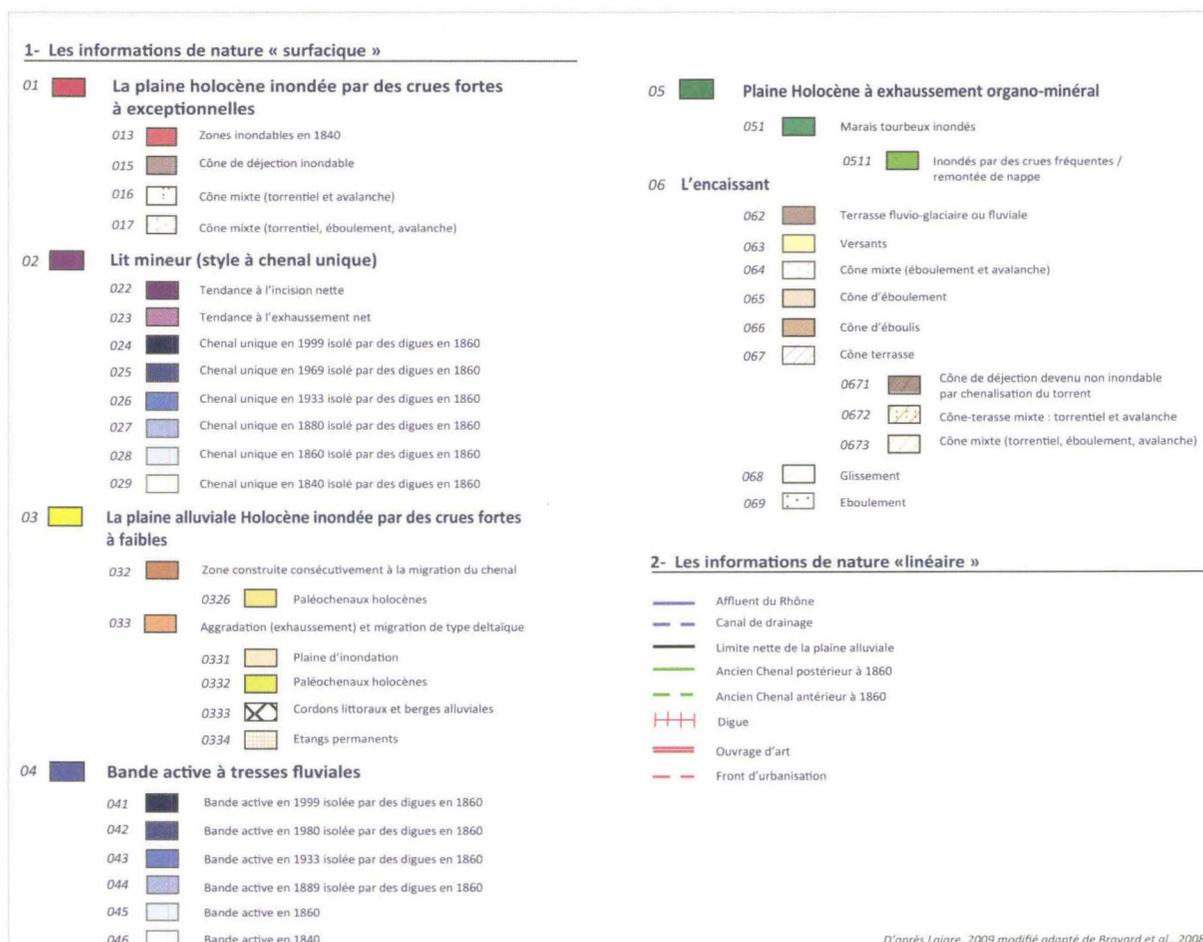
et la dernière, qui a débuté en 2000, doit se prolonger jusque vers 2030 (CANTON DU VALAIS 2008).

Pour le secteur de Sierre à Sion, six dates d'édition de cartes à intervalle de temps relativement régulier (20 à 30 ans) ont été comparées: 1841, 1860, 1890, 1933, 1969, 1999. Celles-ci correspondent aux dates-clés de l'application des mesures de correction du Rhône engagées à partir de 1860. Pour celui de Viège à Rarogne, seules cinq dates ont été comparées, l'édition de 1969 n'étant pas disponible.

La légende de l'atlas paléoenvironnemental

Les cartes réalisées sont basées sur la légende de l'Atlas paléoenvironnemental établi en 2007 par l'équipe de Jean-Paul Bravard sur l'ensemble du Rhône français (BRAVARD & al. 2007). Cette légende hiérarchise les zones inondables de la plaine alluviale, des zones inondées seulement lors de crues majeures (récurrence centennale) à celles qui sont les plus fréquemment touchées. Une description détaillée de cette légende a été faite par BRAVARD & al. (2008). Dans la mesure où elle a été complétée afin

FIGURE 3 – La légende totale utilisée pour la cartographie paléoenvironnementale du Rhône suisse.



d'être représentative du milieu montagnard, nous ferons ici une brève présentation de sa structure en ne détaillant que les unités cartographiées sur les deux sites présentés. Elle est divisée en 6 unités majeures, composées de 29 sous-unités et 9 unités de rang inférieur emboîtées dans quatre des sous-unités, soit au total 42 unités élémentaires portant chacune un code (fig. 3). Certaines sous-unités ont été ajoutées afin d'établir une hiérarchisation des cônes alluviaux, qu'il est indispensable de prendre en compte en milieu montagnard. A l'inverse, d'autres ont été supprimées comme les basses terrasses, absentes en Valais.

La plaine holocène inondée par des crues fortes à exceptionnelles (01) rassemble les unités spatiales relativement à l'abri des crues faibles, voire protégées au fil des siècles par des aménagements humains ou une modification de la morphogenèse de ces formes. On trouve dans cette catégorie «*les zones inondées en 1860*» (013).

Le lit mineur (style à chenal unique; 02): deux des trois tendances d'évolution du profil en long à moyen ou long termes identifiées par BRAVARD & al. (2008) ont été retenues. La première correspond aux secteurs où «*la tendance est à l'incision nette*» (022), c'est-à-dire que la hauteur du niveau de base (ou fond du lit) diminue, entraînant une réduction de la hauteur et de l'extension des débordements. La seconde correspond aux lits dont «*la tendance est à l'exhaussement net*» (023). Cette tendance favorise l'augmentation de la hauteur et l'extension spatiale des inondations.

La plaine alluviale holocène inondée par des crues fortes à faibles (03) est localisée en bordure d'un lit mineur unique ou en arrière d'une bande de tressage active. La plaine alluviale est ici une «*zone construite consécutivement à la migration du chenal*» (032): ces unités ont été isolées par migration du chenal et par le dépôt de la charge de fond dans la convexité de la sinuosité. En raison de l'absence de datation précise, les anciens chenaux identifiés ont été cartographiés comme «*paléochenaux holocènes*» (0326).

La bande active à tresses fluviales (04) correspond à un style à chenaux multiples, à bancs de galets, de graviers ou de sables mobiles et/ou îles stabilisées (boisées). Quelquefois, elle inclut des îles stabilisées mais nous sommes à ce moment-là en limite du style en tresses. La bande active de tressage peut occuper une largeur de 1 à 2,5 km dans les zones d'apports importants. Elle est entièrement inondable pour des débits de crue faibles. Celle-ci ayant morphologiquement varié au fil du temps, différentes sous-unités ont été établies pour la représenter :

«*la bande active en 1840*» (046) identifiée à partir des levés Dufour et correspondant à la bande active à chenaux mobiles et bancs de galets, remobilisés pour les hautes eaux; «*la bande active en 1860*» (045) délimitée à partir des cartes Dufour; «*la bande active en 1889 isolée par des digues à partir de 1860*» (044) «*la bande active en 1933 isolée par des digues à partir de 1860*» (043); «*la bande active en 1980 isolée par des digues à partir de 1860*» (042); «*la bande active en 1999 isolée par des digues à partir de 1860*» (041), dans le cas où elle existe encore en 1999.

La plaine holocène à exhaussement organo-minéral (type arrière-marais fluvial; 05) est représentée par les unités caractérisant un exhaussement du lit qui traduit la présence d'une nappe phréatique haute et de conditions d'hydromorphie favorisant la conservation de la tourbe. On les rencontre essentiellement dans les «*marais tourbeux inondés*» (051), qui sont localisés sur les marges de la plaine. Ces derniers sont alimentés en eau par des débordements privés de leur charge en suspension et par des remontées phréatiques (BRAVARD & al. 2008). Une seule situation a été identifiée en Valais, le cas des «*marais inondés par des crues fréquentes et par remontée de nappe*» (0511).

L'encaissant rassemble les formes et unités non-inondables. Ont été représentées «*les terrasses fluvio-glaciaires ou fluviales*» (062) mises en place au débouché des vallées latérales avant la déglaciation de la vallée. Les «*versants*» (063) correspondent aux ruptures de pente identifiées sur les cartes topographiques. L'essentiel des formes issues de la dynamique de versant spécifique au milieu montagnard a été intégré dans la légende générale, mais sur les exemples présentés, seuls les «*cônes-terrasses*» ont été identifiés (067). Ce sont d'anciens cônes de déjection devenus non inondables, par «*chenalisation du torrent*» (0671) et/ou par diminution du niveau de base du chenal rhodanien. Enfin, «*les glissements de terrain*» (068) et «*les éboulements*» (069) ont également été figurés.

Cette légende rassemble également des éléments de nature linéaire. La limite de la plaine alluviale, correspondant au recoupement de la limite des alluvions modernes de la carte géologique et des ruptures de pentes identifiées sur les cartes topographiques. Les affluents actuels du Rhône ont été représentés ainsi que tous les réseaux de canaux de drainage pour chacune des années étudiées, les anciens chenaux antérieurs à 1860, les limites spatiales des digues et les ouvrages d'art tels que les ponts. Les fronts d'urbanisation ont également été reportés afin de prendre en compte l'évolution du tissu urbain dans la plaine.

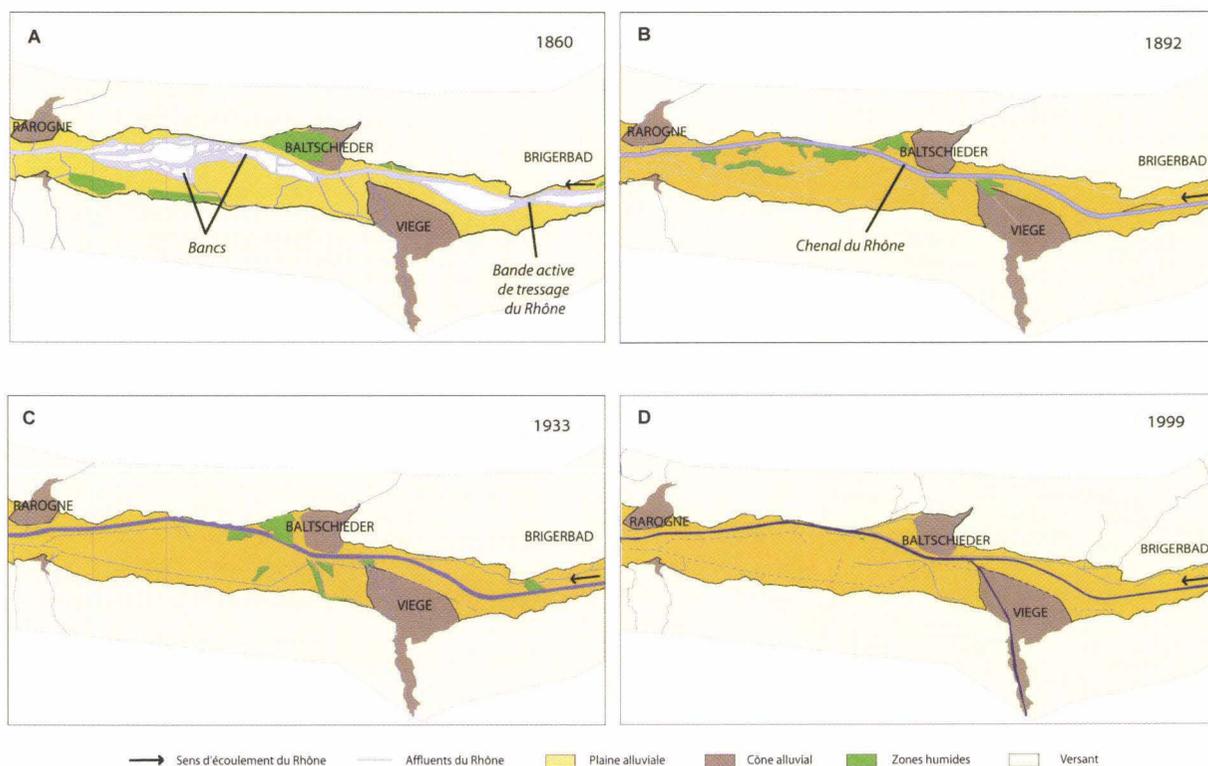


FIGURE 4 – Evolution morphologique du chenal et dynamique paysagère de la plaine alluviale du Rhône entre Viège et Rarogne entre 1860 et 1999.

Enfin, les différentes bandes actives de tressage, les bancs, les zones humides et le réseau hydrographique ont été cartographiés pour chaque période étudiée. Un traitement statistique des caractéristiques de chaque forme a permis d'évaluer des rythmes d'évolution et de transformations morphologiques de la plaine.

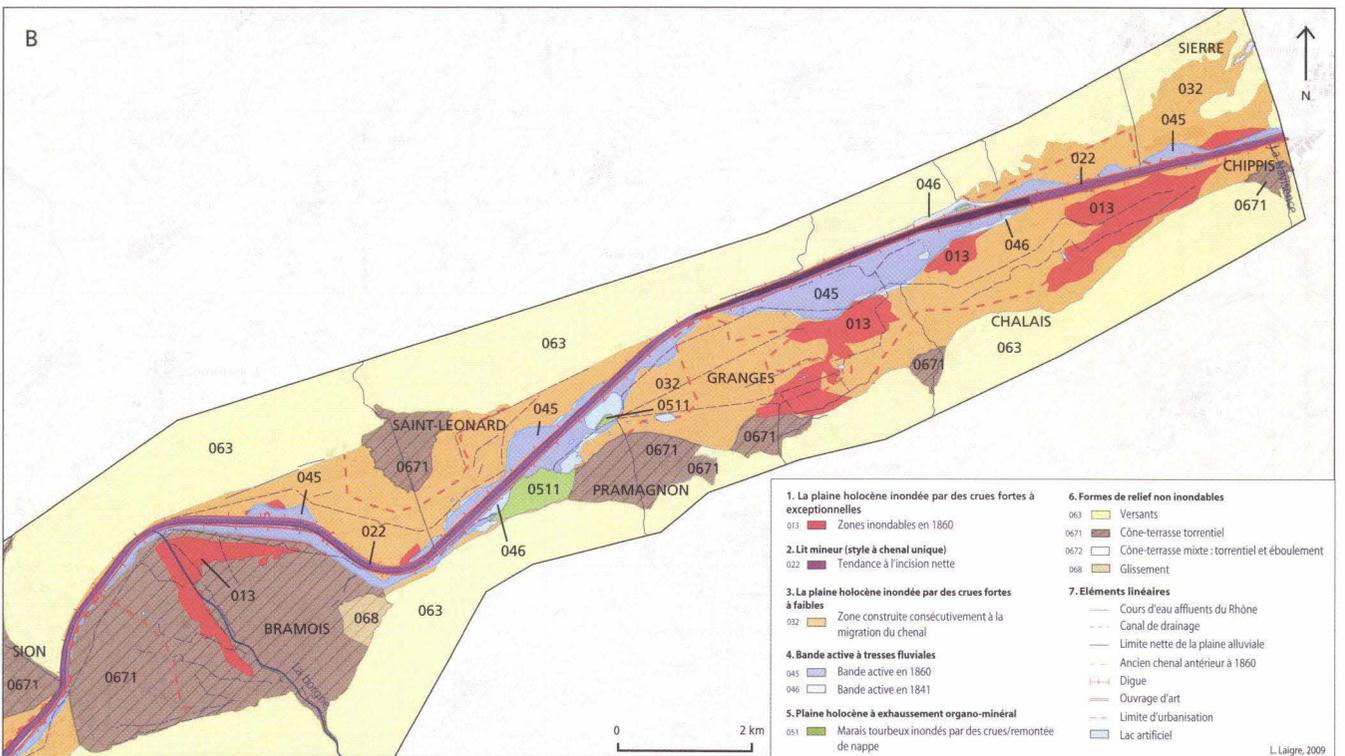
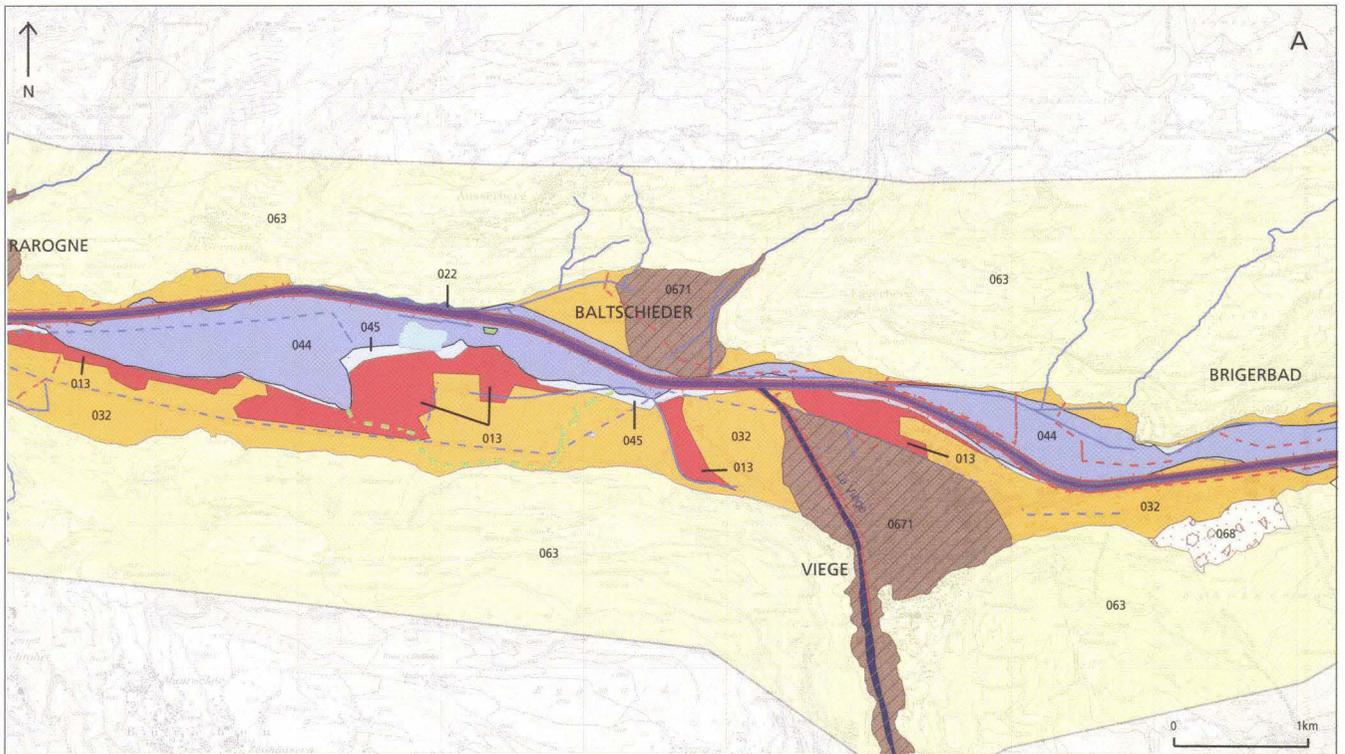
RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

De Viège à Rarogne : un ancien secteur majeur de tressage

En 1841, de vastes zones de tressage sont repérables en amont et en aval de la ville de Viège. La bande active identifiée en 1841 s'étendait sur 700 m de largeur et sur près de 4,5 km de longueur (fig. 4A). Un total de 25 îles et bancs en 1841 a été identifié et leur superficie moyenne était proche de 6,2 ha. L'existence de ces zones de tressage est due aux apports majeurs de la Vispa au niveau de la ville de Viège, qui modifient le comportement des eaux du Rhône et le transport sédimentaire à l'aval de la ville (CANTON DU VALAIS, 2008). A titre d'exemple, le débit moyen annuel actuel du fleuve à

Brigue est de 42 m³/s alors que celui de la Vispa à Viège est de 118 m³/s depuis 1965. Il était plus élevé encore avant la construction du barrage de Mattmark en 1965 (débit moyen de 187 m³/s entre 1922 et 1965; MEYLAN & al. 2008). Au XIX^e siècle et avant, la Viège déversait dans le Rhône ses eaux chargées en sédiments lors de la fonte saisonnière de 70 glaciers en altitude. La fourniture sédimentaire au niveau de la confluence était telle que la compétence du fleuve était trop faible, d'où le dépôt des particules transportées et la formation de ces vastes surfaces de tressage à l'aval de la confluence. Par ailleurs, ces apports latéraux majeurs ont probablement bloqué le transit sédimentaire classique en amont de la confluence et favorisé le dépôt et la formation de bancs. L'analyse des plans Napoléon datant de 1802 (LECHEVALIER 2005) a révélé la présence de bancs végétalisés évoluant vers des îles. La stabilité du système était donc déjà avérée en 1802. Le phénomène de diminution des apports constaté sur l'ensemble des cours d'eau européens à la fin du Petit Age Glaciaire (BALLANTYNE & WHITTINGTON 1999; GROVE 2001; MAGNY & BRAVARD 2002; ARNAUD-FASSETTA 2003) était alors déjà amorcé sur le Rhône alpestre vers 1800.

Entre 1841 et 1998, l'évolution du style fluvial est marquée par la disparition du tressage. En 1860, 21 îles et bancs seulement ont pu être dénombrés sur l'ensemble du secteur, et bien qu'ils aient gardé des formes similaires, leur surface moyenne a diminué légèrement,



FIGURES 5A ET 5B – Cartographie paléoenvironnementale de Viège à Rarogne et de Sierre à Sion.

passant de 6,2 ha à 6 ha. En 1892, la chenalisation effectuée au cours de la première correction du fleuve a contribué à la mise en place d'un chenal unique rectiligne (VISCHER, 2003) et a donc entraîné la disparition des secteurs de tressage et des bancs dans un contexte de réduction des apports sédimentaires latéraux due à l'endiguement du Rhône. Entre 1892 et 1998, le chenal fluvial connaît une réduction de sa largeur moyenne (de 60 à 45 m) à l'aval de la ville de Viège due à la mise en place de la 2^e correction du Rhône. Le but était de limiter l'exhaussement du lit en augmentant la vitesse du flux et ainsi remanier la charge de fond en excès. Le facteur explicatif de la métamorphose fluviale observée dans ce secteur est exclusivement humain. L'Homme, par les mesures de correction du fleuve, a non seulement contribué à faire disparaître la bande active de tressage de 1841 mais a également modifié la dynamique paysagère en favorisant la disparition des grandes zones de marais dans lesquelles se trouve aujourd'hui la zone industrielle de la ville de Viège.

L'occupation du sol dans la plaine alluviale a elle-aussi évolué en fonction du style fluvial (BENDER 1996; STÄUBLE & REYNARD 2005). En 1841, les surfaces de zones humides, situées principalement en amont et à l'aval de la confluence avec la Vispa occupaient près de 190 ha sur l'ensemble du secteur. Dans l'ensemble de la plaine, les zones humides représentaient 1971 ha en 1850, soit 8,2 % de la surface totale de la plaine alluviale (ZANINI & al. 2007). Dans un premier temps, la construction des digues a favorisé le maintien voire l'accroissement de ces zones humides. Les eaux des nombreux affluents mineurs du Rhône ont été contraintes de stagner à l'arrière des digues, sans aucune possibilité de rejoindre le lit du fleuve (fig. 4B). Dès les années 1890, la volonté d'assécher la plaine a conduit au creusement de canaux de drainage suivant une planification systématique à l'échelle de la plaine (BENDER 2004; PASCHE 2004; STÄUBLE & REYNARD, 2007). Dans le secteur étudié, les cartes montrent l'apparition des canaux en rive gauche du fleuve dès 1892. Au final, on observe une diminution progressive des surfaces humides qui ne représentent plus que 85 ha soit -55 % en 1892, 55 ha soit -71 % en 1934, 0,34 ha soit -99,8 % en 1998. Ces résultats confirment la tendance esquissée à l'échelle de la plaine valaisanne par ZANINI & al. (2007).

De Sierre à Sion : d'anciens secteurs de tressage dans une plaine aujourd'hui très urbanisée

Situé à l'aval de l'important cône de l'Illgraben, ce secteur est caractérisé par un élargissement de la plaine alluviale, qui atteint 1,5 km de large à Sion. Plusieurs cônes de déjection limitent l'expansion latérale du Rhône dans la plaine (fig. 5B). Ces cônes sont le témoin de l'importante activité torrentielle passée des principaux affluents de rive gauche que sont la Navisence et la Borgne. Les cours d'eau à régime torrentiel responsables de leur mise en place ont contribué à forcer la sinuosité du fleuve encore observable aujourd'hui, malgré la chenalisation.

Ici, le style fluvial s'est également modifié. En 1841, trois secteurs de tressage (ST) ont été identifiés de Sierre à Sion (fig. 5). Le premier, **ST1**, est situé à l'aval immédiat de Sierre et s'étend jusqu'à Granges, sur près de 6 km de long, et 620 m de largeur, soit près de la moitié de la largeur de la plaine. Le second, **ST2**, est situé entre Granges et le cône de Bramois et s'étend sur 4 km de longueur. Enfin, le dernier, **ST3**, est localisé au niveau du cône de Bramois, en rive droite. En 1841, le premier complexe compte 26 bancs qui sont de formes variées, et dont la superficie moyenne est de 3 ha (min. 1,8 ha; max. 23 ha). Les plus grandes accumulations sédimentaires dans le chenal sont des îles puisque les plans Napoléon du secteur datant de 1802 montrent ici aussi qu'elles sont végétalisées. Le second complexe présente les mêmes caractéristiques que le précédent. ST3 compte des surfaces moyennes de bancs plus importantes, d'environ 4,3 ha. Une recherche de corrélation entre différents facteurs de mise en place (la pente en particulier) a été effectuée pour chacun des complexes étudiés (LAIGRE 2009). Cependant, aucune relation directe n'a pu être montrée. En effet, le secteur **ST1** a une pente moyenne de 0,003 m/m et un nombre de bancs important. La pente est plus faible dans le cas de **ST2**, alors qu'il présente les mêmes caractéristiques que ST1. Le secteur **ST3** a quasiment la même pente que ST2 mais les surfaces moyennes sont 2 à 2,5 fois plus importantes que dans les secteurs ST1 et ST2. AMOROS & PETTS (1993) ainsi que BRAVARD & PETIT (1997) mettent en avant le fait que le facteur déterminant la mise en place du tressage est la puissance spécifique ω du cours d'eau ($\omega = pgQS/w$; qui dépend de la masse volumique (p), de la largeur du chenal (w), de la pente longitudinale (S), et du débit (Q). Plus la puissance spécifique est faible, plus la charge aura tendance à se déposer pour former des bancs. Dans le cas de **ST1**, la pente diminue par rapport à l'amont (cône de l'Illgraben), la masse volumique et le débit également (car la charge la plus grossière s'est déposée à l'amont), et la largeur du chenal diminue. La puissance spécifique

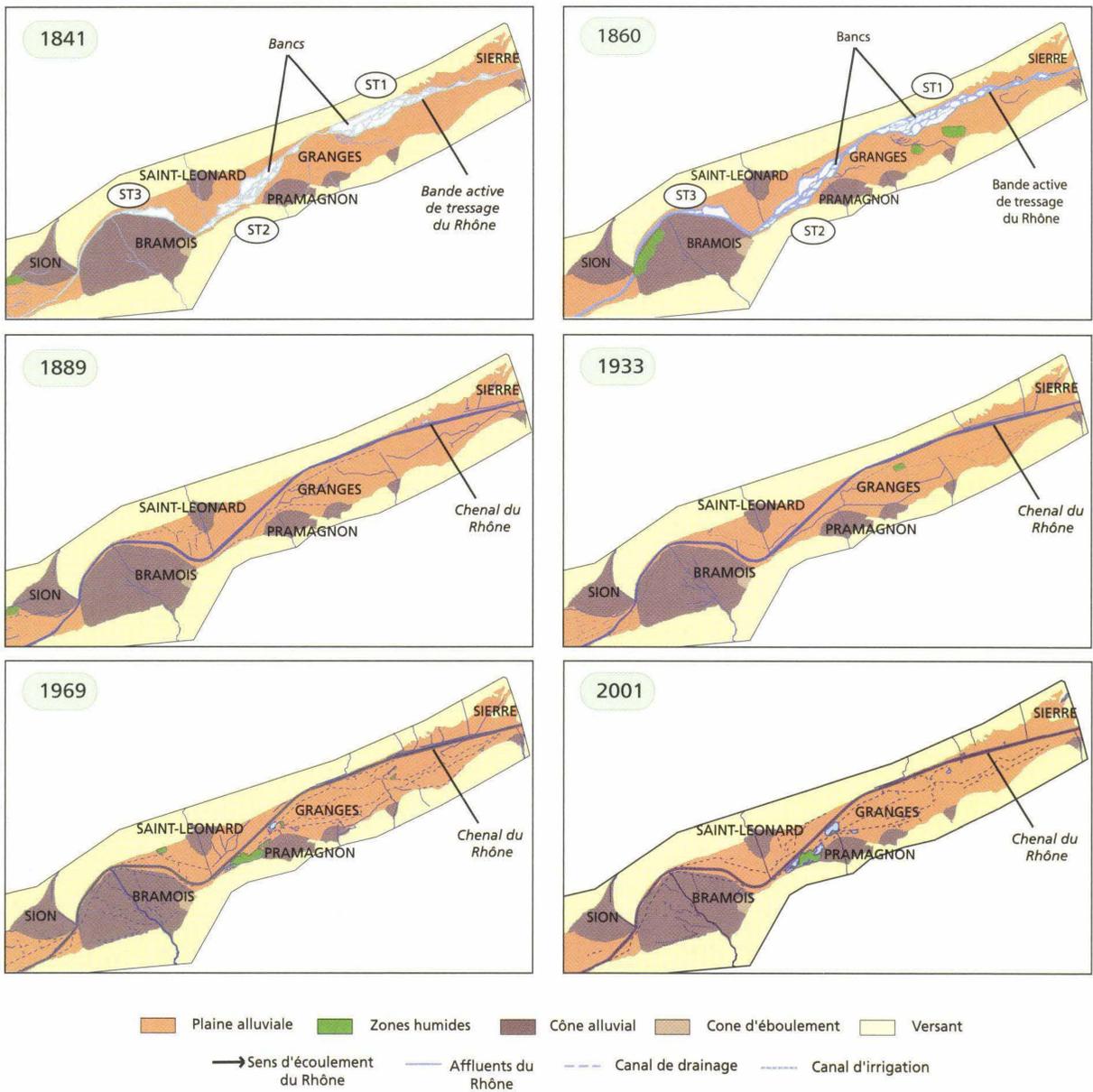


FIGURE 6 – Evolution morphologique du chenal et dynamique paysagère de la plaine alluviale du Rhône entre 1841 et 2001.

est donc faible et les apports fournis par la Navisence vont favoriser la mise en place d'une zone de tressage à l'aval de Sierre. Plus à l'aval, la pente diminue encore pour atteindre 0,0013 m/m. Les apports de la Derotchia ont contribué à former le cône de Pramagnon et ont également favorisé la mise en place de ST2. Enfin, ST3 a été mis en place en raison de l'activité torrentielle passée de la Borgne, du reste attestée par la présence de profondes gorges en amont d'un vaste et épais cône alluvial.

A partir des années 1860, l'endiguement du chenal dans ce secteur contraint le Rhône à adopter un style subrectiligne bien qu'il garde les quelques légères sinuosités qu'il avait naturellement, forcées notamment par la présence des cônes. Entre 1933 et 1998-2001, la largeur du chenal a été réduite, passant en moyenne de 75 à 50 m. La tendance évolutive récente du niveau de base dans ce secteur montre une dichotomie importante entre les tronçons. Certaines portions du lit subissent une incision (jusqu'à 1 m) en aval de Sierre, et ce, sur trois kilomètres, un exhaussement sur les quatre kilomètres suivants et un nouveau secteur en incision jusqu'à Sion (fig. 5B). Cet abaissement du niveau de base s'explique par les extractions de granulats réalisées directement dans le lit du Rhône.

Bien que les quantités prélevées aient été réduites ces dernières années, la tendance à l'incision est toujours observée (CANTON DU VALAIS 2008).

Ici aussi, le paysage a évolué en fonction du style fluvial et de la morphologie du chenal mais il a connu une évolution différente du secteur de Viège à Rarogne. En 1841 et en 1861, aucune zone humide n'est identifiée en périphérie des zones de tressage de Sierre à Sion. C'est seulement à partir de 1933 qu'elles apparaissent (**fig. 6**). Des lacs permanents se forment également en périphérie. Ces zones humides ont été formées et se sont développées suite aux extractions de granulats effectuées à partir des années 1960, réalisées dans les anciens lits du Rhône car très riches en charge grossière naturellement déposée. L'arrêt de l'extraction a entraîné la mise en place de lacs due à la remontée de la nappe alluviale, et de zones marécageuses. Celles-ci occupent aujourd'hui plusieurs cuvettes coalescentes aux formes variées dans lesquelles une végétation typique de marais s'est mise en place (roseaux, etc.; PRAZ 1993, STÄUBLE & REYNARD 2007).

Le facteur expliquant l'évolution du système fluvial et de la dynamique paysagère entre Sierre et Sion est donc là encore l'action humaine. Pour la gestion des eaux tumultueuses du Rhône sous l'influence des apports torrentiels latéraux, l'Homme a réduit la largeur de la bande active, déconnecté le chenal de la plaine d'inondation et des apports de versant et totalement modifié l'occupation du sol dans la plaine alluviale à l'échelle d'un siècle. S'il elle a permis d'assécher de larges zones humides et de valoriser des espaces autrefois inondés par les eaux toute l'année, la mise en place de canaux de drainage a aussi provoqué une réduction du nombre d'espèces végétales naturelles (REY 2008).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La cartographie paléoenvironnementale du Rhône a permis de caractériser la métamorphose fluviale observée depuis la fin du Petit Age Glaciaire et de montrer que les actions anthropiques entreprises dans la plaine alluviale (rectification, chenalisation, drainage), dans un contexte de réduction des apports solides et liquides liés à la fin du Petit Age Glaciaire, sont à l'origine du phénomène. En 1841, de nombreux tronçons fluviaux présentaient un style en tresses, avec parfois une large bande active qui occupait la majeure partie du fond de vallée. Aux marges de ces bandes actives, d'importantes zones marécageuses étaient temporairement ou régulièrement inondées. Les débordements catastrophiques du Rhône jusqu'en 1860 ont été à l'origine des premières mesures d'endiguement du fleuve. Certes, ces dernières ont contraint le fleuve à simplifier son style fluvial (adoption d'un tracé beaucoup plus subrectiligne) mais elles ont aussi et surtout imprégné

le sentiment d'une fausse sécurité aux habitants. Les mesures d'endiguement ont également favorisé une modification paysagère de la plaine alluviale et contribué, par déconnexion des affluents du Rhône, à augmenter la surface des zones humides déjà recensées avant la première correction. Les nombreux canaux de drainage mis en place pour assécher la plaine dès la fin de la première correction ont par la suite contribué à réduire considérablement la surface des marais et favorisé la valorisation des terres pour l'agriculture et l'arboriculture, notamment dans la plaine de Sion.

Une synthèse comparant la dynamique fluviale du Rhône suisse (cette étude) avec plusieurs cours d'eau alpins et quelques grands fleuves européens depuis la fin du Petit Age Glaciaire a montré la synchronicité des métamorphoses (**tab. 1**). La disparition du tressage est observée à partir du milieu du XIX^e siècle sur l'ensemble des cours d'eau étudiés excepté sur la Durance et l'un de ses affluents, le Buëch (GAUTIER 1992; MIRAMONT & al. 1998). Les principaux facteurs de contrôle des métamorphoses (en souligné *in* **tab. 1**) sont climato-anthropiques. L'endiguement pour la gestion des crues et/ou pour la navigation est l'une des causes majeures de réduction de la largeur des bandes actives du XIX^e siècle. Dans le cas du bas-Rhône, c'est une réduction de la fréquence et de l'intensité des crues qui, associée à l'intervention humaine, a été retenue (ARNAUD-FASSETTA 2003). L'ensemble de ces cours d'eau connaît actuellement une incision du lit mineur qui peut être importante, de plusieurs centimètres à 12 m, comme c'est le cas pour l'Arve (PEIRY 1986). Les dates d'observation du processus d'incision varient entre 1930 et 1991 suivant l'avancée des politiques de développement de l'énergie hydraulique et la croissance des exploitations des granulats en fonction des régions et pays étudiés (BRAVARD & al. 1999).

Au final, ce travail de synthèse cartographique de la dynamique fluviale rhodanienne présente un intérêt majeur pour l'amélioration des connaissances sur l'ensemble de la plaine du Rhône puisqu'il fournit une importante documentation pour l'identification et l'origine des métamorphoses fluviales survenues à la fin du Petit Age Glaciaire. Cependant, les périodes plus anciennes, notamment celle du Moyen Age, restent très peu documentées en ce qui concerne la dynamique rhodanienne en Suisse. Ces importantes lacunes scientifiques ouvrent donc la voie à des recherches plus approfondies sur le long terme qui sont menées actuellement dans le cadre d'une thèse de doctorat (LAIGRE, en cours). Les résultats attendus seront d'une importance majeure pour la connaissance de la vallée mais également pour la compréhension de l'histoire des populations qui ont peuplé cet espace en interagissant avec leur environnement et en y laissant leur empreinte.



TABLEAU 1 – Comparaison des facteurs de métamorphose fluviale sur quelques cours d'eau alpins et européens depuis la fin du Petit Age G

Cours d'eau	Auteur	Style fluvial au début du XIX ^e	Date de modification	Style fluvial	Principaux facteurs après métamorphose
Rhône suisse	STÄUBLE & RAYNARD (2005), LAIGRE (2009)	Tressage discontinu et méandrage	1860-1933	Chenal unique rectiligne	Anthropique: endiguement pour la protection contre les crues, reforestation début XIX ^e , drainage, construction de barrages, travaux d'ingénierie; Climatique: Réduction de la fréquence et de l'intensité des crues à partir de la 2e moitié du XIX ^e
Haut-Rhône	BRAVARD (1986 et 2009)	Tressage discontinu	1840-1930	Chenal unique rectiligne	Anthropique: endiguement pour la navigation, construction de barrages, travaux d'ingénierie
Delta du Rhône	ARNAUD-FASSETTA (2003)	Tressage deltaïque	A partir de 1860	Deux bras	Climatique : Réduction de la fréquence et de l'intensité des crues à partir de la 2e moitié du XIX ^e ; Anthropique: endiguement pour la navigation, reforestation au début du XIX ^e , irrigation et drainage, construction de barrages, travaux d'ingénierie
Giffre-Arve	PEIRY (1986)	Tressage	Milieu du XIX ^e	Tressage dans une bande active réduite	Anthropique: endiguement pour protection contre les crues, construction de barrages, exploitation de granulats; Climatique: augmentation des précipitations entre 1944-1973 autour du Mont Blanc (Bozonnet 1981)
Durance	MIRAMONT & GUILBERT (1997)	Tressage	Dès la fin du XIX ^e	Pas de réelle métamorphose mais une diminution de la superficie des bancs, une contraction du chenal et l'expansion de la végétation dans les lits.	Climatique: Réduction de la fréquence et de l'intensité des crues à partir de la 2e moitié du XIX ^e ; Anthropique: Reforestation, travaux de correction des torrents depuis 1860-1880
Buech	GAUTIER (1994)	Tressage	Milieu du XX ^e	Pas de réelle métamorphose mais une diminution de la superficie des bancs, une contraction du chenal et l'expansion de la végétation dans les lits.	Anthropique: Exploitation de granulats ; Climatique: Réduction de la fréquence et de l'intensité des crues à partir de la 2e moitié du XIX ^e ;
La Loire	CASTANET (2008), GARCIN <i>et al.</i> (2006)	Tressage et méandrage	Milieu du XIX ^e	Chenal unique sinueux à méandriforme	Anthropique: endiguement, construction de barrages, travaux d'ingénierie
Danube	HOHENNSINNER <i>et al.</i> (2004)	Tressage et méandrage	1859	Chenal unique sinueux à méandriforme jusqu'en 1991 Chenal unique rectiligne à partir de 1991	Anthropique: endiguement pour la navigation Anthropique: construction de barrages

REMERCIEMENTS

Nos plus vifs remerciements vont à la Fondation D'Ignace Mariétan pour avoir participé au financement de cette étude. Nous remercions également Alexandre Vogel (hydrogéologue pour le projet de 3^e Correction du Rhône au Canton du Valais) pour les précieuses données hydrauliques qu'il nous a fournies.

BIBLIOGRAPHIE

ARNAUD-FASSETTA, G. 2003. River channel changes in the Rhône delta (France) since the end of the Little Ice Age: geomorphological adjustment to hydroclimatic change and natural resource management. *Catena* 51: 141-172.

AMOROS, C. & G.-A. PETTS 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris, Masson.

BALLANTYNE, C. K. & G. WHITTINGTON 1999. Late Holocene floodplain incision and alluvial fan formation in the central Grampian Highlands Scotland: chronology, environment and implications. *Journal of Quaternary Science* 14: 641-671.

BENDER, G. 1996. *De la Camargue à la Californie. La plaine, le Rhône et les riverains. Enjeux, débats et réalisations dans la région de Martigny (1750-1860)*. Université de Genève, Mémoire d'études supérieures en Histoire économique et sociale.

BENDER, G. 2004. Corriger le Rhône et les valaisans: trois siècles de travaux et de débats. *Revue de Géographie Alpine* 3: 51-70.

BRAVARD, J.-P. 1986. *Le Rhône, du Léman à Lyon*. Lyon, La Manufacture.

— 2000. La métamorphose des rivières des Alpes françaises à la fin du Moyen Âge et à l'époque moderne. *Bulletin de la Société Géographique de Liège* 25: 145-157.

— 2010. Discontinuities in braided patterns: The River Rhone from Geneva to the Camargue delta before river training. *Geomorphology* 117(3-4): 219-233.

BRAVARD, J.-P. & F. PETIT 1997. *Les cours d'eau: dynamique du système fluvial*. Paris, Armand Colin.

BRAVARD, J.-P., M. PROVANSAL, G. ARNAUD-FASSETTA, S. CHABBERT, P. GAYDOU, S. DUFOUR, R. RICHARD, S. VALLETEAU, G. MELUN & P. PASSY 2008. Un Atlas du paléoenvironnement de la plaine alluviale du Rhône de la frontière suisse à la mer. *Collection EDYTEM. Cahiers de Géographie*, 6: 99-111.

BRAVARD, J.-P., S. CHABBERT, P. GAYDOU, C. COMBE, M. PROVANSAL, S. DUFOUR, F. RICHARD, S. VALLETEAU, G. ARNAUD-FASSETTA, G. MELUN, P. PASSY, J.-F. BERGER, J.-L. BROCHIER, O. FRANC, B. GAUTHIEZ, H. BRUNETON & J. VOLCOT 2007. *Cartographie du paléoenvironnement de la plaine alluviale du Rhône de la frontière suisse à la mer*. Rapport d'études réalisé pour le compte de la DIREN Rhône-Alpes, Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée, 62 p. + cartes.

BURRI, M. 1998. Géologie récente de Finges et de ses environs (VS). *Bull. de La Murithienne* 115/1997: 5-27.

CANTON DU VALAIS (2008). *Rapport de synthèse du plan d'aménagement de la troisième correction du Rhône*. Sion, Département des transports, de l'équipement et de l'environnement, Service des routes et des cours d'eau.

CASTANET, C. (2008). *La Loire en val d'Orléans. Dynamiques fluviales et socio-environnementales durant les derniers 30000 ans: de l'hydrosystème à l'anthroposystème*. Thèse de Doctorat, Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne.

GARCIN, M., N. CARCAUD, E. GAUTIER, J. BURNOUF, C. CASTANET & N. FOUILLET 2006. Impact des héritages sur un hydrosystème: l'exemple des levées en Loire moyenne et océanique. In Allée Ph., Lespez L. (eds) *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement*, Clermont-Ferrand, Presse Universitaire Blaise Pascal: 223-236.

GAUTIER, E. 1994. Interférence des facteurs anthropiques et naturels dans le processus d'incision sur une rivière alpine. L'exemple du Buëch. *Revue de Géographie de Lyon* 69(1): 57-62.

GROVE, A.T. 2001. The «Little Ice Age» and its geomorphological consequences in Mediterranean Europe. *Climatic Change* 48 (1): 121-136.

HOHENSINNER, S., H. HABERSACK, M. JUNGWIRTH & G. ZAUNER 2004. Reconstitution of the characteristics of natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: the Danube River (1812-1991). *River Research and Applications* 20(1): 25-41.

LECHEVALIER, M. 2005. La mission des ingénieurs géographes français en Valais en 1802. *Vallesia* 60: 400-411.

LAIGRE, L. 2009. *Etude diachronique de la dynamique fluviale du Rhône Suisse depuis la fin du Petit Age Glaciaire – Cartographie paléoenvironnementale sectorielle de la source au Lac Léman*. Mémoire de Master, Université Paris 12 – Val-de-Marne et Université de Lausanne.

MAGNY, M. & J.-P. BRAVARD 2002. *Les fleuves ont une histoire. Paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*. Paris, Errance.

MEYLAN, P., A.-C. FAVRE & A. MUSY 2008. *Hydrologie fréquentielle – Une science prédictive*. Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

MIRAMONT, C. & X. GUILBERT 1997. Variations historiques de la fréquence des crues et de la morphogénèse fluviale en Moyenne Durance. *Géomorphologie: relief, processus et environnement* 4: 325-338.

MIRAMONT, C., M. JORDA & G. PICHARD 1998. Evolution historique de la morphogénèse et de la dynamique fluviale d'une rivière méditerranéenne: l'exemple de la Moyenne Durance (France du sud-est). *Géographie physique et Quaternaire* 52 (3): 1-13.

PASCHE, L. 2004. Travaux de correction des cours d'eau en Valais et dans la région de Conthey (1860-1900). *Vallesia* 59: 225-246.

PEIRY, J.-L. 1986. Dynamique fluviale historique et contemporaine du confluent Giffre-Arve (Haute-Savoie). *Revue de Géographie de Lyon* 61(1): 79-86.

PICHARD, G. 1995. Les crues sur le bas-Rhône de 1500 à nos jours. Pour une histoire hydro-climatique. *Méditerranée* 82(3/4): 105-116.

PRAZ, J.-C. 1993. *Pouta-Fontana, marais de plaine*. Sion, Edition des Musées cantonaux du Valais.

RECLUS, E. 1877. *La nouvelle Géographie Universelle*. Paris.

REY, CH. 2008. Marais du Valais central: appauvrissement de la flore palustre au cours des 150 dernières années. *Bull. de La Murithienne* 125/2007: 11-27.

SCHOENEICH, P., C. DORTHE-MONACHON, S. JAILLET & S. BALLANDRAS 1998. Le retrait glaciaire dans les vallées des Préalpes et des Alpes au Tardiglaciaire. *Bulletin d'études préhistoriques et archéologiques alpines* 9: 23-37.

STÄUBLE, S. & E. REYNARD 2005. Evolution du paysage de la plaine du Rhône dans la région de Conthey depuis 1850. *Vallesia* 60: 433-456.

STÄUBLE, S. & E. REYNARD 2007. *Le Haut-Rhône et son bassin versant montagneux: pour une gestion intégrée des territoires frontaliers. Aménagement des cours d'eau et développement des sociétés. Une approche cartographique*. Université de Lausanne, Institut de géographie, Rapport Interreg IIIA.

dynamique actuelle
métamorphose

incision depuis 1930

incision depuis 1960

incision depuis 1895
dans l'un des bras,
à partir du XX^e
sur l'autre

incision depuis 1950

incision depuis
début du XX^e

incision depuis 1970

incision depuis 1950

incision depuis 1991



TORRENTÉ, C. de 1964. *La correction du Rhône en amont du Lac Léman*. Berne, Service Fédéral des routes et des digues.

VISCHER, D.-L. 2003. *Histoire de la protection contre les crues en Suisse. Des origines jusqu'au 19^e siècle*. Berne, Rapport de l'Office Fédéral des Eaux et de la Géologie (OFEG), 5.

ZANINI, F., E. ZANINI, C. WEBER & R. SCHLAEPFER 2007. Analyse de la dynamique du paysage de la plaine du Rhône de 1850 à 2003 sur la base de cartes topographiques. *Bull. de La Murithienne* 124/2006: 89-98.