

## Le Rhône alpin vu sous l'angle de la géomorphologie: état des lieux

Emmanuel REYNARD, Gilles ARNAUD-FASSETTA,  
Laetitia LAIGRE, Philippe SCHOENEICH

### Introduction

Les changements du climat et l'anthropisation ont influencé l'évolution des rivières durant l'Holocène<sup>1</sup>. En raison de sa situation géographique entre l'Europe du Nord et la Mer Méditerranée, la vallée du Rhône a joué un rôle central d'axe de communication, au moins depuis l'époque romaine. Elle a de ce fait enregistré les traces des activités humaines, tant le long du fleuve que dans le bassin versant, depuis plusieurs dizaines de siècles<sup>2</sup>. La variabilité climatique et les actions anthropiques ont par ailleurs radicalement modifié la dynamique du Rhône, entraînant à plusieurs reprises des métamorphoses fluviales, à savoir des modifications durables du style fluvial (méandrage, tressage, notamment)<sup>3</sup>.

Au cours des trois dernières décennies, les chercheurs français ont étudié de manière détaillée les transformations géomorphologiques du Rhône sur son cours à l'aval du Lac Léman<sup>4</sup>. Le cours suisse du fleuve a, quant à lui, été nettement moins

- <sup>1</sup> Voir à ce sujet, notamment, les études de Geoffrey E. PETTS, Heino MÖLLER, Albert-Louis ROUX (éd.), *Historical change of large alluvial rivers: Western Europe*, Chichester, 1989; Jean-Paul BRAVARD, Geoffrey E. PETTS, «Human impacts on fluvial hydrosystems», dans Geoffrey E. PETTS, Claude AMOROS (éd.), *Fluvial hydrosystems*, London, 1996, p. 242-262; Maurice JORDA, Mireille PROVANSAL, «Impacts du climat et de l'anthropisation sur le détritisme en France du S-E (Provence et Alpes du Sud)», dans *Bulletin de la Société Géologique de France*, 197 (1996), p. 159-168; Jean-Paul BRAVARD, Hervé PIÉGAY, «L'interface Nature-Sociétés dans les hydrosystèmes fluviaux», dans *Géocarrefour*, 75 (2000), p. 273-274; Jean-Paul BRAVARD, Michel MAGNY (éd.), *Les fleuves ont une histoire. Paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*, Paris, 2002; Mauro MARCHETTI, «Environmental changes in the central Po Plain (northern Italy) due to fluvial modifications and anthropogenic activities», dans *Geomorphology*, 44 (2002), p. 361-373.
- <sup>2</sup> Pierre-Gil SALVADOR *et al.*, «Archaeological evidence for Holocene floodplain development in the Rhone valley, France», dans *Zeitschrift für Geomorphologie, N. F., Suppl.* Bd 88 (1993), p. 81-95.
- <sup>3</sup> Sur les métamorphoses fluviales, voir notamment les travaux de Jean-Paul BRAVARD, «La métamorphose des rivières des Alpes françaises à la fin du Moyen-Age et à l'époque moderne», dans *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 25 (1989), p. 145-157; Pierre-Gil SALVADOR, *Le thème de la métamorphose fluviale dans les plaines alluviales du Rhône et de l'Isère (Bassin de Malville et Ombric de Moirans, Bas-Dauphiné)*, Thèse de doctorat, Université Lyon III, 1991; Jean-Paul BRAVARD, Jean-Louis PEIRY, «La disparition du tressage fluvial dans les Alpes françaises sous l'effet de l'aménagement des cours d'eau (XIX-XX<sup>e</sup> siècle)», dans *Zeitschrift für Geomorphologie, N. F., Suppl.* Bd 88 (1993), p. 67-79.
- <sup>4</sup> Voir notamment les travaux de Jean-Paul BRAVARD, *La Chautagne. Dynamique de l'environnement d'un pays savoyard*, Lyon (Institut des Etudes rhodaniennes, Mémoires et Documents, 18), 1981; Jean-Paul BRAVARD, *Le Rhône, du Léman à Lyon*, Lyon, 1986; Peter C. KLINGEMAN, Jean-Paul BRAVARD, Yves GIULIANI, «Les impacts morphodynamiques sur un cours d'eau soumis à un aménagement hydroélectrique à dérivation: le Rhône en Chautagne», dans *Revue de Géographie de Lyon*, 69 (1994), p. 73-87; Jean-Paul BRAVARD, Agnès VÉROT-BOURRELY, Odile FRANC, «Paléodynamique du site fluvial de Lyon depuis le Tardiglaciaire», dans Jean-Paul BRAVARD, Michel PRESTREAU (éd.), *Dynamique du Paysage. Entretiens de géoarchéologie*, Lyon (Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes, 15), p. 177-201; Gilles ARNAUD-FASSETTA, «Quatre mille ans d'histoire hydrologique dans le delta du Rhône. De l'âge du Bronze au siècle du nucléaire», dans *Grafiéo*, 11 (2000), p. 1-229; Hélène BRUNETON *et al.*, «Geomorphological evidence for fluvial change during the Roman period in the lower Rhone valley (southern France)», dans *Catena*, 45 (2001), p. 287-312; Jean-Paul BRAVARD, Jean-Louis PEIRY, Pierre-Gil SALVADOR, «La diversité spatiale des enregistrements morpho-sédimentaires tardiglaciaires et holocènes dans quelques vallées du piémont des Alpes du nord

étudié, bien que sa dynamique ait été particulièrement influencée par les processus liés à la déglaciation et par les changements d'origine climatique et anthropique ayant émaillé tout le cours de l'Holocène. Ce texte vise à proposer un état des lieux des connaissances sur la dynamique géomorphologique du Rhône alpin. Il est divisé en trois parties: dans un premier temps, nous décrivons les principales connaissances sur l'évolution du Rhône depuis la dernière glaciation; la deuxième partie se concentre sur le Chablais, où l'un des auteurs – Philippe Schoeneich – a mené différentes études géomorphologiques; la troisième partie – tirée du mémoire de master 2 de Laetitia Laigre<sup>5</sup> – propose enfin une analyse paléo-environnementale du fleuve dans un secteur peu connu, la vallée de Conches.

## Le bassin versant du Rhône alpin

Le bassin versant du Rhône alpin (Fig. 1) couvre une surface de 5244 km<sup>2</sup>, du glacier du Rhône (dont les altitudes sont comprises entre 3633 et 1800 mètres) au Lac Léman (372 m). La longueur totale du fleuve est de 164 kilomètres, pour une

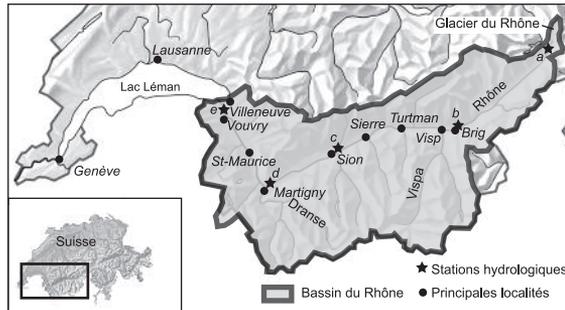


Fig. 1. Localisation du bassin versant du Rhône. Les lettres se réfèrent aux stations hydrologiques installées le long du Rhône: a = Gletsch, b = Brig, c = Sion, d = Branson, e = Porte du Scex.

englacées au Würm (Arve, Haut-Rhône, Isère)», dans BRAVARD, MAGNY (éd.), *Les fleuves ont une histoire*, p. 205-213; Pierre-Gil SALVADOR *et al.*, «Les crues du Rhône à l'époque gallo-romaine dans la région lyonnaise», dans BRAVARD, MAGNY (éd.), *Les fleuves ont une histoire*, p. 215-221; Mireille PROVANSAL *et al.*, «Paléohydrologie holocène dans la basse vallée du Rhône, d'Orange à la mer», dans BRAVARD, MAGNY (éd.), *Les fleuves ont une histoire*, p. 251-258; Gilles ARNAUD-FASSETTA, «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», dans *Catena*, 51 (2003), p. 141-172; Grégoire M. MAILLET *et al.*, «Connexions entre le Rhône et son delta (partie 1): évolution du trait de côte du delta du Rhône depuis le début du XVIII<sup>e</sup> siècle», dans *Géomorphologie. Relief, processus, environnement*, 2 (2006), p. 111-124; Grégoire M. MAILLET *et al.*, «Connexions entre le Rhône et son delta (partie 2): évolution de l'embouchure du Rhône depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle», dans *Géomorphologie. Relief, processus, environnement*, 2 (2006), p. 125-140, ainsi que le texte de Mireille PROVANSAL et Jean-Paul BRAVARD, «Le croisement d'approches naturalistes et historiques dans l'étude de l'histoire des fleuves: le cas du Rhône français», dans ce volume, p. 17-45.

<sup>5</sup> Laetitia LAIGRE, *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*, Université Paris 1-Panthéon-Sorbonne et Université de Lausanne, mémoire de master 2, 2009.

penne moyenne de 0.89%, malgré des variations importantes suivant les secteurs<sup>6</sup>. L'altitude moyenne du bassin est de 2130 m et sa couverture glaciaire de 14.3%.

D'un point de vue morphodynamique, le fleuve peut être divisé en six principaux secteurs fonctionnels<sup>7</sup>:

- Du glacier à Brigue (673 m), le fleuve a un caractère montagnard et a incisé une vallée ne présentant pratiquement pas de plaine alluviale. Dans la vallée de Conches, elle est encombrée d'un nombre impressionnant de cônes torrentiels provenant des bassins versants latéraux, dont la plupart ne présentent plus qu'une faible activité, sans commune mesure avec leur taille. Juste en amont de Brigue, la Massa, émissaire du Grand glacier d'Aletsch, conflue avec le Rhône, contribuant à renforcer le caractère alpin de ce dernier.
- Entre Brigue et Agarn, la conjonction des glaciers du Rhône, d'Aletsch et de la Viège a contribué à creuser une vallée glaciaire d'orientation ENE-WSW, parallèle aux grands axes géologiques, et qui est partiellement remplie d'alluvions. La vallée a une largeur moyenne d'environ un kilomètre.
- Entre Agarn et Sierre, le paysage change radicalement. La plaine alluviale est tout d'abord rejetée vers la bordure septentrionale du fond de vallée en raison de la présence d'un énorme cône torrentiel créé par l'Illobach, qui draine le bassin torrentiel de l'Illobach. Plus à l'ouest, le fond de vallée est encombré d'une série de collines formées par un énorme écroulement postglaciaire dont la niche d'arrachement est bien visible sur le versant nord de la plaine, dans la région de la Varneralp<sup>8</sup>. Dans ce secteur, la pente moyenne est de 1% (0,01 m/m), sur une distance d'une dizaine de kilomètres. Avec la zone située à l'amont de Gletsch, ce secteur est l'une des deux seules zones de tressage qui subsistent dans la vallée du Rhône (Fig. 2).
- Entre Sierre et Martigny, la plaine alluviale est à nouveau bien visible et le fleuve, bien que chenalisé, présente une sinuosité bien marquée, due aux différents cônes de déjection créés par les affluents. Le cône de Chamoston, qui est l'un des trois plus grands cônes de la vallée du Rhône, a été érigé par la Losentse. La largeur moyenne de la plaine alluviale est de 1,5 km entre Sierre et Sion, puis de 2,5 km entre Sion et Martigny. La pente moyenne, faible, est de l'ordre de 0.15% sur plus de 40 kilomètres.
- A l'aval de Martigny, le fleuve s'écoule vers le nord-nord-ouest, entaillant perpendiculairement les formations géologiques par une cluse<sup>9</sup>. Entre Martigny et Saint-Maurice, la largeur de la plaine alluviale est à nouveau restreinte à un

<sup>6</sup> Voir notamment les chiffres reportés dans deux mémoires de maîtrise récents (LAIGRE, *Etude diachronique de la dynamique fluviale*; Antonin MONTANÉ, *Approche morpho-sédimentaire et statistique du gradient granulométrique du Rhône*, Université Paris 7 – Denis-Diderot et Université de Lausanne, mémoire de master 2, 2009).

<sup>7</sup> Charles LENTHÉRIC, *Le Rhône alpestre et le Valais*, Avignon, 1883; Maurice PARDÉ, *Le régime du Rhône. Etude hydrologique*, Lyon, 1925, 2 tomes.

<sup>8</sup> Sur l'écroulement de Sierre, on pourra lire avec profit les deux textes de Marcel BURRI, «La géologie du Quaternaire aux environs de Sierre», dans *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, 66 (1955), p. 141-154 et «Géologie récente de Finges et de ses environs», dans *Bulletin de la Murithienne*, 115 (1997), p. 5-27.

<sup>9</sup> Héli BADOUX, «Histoire de la cluse du Rhône, entre Martigny et le Léman (VS et VD, Suisse)», dans *Bulletin de la Murithienne*, 107 (1989), p. 213-224

kilomètre environ. Elle est comblée partiellement par des cônes de déjection, dont celui du Saint-Barthélémy, en amont de Saint-Maurice, qui a complètement dévié le fleuve sur sa rive droite<sup>10</sup>. A Saint-Maurice, le Rhône a creusé une gorge de 200 mètres de profondeur à travers le verrou calcaire<sup>11</sup>.

- Du verrou de Saint-Maurice à l'embouchure dans le lac, la plaine alluviale est à nouveau nettement plus large (largeur moyenne: 5 km). Elle passe à une plaine deltaïque dans les derniers kilomètres en amont de l'embouchure lémanique. La plaine chablaisienne correspond en fait à une ancienne extension du Lac Léman progressivement remblayée par les sédiments fluvio-deltaïques<sup>12</sup>.

## L'hydrologie

Le régime hydrologique naturel du Rhône alpin est de type glacio-nival à nivoglacière (selon la classification de Hugo Aschwanden et Rolf Weingartner)<sup>13</sup>. Il est caractérisé par de grosses différences de débit entre l'été (hautes eaux) et l'hiver (étiage) (Tabl. 1)<sup>14</sup>. Le régime a changé radicalement depuis les années 1950, suite au développement des aménagements hydroélectriques dans le bassin du Haut-Rhône<sup>15</sup>; il est actuellement classé comme régime nival de transition à régime nivopluvial préalpin, avec un transfert partiel des débits écoulés de l'été vers l'hiver. Le volume actuellement stocké dans les lacs de barrage est évalué à 1195 millions de m<sup>3</sup>, ce qui correspond à 21% des écoulements annuels à la station de la Porte du Scex, à Vouvry<sup>16</sup>.

Dans cette même station, le débit maximal enregistré depuis le début des mesures a été de 1370 m<sup>3</sup>/s et le débit annuel moyen est de 182 m<sup>3</sup>/s (Tabl. 1). Pour comparaison, le débit moyen à Beaucaire, près de l'embouchure dans la Méditerranée, est de 1700 m<sup>3</sup>/s et le débit maximal enregistré au XX<sup>e</sup> siècle a été de 11 500 m<sup>3</sup>/s, en décembre 2003.

<sup>10</sup> Voir par exemple l'étude de Frédéric MONTANDON, «L'étranglement du Rhône au Bois Noir (Valais)», dans *Les Études Rhodaniennes*, 7 (1931), p. 241-266.

<sup>11</sup> Pour une explication sur la présence de ce verrou, voir notamment l'étude récente de Vadim SCHNEIDER, *Valorisation du patrimoine glaciaire de la cluse du Rhône et du Chablais*, Université de Lausanne, mémoire de master, 2009.

<sup>12</sup> Marcel BURRI, «Les dépôts quaternaires de la vallée du Rhône entre St-Maurice et le Léman», dans *Bulletin de la Murithienne*, 78 (1962), p. 36-60; Philippe SCHOENEICH, «Le Duzillet – cadre géologique et stratigraphique», dans Bernd BECKER *et al.*, *Les troncs d'arbres fossiles des gravières du Duzillet (Ollon, VD, Suisse) et l'évolution du Chablais au tardi- et postglaciaire*, Lausanne, 1999 (Mémoires de la Société vaudoise des sciences naturelles, 19), p. 311-324.

<sup>13</sup> Hugo ASCHWANDEN, Rolf WEINGARTNER, *Die Abflussregime der Schweiz*, Bern, 1985 (Publikation Gewässerkunde, 65).

<sup>14</sup> Voir également PARDÉ, *Le régime du Rhône*.

<sup>15</sup> Tobias MEILE, Anton SCHLEISS, Jean-Louis BOILLAT, «Entwicklung des Abflussregimes der Rhone seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts», dans *Wasser Energie Luft*, 97 (2005), p. 133-142.

<sup>16</sup> MEILE, SCHLEISS, BOILLAT, «Entwicklung des Abflussregimes der Rhone».

Tabl. 1. Données hydrologiques à différentes stations de mesure le long du Rhône (source: OFEV, *Annuaire hydrologique de la Suisse*, Berne, 2005). La localisation des stations est indiquée sur la figure 1.

Station hydro-métrique	Altitude [m]	Bassin versant [km <sup>2</sup> ]	Durée de mesure	Débit annuel moyen [m <sup>3</sup> /s]	Débit journalier maximal [m <sup>3</sup> /s]	Débit journalier minimal [m <sup>3</sup> /s]
Gletsch	1761	38.9	1956-2005	2.76	28.5 (août 1987)	0.05 (mars 1963)
Brig	667	216	1965-2005	41.8	560 (oct. 2000)	4.07 (février 1970)
Sion	484	3373	1915-2005	111	920 (sept. 1948, oct. 2000)	17.1 (mars 2005)
Branson	457	3752	1941-2005	133	980 (oct. 2000)	23.5 (mars 1947)
Porte du Scex	377	5244	1935-2005	182	1370 (oct. 2000)	33.8 (février 1942)

## La morphogenèse de la plaine du Rhône

### *L'hydrographie pré-quatenaire*

Comme dans d'autres vallées alpines<sup>17</sup>, la morphogenèse du bassin du Rhône est très fortement influencée par la présence des glaciers quaternaires, ces derniers ayant surcreusés d'anciens réseaux fluviaux. L'histoire fluviale pré-quatenaire est toutefois très peu connue. Quelques auteurs ont proposé des reconstitutions qui restent hypothétiques<sup>18</sup>, avec des paléo-écoulements par la dépression tectonique du Rawyl. L'écoulement actuel à l'aval de Martigny résulterait d'une capture fluviale ayant eu lieu au niveau de Martigny à la fin du Tertiaire (Fig. 3): le col de la Forclaz aurait jusque là été le passage d'un ancien écoulement du fleuve en direction de l'ouest, par l'actuelle vallée de l'Arve<sup>19</sup>. Le Rhône aurait alors été capturé par un cours d'eau occupant un ancien axe sud-nord actif durant l'Oligocène-Miocène, lors de la phase de sédimentation de la Molasse d'eau douce inférieure. Cet événement est bien documenté par la présence des conglomérats du Mont Pèlerin, sur les hauts de Vevey, correspondant aux dépôts d'un ancien cône alluvial de la basse vallée du

<sup>17</sup> O. Adrian PFIFFNER *et al.*, «Incision and backfilling of Alpine valleys: Pliocene, Pleistocene and Holocene processes», dans O. Adrian PFIFFNER *et al.* (éd.), *Deep structure of the Swiss Alps*, Basel, 1997, p. 265-276.

<sup>18</sup> Rudolf STAUB, *Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie*, Zürich, 1934 (Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, 69); Marcel BURRI, *Les roches*, Martigny, 1987.

<sup>19</sup> PFIFFNER *et al.*, «Incision and backfilling of Alpine valleys».

Rhône<sup>20</sup>. L'inactivation de cet écoulement nord-sud serait liée à la formation des nappes helvétiques durant l'orogénèse néo-alpine (Miocène)<sup>21</sup>. Ce n'est qu'à la fin du Tertiaire que se serait produite la capture et la formation de l'actuel «coude» de Martigny (Fig. 3).

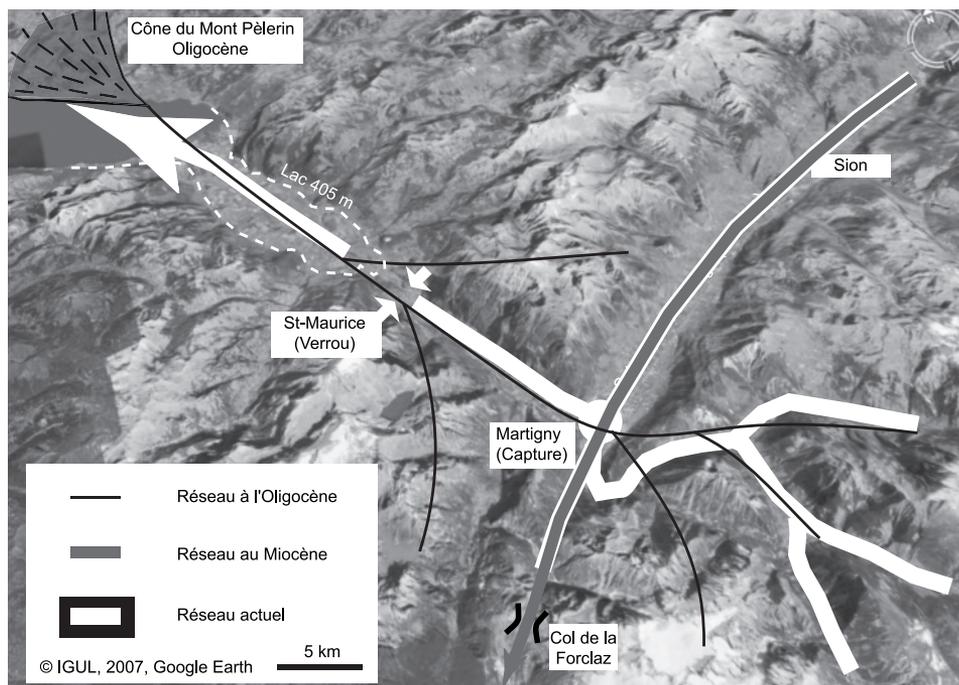


Fig. 3. Reconstitution hypothétique des changements de réseau hydrographique dans la région de Martigny depuis l'Oligocène (carte réalisée à partir des données de STAUB, *Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie*; PUGIN *et al.*, «Seismic modeling of lines Martigny and Vétroz», dans O. Adrian PFIFFNER *et al.* (éd.), *Deep structure of the Swiss Alps*, Basel, 1997, p. 272-276.).

### *L'érosion glaciaire et la sédimentation postglaciaire*

Il est actuellement admis que durant le Quaternaire, 30 à 50 oscillations glaciaires ont concerné le bassin lémanique, provoquant autant d'avancées et de retraits glaciaires dans le bassin du Rhône<sup>22</sup>. Les dépôts de cinq épisodes morphogènes ont été préservés<sup>23</sup>, le plus ancien étant le dépôt d'Ecoteaux, situé au nord du

<sup>20</sup> Rudolf TRÜMPY (éd.), *Geology of Switzerland, a guide-book*, Basel, 1980, 2 tomes; BADOUX, «Histoire de la cluse du Rhône».

<sup>21</sup> TRÜMPY, *Geology of Switzerland*.

<sup>22</sup> Walter WILDI, Andrea MOSCARIELLO, André PUGIN, «Histoire glaciaire du Léman», dans *Découvrir le Léman 100 ans après F.-A. Forel*, Genève, 1999, p. 399-414.

<sup>23</sup> Robert ARN, *Contribution à l'étude stratigraphique du Pléistocène de la région lémanique*, Thèse de doctorat, Université de Lausanne, 1984; Bernard BLAVOUX, «L'occupation de la cuvette lémanique par le glacier du Rhône au cours du Würm», dans *Bulletin de l'AFEQ*, 2 (1988), p. 69-79; André PUGIN *et al.*, «Le bassin d'Ecoteaux (Vaud, Suisse): témoin de trois cycles glaciaires quaternaires», dans *Eclogae geologicae Helveticae*, 86 (1993), p. 343-354; WILDI, MOSCARIELLO, PUGIN, «Histoire glaciaire du Léman».

Mont Pèlerin, et qui est antérieur à la dernière inversion magnétique (780 000 BP)<sup>24</sup>. Les dépôts deltaïques d'Ecoteaux, situés à 800 mètres d'altitude, suggèrent qu'à ce moment-là le relief était constitué d'une large dépression peu profonde. Ce n'est que lors des glaciations les plus récentes que la cuvette lémanique a été érodée pour atteindre sa morphologie actuelle<sup>25</sup>.

### *Le profil du fond rocheux*

Durant les glaciations du Quaternaire, la région située à l'amont de Martigny était située dans la zone d'accumulation des glaciers. Ces derniers ont surcreusé de profonds ombilics, séparés par des verrous (collines de Valère et Tourbillon, verrou de Saint-Maurice, par exemple). La topographie du fond rocheux a été étudiée au moyen de méthodes géophysiques diverses (électricité, gravimétrie, sismique-réflexion)<sup>26</sup>. Ces travaux permettent de reconstituer grossièrement le profil en long du fond rocheux de la vallée<sup>27</sup>.

A Brigerbad, entre Brigue et Viège, le substrat rocheux est à moins de 150 mètres en dessous de la surface alluviale. A Tourtemagne, il atteint une profondeur de 450 m, une valeur très proche de celle mesurée à Bramois, près de Sion. A l'aval de Sion, le glacier semble avoir érodé une profonde dépression en V: le contact entre les sédiments non-consolidés et le fond rocheux est situé à 800 m ( $\pm 10\%$ ) sous la surface actuelle de la plaine (480 m)<sup>28</sup>. Près du coude de Martigny, le fond rocheux

<sup>24</sup> PUGIN *et al.*, «Le bassin d'Ecoteaux». BP signifie «before present», le présent étant fixé par convention à 1950 après J.-C.

<sup>25</sup> Walter WILDI, André PUGIN, «Histoire géologique du relief du bassin lémanique», dans *Archives des Sciences*, 51 (1998), p. 5-12; WILDI, MOSCARIELLO, PUGIN, «Histoire glaciaire du Léman».

<sup>26</sup> Maurice LUGEON, Nicolas OULIANOFF, «L'alluvion du Rhône valaisan. Essai de détermination de l'épaisseur par méthode électrique», dans *Bulletin des Laboratoires de Géologie, Géographie Physique, Minéralogie et Paléontologie de Lausanne*, 64 (1939), p. 1-26; Olivier GONET, *Etude gravimétrique de la Plaine du Rhône*, Berne, 1965 (Matériaux pour la carte géologique de la Suisse, Série Géophysique, 6); Willy FINGER, Marc WEIDMANN, «Quelques données géologiques nouvelles sur la vallée du Rhône entre Sierre et le Léman», dans *Bulletin de la Murithienne*, 105 (1987), p. 27-40; Peter FINCKH, Walter FREL, «Seismic reflection profiling in the Swiss Rhone valley. Part 1: seismic reflection field work, seismic processing and seismic results of the Roche-Vouvry and Turtmann and Agarn lines», dans *Eclogae geologicae Helvetiae*, 84 (1991), p. 345-357; Peter FINCKH, Emile KLINGELE, «Seismic reflection profiling in the Swiss Rhone valley. Part 2: gravimetric and geological interpretation of the Roche-Vouvry line», dans *Eclogae geologicae Helvetiae*, 84 (1991), p. 359-368; Olivier BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône (entre Sion et Martigny, Suisse)», dans *Bulletin de la Murithienne*, 109 (1991), p. 45-63; Olivier BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône entre Sion et St-Maurice: perspectives d'exploitation géothermique des dépôts torrentiels sous-glaciaires», dans *Bulletin du Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel*, 12 (1993), p. 39-58; PFIFFNER *et al.*, «Incision and backfilling of Alpine valleys»; PUGIN *et al.*, «Le bassin d'Ecoteaux». L'ensemble des données a été repris récemment par Alberto ROSSELLI, Raymond OLIVIER, «Modélisation gravimétrique 2.5D et cartes des isohypses au 1:100 000 du substratum rocheux de la vallée du Rhône entre Villeneuve et Brig (Suisse)», dans *Eclogae geologicae Helvetiae*, 96 (2003), p. 399-423.

<sup>27</sup> BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône»; BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône entre Sion et St-Maurice».

<sup>28</sup> BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône». Cette dépression suit la zone de Chamonix, une unité sédimentaire peu solide, prise en sandwich entre les socles cristallins des Aiguilles Rouges et du Mont-Blanc. Voir également PFIFFNER *et al.*, «Incision and backfilling of Alpine valleys».

est à un kilomètre ( $\pm 10\%$ ) sous le niveau de la plaine (460 m)<sup>29</sup>. Entre Martigny et Saint-Maurice, il remonte d'une altitude de  $-550$  m à  $+600$  m, en l'espace de 13 kilomètres. Cette remontée semble toutefois être discontinue. Juste à l'aval de Martigny, un verrou glaciaire est totalement recouvert par les sédiments postglaciaires, avec un versant amont de plus de 600 m de haut<sup>30</sup>, tandis qu'en amont du verrou de Saint-Maurice, une dépression de 900 mètres de profondeur a été détectée<sup>31</sup>. A Saint-Maurice, au contact entre le soubassement cristallin et des calcaires très résistants, un nouveau verrou glaciaire émerge à plus de 300 m au-dessus du niveau de la plaine alluviale. Plus à l'aval, l'érosion glaciaire a de nouveau été très efficace et le fond rocheux atteint près de 1000 m de profondeur au niveau de Vouvrivy<sup>32</sup>.

### *La sédimentation postglaciaire*

Les prospections géophysiques ont également permis de dessiner des profils transversaux en différents points de la vallée<sup>33</sup>. La sédimentation postglaciaire est différente en amont et à l'aval du verrou de Saint-Maurice.

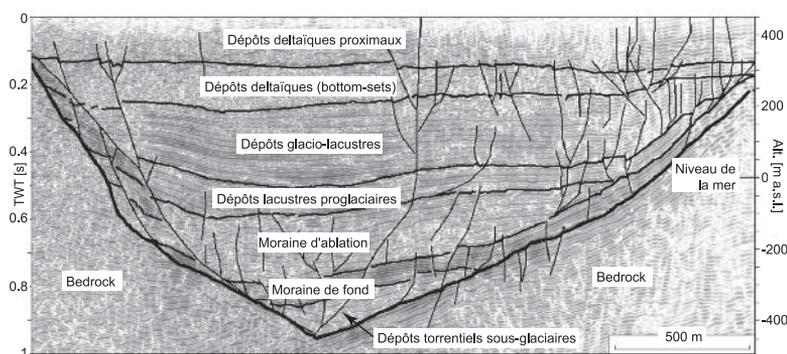


Fig. 4. Interprétation stratigraphique du modèle sismique d'un profil transversal situé à l'est de Martigny (tiré de BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône», et «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône entre Sion et St-Maurice»; PUGIN *et al.*, «Seismic modeling of lines Martigny and Vétroz»; www.sst-unil.ch, modifié).

<sup>29</sup> Ce surcreusement très important est attribué à la confluence avec le glacier des Dranses (BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône entre Sion et St-Maurice») et il suit certainement les sédiments peu résistants de la zone de Chamonix (BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône»).

<sup>30</sup> BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône entre Sion et St-Maurice».

<sup>31</sup> PFIFFNER *et al.*, «Incision and backfilling of Alpine valleys». Cette dépression semble être remplie de plus de 500 m de moraine, moraine surmontée par des dépôts glacio-lacustres, puis alluviaux.

<sup>32</sup> Voir l'étude détaillée du Chablais, ci-dessous.

<sup>33</sup> Ces profils ont des formes allant de la classique auge glaciaire à des formes proches de la vallée en V entre Brigue et Martigny; ils présentent un profil généralement en auge à l'aval de St-Maurice. Voir BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône»; BESSON *et al.*, «Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône entre Sion et St-Maurice»; PUGIN *et al.*, «Seismic modeling of lines Martigny and Vétroz».

En amont, la stratigraphie typique est la suivante (Fig. 4): dépôts torrentiels sous-glaciaires, moraine de fond, moraine d'ablation, dépôts glacio-lacustres et lacustres, dépôts deltaïques ou alluviaux. Caractéristique des vallées périalpines, cette séquence sédimentaire est associée à un épisode de déglaciation, divisé en trois phases principales<sup>34</sup>: la première phase (environ 500 m d'épaisseur) est synchrone de la présence du glacier (dépôts sous-glaciaires et morainiques); la seconde (400-500 m d'épaisseur) a lieu dans des lacs proglaciaires, souvent séparés par des cônes alluviaux<sup>35</sup>, et est caractérisée par la présence de dépressions thermokarstiques et de structures glacitectoniques dans les sédiments; la troisième (200 à 300 m d'épaisseur) correspond au remblaiement deltaïque, puis alluvial des dépressions. La première phase a dû avoir lieu durant la déglaciation, entre 18 000 et 13 000 BP, avec des taux de sédimentation élevés (6 cm/an)<sup>36</sup>. Les dépôts les plus superficiels ont également été étudiés dans des forages (jusqu'à 50 mètres de profondeur) et certains niveaux ont pu être datés<sup>37</sup>.

Dans le Chablais, la sédimentation a été affectée par les variations du niveau du Lac Léman<sup>38</sup>. Les études gravimétriques et sismiques réalisées dans le secteur de Vouvry-Roche permettent de distinguer trois niveaux principaux: la moraine de fond, des sédiments déformés (occupant près de 500 m d'épaisseur, soit la moitié du remblaiement), et des sédiments non déformés, dans la partie sommitale du profil. Cette dernière unité peut être perturbée par des dépôts deltaïques sur les bordures latérales<sup>39</sup>.

### *L'évolution des versants*

Le façonnement des versants a été fortement influencé par l'érosion glaciaire. Les profils en auge ne sont toutefois pas symétriques. En amont de Brigue, de nombreux cônes de déjection ont effacé partiellement les traces de l'érosion glaciaire<sup>40</sup>. Entre Brigue et Martigny, la dissymétrie morphologique des deux versants dépend fortement de la structure géologique. La plaine alluviale suit plus ou moins la suture

<sup>34</sup> PUGIN *et al.*, «Seismic modeling of lines Martigny and Vétroz».

<sup>35</sup> Philippe SCHOENEICH *et al.*, «Le retrait glaciaire dans les vallées des Préalpes et des Alpes au Tardiglaciaire», dans *Bulletin d'études préhistoriques et archéologiques alpines*, 9 (1998), p. 23-37.

<sup>36</sup> PUGIN *et al.*, «Seismic modeling of lines Martigny and Vétroz».

<sup>37</sup> Pierre FREYMOND, «Les dépôts quaternaires de la vallée du Rhône entre St-Maurice et le Léman, d'après les résultats des sondages d'étude de l'autoroute et de l'aménagement hydroélectrique du Bas-Rhône», dans *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles*, 71 (1971), p. 1-14; FINGER, WEIDMANN, «Quelques données géologiques nouvelles». A l'amont de Martigny, des âges de 9000 et 10 000 <sup>14</sup>C BP (Préboréal) ont été mesurés à 30-40 mètres de profondeur.

<sup>38</sup> L'histoire sédimentaire de ce secteur de la plaine a notamment été étudiée par BURRI, «Les dépôts quaternaires de la vallée du Rhône entre St-Maurice et le Léman»; FREYMOND, «Les dépôts quaternaires»; FINCKH, FREL, «Seismic reflection profiling in the Swiss Rhone valley»; FINCKH, KLINGELE, «Seismic reflection profiling in the Swiss Rhone valley»; PFIFFNER *et al.*, «Incision and backfilling of Alpine valleys»; SCHOENEICH, «Le Duzille» et Philippe SCHOENEICH, «La naissance violente d'un terroir», dans Henri-Louis GUIGNARD (éd.), *Noville et Rennaz*, Association de l'Académie du Chablais, 2004, p. 15-21. Le comblement postglaciaire du Chablais fait l'objet d'un chapitre spécifique dans la suite de ce texte. Ici ne sont esquissées que les phases principales.

<sup>39</sup> Ces résultats sont confirmés par des forages peu profonds; voir FINGER, WEIDMANN, «Quelques données géologiques nouvelles».

<sup>40</sup> Voir également la seconde étude de cas ci-dessous.

géologique entre les domaines helvétique et pennique<sup>41</sup>. En rive gauche, la vallée du Rhône coupe transversalement le front des nappes, alors qu'en rive droite, le glacier du Rhône a érodé le dos des nappes de charriage. Il en résulte un profil fortement dissymétrique, avec des versants conformes au pendage au nord du Rhône et des versants à contre-pendage pentus, affectés de glissements de terrain, de tassements, et d'éboulements en rive gauche. A l'aval de Martigny, la cluse du Rhône est très étroite en raison de la présence de massifs cristallins résistants à l'érosion alors que dans le Chablais, la vallée s'élargit à nouveau en raison de lithologies plus favorables à l'érosion (alternances de calcaires, de marnes et de flysch).

Le profil de la vallée a été affecté par deux écroulements catastrophiques. Le premier s'est produit sur le versant de la Varneralp, dans les environs de Sierre, alors que le glacier devait être encore présent dans le fond de vallée<sup>42</sup>. Les matériaux écroulés ont été transportés sur plus de 8 kilomètres et plusieurs phases d'érosion fluviale ont donné à la région de Sierre un profil de collines plus ou moins bien individualisées. Le second événement correspond à l'éboulement historique du Tauredunum (563 après J.-C.)<sup>43</sup>. Il est relaté en détail plus loin.

Le cours du Rhône est également influencé par la présence de nombreux cônes torrentiels et alluviaux qui occupent de larges portions du fond de vallée<sup>44</sup>. Deux d'entre eux – le cône de l'Illgraben, près de Sierre, et celui du Saint-Barthélémy, en amont de Saint-Maurice – sont particulièrement importants car ils ont fortement dévié le cours du Rhône et modifié également le profil en long du fleuve, créant des seuils de plusieurs dizaines de mètres de haut, difficiles à franchir autrement que par incision régulière du plancher alluvial. Leur présence est liée à la nature géologique du bassin de réception du torrent (roches du Trias très fracturées dans le cas de l'Illgraben et flysch et marnes dans le bassin du Saint-Barthélémy)<sup>45</sup>. Dans les deux cas, la variation de la pente du Rhône a permis la mise en place d'un aménagement hydroélectrique le long du fleuve<sup>46</sup>.

## Dynamique géomorphologique, occupation du sol et peuplement humain

Le seul site mésolithique connu dans la plaine du Rhône est celui de Châble-Croix, situé à 388 m, entre Saint-Maurice et Vouvry<sup>47</sup>. Il est daté de 8000-7500

<sup>41</sup> TRÜMPY, *Geology of Switzerland*; Gérard M. STAMPFLI (éd.), *Geology of the western Swiss Alps, a guide-book*, Lausanne, 2001 (Mémoires de Géologie, 36).

<sup>42</sup> BURRI, «La géologie du Quaternaire aux environs de Sierre», et «Géologie récente de Finges et de ses environs».

<sup>43</sup> SCHOENEICH, «La naissance violente d'un terroir».

<sup>44</sup> Louis HORWITZ, *Contribution à l'étude des cônes de déjections dans la vallée du Rhône (entre le glacier du Rhône et le Léman)*, Thèse de doctorat, Université de Lausanne, 1911; SCHOENEICH et al., «Le retrait glaciaire dans les vallées des Préalpes et des Alpes au Tardiglaciaire».

<sup>45</sup> MONTANDON, «L'étrangement du Rhône au Bois Noir»; Ignace MARIÉTAN, «Notes de sciences naturelles sur la région de St-Maurice», dans *Bulletin de la Murithienne*, 54 (1937), p. 25-43.

<sup>46</sup> Il s'agit des deux seuls aménagements à l'amont du Léman. Dans les années 1980, un projet d'aménagement systématique – le projet Hydro-Rhône – avait été lancé. Il a toutefois été abandonné en raison des forts impacts que le projet aurait eus sur la plaine.

<sup>47</sup> Philippe CURDY, Jean-Claude PRAZ (éd.), *Premiers hommes dans les Alpes, de 50 000 à 5000 avant Jésus-Christ*, Lausanne-Sion, 2002; Philippe CURDY, «Assises lointaines. 50 000 – 15 avant J.-C.», dans Jean-Henry PAPILLOUD (éd.), *Histoire du Valais*, Sion, 2002, t. 1, p. 15-79.

avant J.-C. et est attribué à la présence d'un camp de chasseurs. Le site néolithique le plus ancien (5000 avant J.-C.) est situé près de Sion et témoigne – avec les analyses palynologiques réalisées au lac de Montorge, sur les hauteurs de Sion<sup>48</sup> – que l'agriculture était déjà pratiquée dans la vallée du Rhône un millénaire plus tôt que sur le Plateau<sup>49</sup>.

Comme la plupart des découvertes archéologiques ont été faites sur des collines rocheuses, sur les versants ou sur les cônes latéraux, très peu de travaux archéologiques se sont jusqu'à maintenant intéressés aux relations entre les implantations humaines et la dynamique fluviale. Au Petit-Chasseur (à Sion), une stratigraphie complète allant de l'Atlantique au Subatlantique a toutefois pu être établie<sup>50</sup>. Elle montre un pic de torrencialité durant l'Atlantique récent (4200-3200 avant J.-C.) et au Subatlantique (800-500 avant J.-C.). Les investigations menées sur le site de Gamsen-Waldmatte, près de Brigue, indiquent que durant l'âge du Fer et la période romaine, le niveau du fleuve était clairement situé plusieurs mètres plus bas qu'actuellement et que plusieurs mètres de dépôts sont venus recouvrir les sites<sup>51</sup>. Durant le Moyen Age, des textes et chroniques indiquent des crues majeures en 563 (en raison de l'écroulement du Tauredunum), 580, 1086, 1338, 1459, 1469, 1521. D'autres inondations<sup>52</sup> sont reportées en 1610, 1620, 1636 (due à une obturation créée par le torrent du Saint-Barthélémy), 1640, 1713, 1740, 1778, 1834, 1839, 1846, 1855, 1860, 1868, 1897, 1935, 1948, 1987, 1993 et 2000. La plupart de ces crues ont eu lieu durant le semestre d'été (entre août et octobre) quand des épisodes pluvieux intenses coïncident avec la fonte glaciaire ou nivale<sup>53</sup>.

Les recherches menées jusqu'ici sur la morphodynamique fluviale n'ont pas permis de reconstituer avec précision les métamorphoses fluviales du Rhône sur le long terme. Des indices font penser que le régime du Rhône est devenu plus torrentiel durant le Petit Age Glaciaire (1350-1850 après J.-C.)<sup>54</sup>. La carte de la route du Valais, établie par les ingénieurs-cartographes de Napoléon<sup>55</sup>, indique clairement la présence de nombreux secteurs en tresses (Fig. 5). Il en est de même des levés originaux pour la carte Dufour (vers 1840) et de la carte établie pour la réalisation de la

<sup>48</sup> Max WELTEN, *Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis*, Basel, 1982 (Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, 95).

<sup>49</sup> Alain GALLAY (éd.), *Le Valais avant l'histoire, 14 000 av. J.-C. – 47 apr. J.-C.*, Sion, 1986; Jacqueline DÉTRAZ-MÉROZ, Matthias VUST, *Montorge, Sierre-Visp*, 2006.

<sup>50</sup> GALLAY, *Le Valais avant l'histoire*.

<sup>51</sup> François WIBLÉ (éd.), *Vallis Poenina. Le Valais à l'époque romaine*, Sion, 1998.

<sup>52</sup> Ignace MARIÉTAN, «Le Rhône en Valais. Lutte entre l'homme et le fleuve», dans *Revue pour l'étude des calamités*, 6 (1943), p. 50-67; Ignace MARIÉTAN, *Le Rhône. La lutte contre l'eau en Valais*, Neuchâtel, 1953; Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), *Les crues 2000*, Berne, 2002; Daniel L. VISCHER, *Histoire de la protection contre les crues en Suisse, des origines jusqu'au 19<sup>e</sup> siècle*, Berne, 2003.

<sup>53</sup> VISCHER, *Histoire de la protection contre les crues*.

<sup>54</sup> Comme cela a été reporté pour de nombreuses rivières alpines. Voir par exemple Maurice JORDA, «Morphogénèse et évolution des paysages dans les Alpes de Haute-Provence depuis le Tardiglaciaire. Facteurs naturels et facteurs anthropiques», dans *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 472 (1980), p. 297-304; BRAVARD, «La métamorphose des rivières des Alpes françaises»; JORDA, PROVANSAL, «Impacts du climat et de l'anthropisation sur le détritisme».

<sup>55</sup> Michel LECHEVALIER, «La mission des ingénieurs géographes français en Valais en 1802», dans *Vallesia*, 60 (2005), p. 411-432.

ligne de chemin de fer du Simplon (vers 1850)<sup>56</sup>. Différentes monographies, bien qu'elles n'étudient pas expressément cette question, font mention de l'augmentation des surfaces couvertes de nappes de cailloux<sup>57</sup>. Finalement, il a été suggéré que certaines vastes zones humides – telles que le marais des Praz-Pourris, situé dans la plaine de Conthey-Vétroz<sup>58</sup> – se sont formées ou élargies durant le Petit Age Glaciaire, en raison de l'élévation du niveau du Rhône due aux importants apports sédimentaires fournis et déposés dans le lit du fleuve.



Fig. 5. – Carte de la route du Valais (1802) dans la région de Saillon. Dans ce secteur, le Rhône forme des tresses.  
Archives nationales de France (F/14/10192, 5-1).

## Les transformations géomorphologiques induites par les corrections du fleuve

### *Les premiers travaux (avant 1860)*

Des travaux d'endiguement des affluents du Rhône sont reportés au XIV<sup>e</sup> siècle déjà, dans la région de Martigny (1310) et de Brigue (1331)<sup>59</sup>. Les premières mentions d'endiguement du Rhône remontent quant à elles au XVI<sup>e</sup> siècle dans le Chablais en raison du rôle de frontière entre le Valais et Berne que le fleuve jouait dans

<sup>56</sup> Voir par exemple Sabine STÄUBLE, Emmanuel REYNARD, «Évolution du paysage de la plaine du Rhône dans la région de Conthey depuis 1850. Les apports de l'analyse de cartes historiques», dans *Vallesia*, 60 (2005), p. 433-456; Sabine STÄUBLE, «Évolution de la plaine du Rhône suisse du début du XIX<sup>e</sup> siècle à nos jours: étude cartographique dans le Valais central», ce volume, p. 167-175.

<sup>57</sup> Jean-Henry PAPILOU, «Conthey et les Contheysans dans l'histoire», dans *Commune et Bourgeoisie de Conthey* (éd.), *Conthey, mon pays*, Conthey, 1979, p. 9-65.

<sup>58</sup> STÄUBLE, REYNARD, «Évolution du paysage de la plaine du Rhône».

<sup>59</sup> VISCHER, *Histoire de la protection contre les crues*.

cette région<sup>60</sup>. En amont de Saint-Maurice, les endiguements étaient de la responsabilité des communautés riveraines, qui agissaient souvent de manière individuelle. Les «digues offensives», qui avaient pour objectif de dévier le cours sur la rive opposée, provoquaient généralement une augmentation des inondations dans les secteurs non protégés.

### *La Première correction du Rhône (1863-1894)*

Les inondations catastrophiques de 1860 déclenchèrent le premier projet de correction systématique du fleuve, entre Brigue et le Lac Léman<sup>61</sup>. Le projet fut divisé en trois secteurs, séparés par les cônes de l'Illgraben et du Saint-Barthélémy. Les effets géomorphologiques des travaux ont été multiples. Tous les secteurs à tresses ont été détruits<sup>62</sup>, à l'exception du secteur de l'Illgraben (Fig. 2) et de la zone située à l'amont de Gletsch. Par ailleurs, le ménagement des débouchés des affluents dans le Rhône n'ayant pas été réalisé en même temps que l'endiguement du fleuve, la première correction a provoqué en de multiples endroits l'apparition de zones humides qui n'existaient pas auparavant. De plus, contrairement à ce qui avait été prévu, le Rhône ne réussit pas à évacuer complètement sa charge solide, et entre 1891 et 1935, le lit du fleuve s'est exhaussé par endroits de plus de 3 cm par an<sup>63</sup>. Enfin, en raison de l'extension des surfaces humides, un plan général d'assèchement de la plaine fut adopté par le Canton du Valais en 1873. Ce plan, dont les derniers effets importants eurent lieu durant la Deuxième Guerre mondiale (Plan Wahlen) aboutit à la réduction drastique des surfaces marécageuses et des zones alluviales, qui perdirent respectivement 85 et 95% de leur surface entre 1850 et 2003<sup>64</sup>. Durant cette même période, les surfaces urbanisées ont été multipliées par 7,5. Le besoin en sable et le colmatage des surfaces humides contribuèrent également à la destruction complète des dunes sableuses dont il est fait mention dans la région de Martigny à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle<sup>65</sup>.

<sup>60</sup> VISCHER, *Histoire de la protection contre les crues*; Philippe SCHOENEICH, «Une relation conflictuelle avec l'eau», dans Henri-Louis GUIGNARD (éd.), *Noville et Rennaz*, p. 27-42; Philippe SCHOENEICH, «Histoire des aménagements du Rhône et de la plaine dans le Chablais», ce volume, p. 151-166.

<sup>61</sup> Charles DE TORRENTÉ, *La correction du Rhône en amont du Léman*, Berne, 1964; VISCHER, *Histoire de la protection contre les crues*.

<sup>62</sup> Pour des exemples cartographiques, voir notamment Charles LENTHÉRIC, *Du Saint-Gothard à la mer. Le Rhône, histoire d'un fleuve*, Paris, 1892; DE TORRENTÉ, *La correction du Rhône*; STÄUBLE, REYNARD, «Evolution du paysage de la plaine du Rhône».

<sup>63</sup> MARIÉTAN, «Le Rhône en Valais»; Philippe BIANCO, François GENOLET, Yves-Gérard REBORD, «La Deuxième correction du Rhône a-t-elle résolu le problème du charriage?», dans *Wasser Energie Luft*, 91 (1999), p. 56-60.

<sup>64</sup> Flavio ZANINI *et al.*, «Analyse de la dynamique du paysage de la plaine du Rhône de 1850 à 2003 sur la base de cartes topographiques», dans *Bulletin de la Murithienne*, 124 (2006), p. 89-98.

<sup>65</sup> Philippe FARQUET, «Les marais et les dunes de la Plaine de Martigny», dans *Bulletin de la Murithienne*, 42 (1925), p. 113-159.

### *La Deuxième correction du Rhône (1930-1960)*

En raison de l'élévation constante du lit du fleuve, une deuxième correction systématique a été entreprise dès les années 1930. Sur le cours valaisan du fleuve, les épis transversaux submersibles, qui avaient constitué la technique majeure de la première correction, furent colmatés par des matériaux extraits du lit mineur<sup>66</sup>. Le résultat obtenu fut le réajustement du profil du fleuve sur celui de 1891. Après ces travaux, la tendance à la sédimentation reprit dans un premier temps, mais l'évolution s'inversa par la suite en raison de la construction des barrages alpins qui maintinrent une partie de la charge solide dans les vallées latérales<sup>67</sup>, de la reforestation des versants, qui diminua les apports des vallées latérales, et de l'extraction de granulats dans le lit du fleuve, qui augmenta la tendance à l'incision. Entre 1964 et 1994, le niveau du plancher alluvial a ainsi diminué d'environ 3 cm par année. Depuis la deuxième correction, la tendance est toutefois à l'élévation d'environ 1,5 cm par an.<sup>68</sup>

### **Etude de cas n° 1 : l'évolution quaternaire dans le Chablais**

Dans le Chablais, la reconstitution de l'évolution de la plaine alluviale doit prendre en compte la présence du Léman, un lac dont le niveau a varié au cours du temps.

La vallée glaciaire y atteint ses profondeurs maximales, de l'ordre de 1000 m sous le niveau de la plaine actuelle, entre Aigle et Monthey. C'est donc un volume énorme de sédiments qui s'est déposé depuis le retrait du glacier. Si l'on sait que l'essentiel de ce remblaiement a probablement eu lieu en un temps très court, pendant

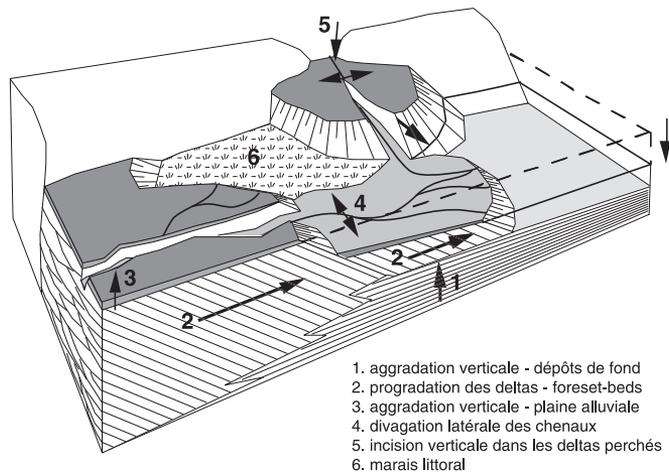


Fig. 6. Modèle de remplissage d'un bassin lacustre, avec un niveau d'eau variable.

<sup>66</sup> DE TORRENTÉ, *La correction du Rhône*; BIANCO, GENOLET, REBORD, *La Deuxième correction du Rhône*.

<sup>67</sup> MEILE, SCHLEISS, BOILLAT, «Entwicklung des Abflussregimes der Rhone».

<sup>68</sup> BIANCO, GENOLET, REBORD, *La Deuxième correction du Rhône*.

la phase de fusion des glaciers, on en connaît très mal la structure. Seuls les 20-30 m supérieurs sont relativement bien connus, grâce aux nombreux sondages compilés par divers auteurs<sup>69</sup>.

Dans l'environnement lacustre qui a suivi la déglaciation, la dynamique de remplissage résulte de plusieurs processus (Fig. 6):

- la progradation du delta du Rhône constitue l'apport principal. Il faut toutefois souligner que les apports alluviaux du Rhône n'ont pu atteindre le Chablais qu'une fois comblés les lacs situés à l'amont;
- les deltas des affluents latéraux devaient former des cônes-deltas ou des lobes deltaïques qui s'avançaient dans le lac, avant d'être «rejoints» par le delta du Rhône;
- le fond lacustre s'exhausait par la sédimentation fine de fond de lac;
- l'abaissement successif du niveau lacustre a dû conduire à des phases d'incision et à la formation de deltas emboîtés, tandis que plus tard les fluctuations du niveau de base ont eu pour conséquence des phénomènes de régression/transgression. On verra que ces fluctuations du niveau lacustre ont induit des discontinuités latérales et verticales importantes;
- l'alluvionnement de la plaine a rehaussé le niveau de cette dernière, tout en noyant sous les sédiments des formes résultant des phases antérieures.

Les planches de la figure 7 montrent les principales étapes de l'évolution de la plaine fluvio-deltaïque, telle que les données disponibles permettent de la reconstituer.

### ***Le dernier front flottant du glacier du Rhône***

La situation en fin de glaciation (Fig. 7a) peut être reconstituée sur la base des éléments suivants:

- entre Ollon et la colline de Saint-Triphon, une terrasse s'étend devant le cône fossile d'Ollon à 405 m d'altitude. Elle présente un front net à la hauteur de la halte AOMC de Saint-Triphon village. Les sondages de part et d'autre du talus révèlent une discontinuité latérale majeure. La terrasse est constituée d'une énorme accumulation de graviers à prédominance de calcaires des nappes helvétiques. Le matériel qui la constitue peut être interprété comme celui d'un delta, sédimenté dans un lac au niveau d'environ 400 m. La position, le volume et la composition pétrographique des sédiments de ce delta ne peuvent s'expliquer que si les cours de l'Avançon et de la Gryonne ont été forcés de longer le pied du versant par un glacier encore présent contre les collines du Montet et de Saint-Triphon<sup>70</sup>;

<sup>69</sup> FREYMOND, «Les dépôts quaternaires»; FINGER, WEIDMANN, «Quelques données géologiques nouvelles»; SCHOENEICH, «Le Duzillet».

<sup>70</sup> Le sondage CEDRA ON 9, situé sur la terrasse, a recoupé de bas en haut tout d'abord une formation probablement sous-glaciaire, puis 25 m de limons et sables stratifiés glacio-lacustres, 90 m de graviers moyens sableux, et finalement 7 m de graviers grossiers à galets: la série peut être interprétée comme une séquence de progradation deltaïque. Le sondage CEDRA AN 13 et les sondages réalisés pour le dépôt des TPC ont traversé une séquence lacustre et tourbeuse au même niveau que les graviers sableux (Evelyne BEZAT, Philippe SCHOENEICH, *Ollon (VD), Bois de la Glaive: forages piézométriques ON 9 et AN 13 – Le Quaternaire*, CEDRA, Rapport NIB-93-55, 1993; SCHOENEICH, «Le Duzillet», p. 312-315).

- plusieurs cônes latéraux présentent un talus net dont le sommet se situe vers 390 à 400 m d'altitude. C'est le cas des cônes de la Tinière à Villeneuve, de Vouvry et des Evouettes, mais aussi plus loin de celui de Saint-Gingolph. Bien qu'aucune observation sédimentologique ne l'atteste, ces cônes tronqués sont interprétés comme des cônes-deltas perchés, sédimentés dans un lac atteignant 400 m environ<sup>71</sup>.

On peut donc dresser le tableau suivant: le glacier du Rhône, aminci, passait encore au-dessus du verrou de Saint-Maurice mais son épaisseur n'était plus suffisante pour reconstituer une langue de glace épaisse dans le Chablais. Il s'étendait telle une nappe de glace flottante, dont le front devait se situer à hauteur de Saint-Triphon. Au-delà, le glacier se disloquait en icebergs sur un lac situé à 400 m d'altitude. Les rivières affluentes construisaient des cônes-deltas dans ce lac.

Bien qu'on ne dispose d'aucune datation dans le Chablais pour cette époque, on peut tout de même situer celle-ci autour de 18 000 ans avant aujourd'hui<sup>72</sup>. On sait en effet que le niveau lacustre à 400 m s'est établi dès le début de la déglaciation et a perduré pendant toute la phase de fusion du glacier dans la cuvette lémanique, et probablement au-delà<sup>73</sup>. C'est ce niveau lacustre qui permet de raccorder les divers éléments géomorphologiques. Toutefois, il n'est pas certain que ceux-ci soient vraiment contemporains. La formation des deltas latéraux s'est probablement prolongée jusque vers 15 000 ans avant aujourd'hui.

### *Un lac à 382 m à la fin du Tardiglaciaire*

Au Tardiglaciaire, le niveau lacustre s'est abaissé par étapes, d'abord autour de 395 m, puis à 390 m d'altitude. On connaît peu de choses sur ces étapes intermédiaires, mais un niveau durable s'est établi vers 382 m de 13 000 à 11 000 ans avant aujourd'hui (Fig. 7b). Ce niveau stable est marqué autour du Léman par la «terrasse de 10 m», particulièrement bien développée sur le delta de la Drance à Thonon. Dans le Chablais, ce niveau de terrasse est noyé sous les alluvions de la plaine fluvio-deltaïque. La situation correspondante peut toutefois être reconstituée à partir des éléments suivants:

- à Monthey, la datation d'un morceau de branche à l'altitude de 390 m dans des alluvions du Rhône montre que cette zone était comblée vers 12 000 ans avant aujourd'hui<sup>74</sup>;

<sup>71</sup> Cette particularité de nombreux cônes du Chablais avait déjà été notée par HORWITZ, *Contribution à l'étude des cônes*.

<sup>72</sup> Tous les âges dans le texte sont donnés en âges vrais avant aujourd'hui. Les datations <sup>14</sup>C sont données en note avec le code laboratoire et l'intervalle de calibration en années cal BP (soit avant 1950), selon les notations conventionnelles. Toutes les datations ont été recalibrées avec la courbe de calibration IntCal04, à l'aide du logiciel OxCal 4.0. Le tableau 2 résume les données complètes des datations.

<sup>73</sup> A propos de ce niveau et de la «terrasse de 30 m» qui lui est associée, voir Philippe SCHOENEICH, «Les terrasses quaternaires du Léman», dans *Découvrir le Léman 100 ans après F.-A. Forel*, Genève, 1999, p. 415-429.

<sup>74</sup> Datation Ly-3981, 12610-11400 cal BP. FINGER, WEIDMANN, «Quelques données géologiques nouvelles», p. 33.

Tabl. 2. Datations dans le Quatenaire de la plaine du Rhône, Chablais vaudois et valaisan.

Code laboratoire	Commune - lieu-dit	Site	Coord. X	Coord. Y	Profondeur	Matériau daté	Age 14C brut	Age 14C conv.	Age calibré BP	Age calibré calendrier	Interprétation	Publication
ARC-1769	Les Evouettes (VS)	forage EV 22	556.515	134.385	11 m	bois gorgé d'eau - dépiqué		1205 ± 40	1262-1009 cal BP	688-940 cal AD	Dépôts de laves torrentielles, jeunes juses que le Tauradunum	Norbert SA, Martiny
Ly-13458	Versvey (VD) - Cols de la George	chantier villa	561.450	133.150	env. 1 m	bois		2'555 ± 35	2752-2495 cal BP	805-545 cal BC	Versvey, pré-date la formation d'un petit lac à Versvey	Schoeneich & Conzou 1998
ETH-18455	Villeneuve (VD) - cône de la Trinière	tranchée CFF	561.275	139.000	2.70 m	prents débris de charbon de bois		2'535 ± 60	2756-2366 cal BP	810-420 cal BC	datation de la deuxième couche de sol (niveau d'occupation ?) dans le cône	Schoeneich & Conzou 1998
Ly-3975	Villeneuve (VD) - Pré forage VT 17	forage VT 17	561.040	137.230	18 m	tourbe	2'690 ± 120		3157-2375 cal BP	1208-510 cal BC	Remplissage du sous-bassin de Villeneuve.	Froger & Weidmann 1988
Ly-3976	Villeneuve (VD) - Pré forage VT 17	forage VT 17	561.040	137.230	48 m	bois	2'440 ± 110		2759-2184 cal BP	810-250 cal BC	Remplissage du sous-bassin de Villeneuve.	Froger & Weidmann 1988
SacA-11491	Noville (VD)	forage n° 5408-1	558.650	136.830	8 m	prent bout de branche		2'510 ± 30	2738-2487 cal BP	790-540 cal BC	Potentiellement remanié par l'événement du Tauradunum	Froger & Weidmann 1988
SacA-11492	Noville (VD)	forage n° 5408-1	558.650	136.830	48 m	fragment de bois		2'915 ± 30	3201-2961 cal BP	1250-1010 cal BC	Progradation du delta du Rhône dans le Léman.	inédit
SacA-11493	Noville (VD)	forage n° 5408-1	558.650	136.830	116 m	prent bout de branche		3'985 ± 30	4144-3914 cal BP	2195-1965 cal BC	Progradation du delta du Rhône dans le Léman.	inédit
SacA-11494	Noville (VD)	forage n° 5408-1	558.650	136.830	140 m	fragment de bois		3'970 ± 30	4415-4160 cal BP	2465-2210 cal BC	Progradation du delta du Rhône dans le Léman.	inédit
ARC-11792	Roche (VD)	pylône EOS n° 136	560.530	133.780	10.50 m	tourbe compactée éd. env. 10 cm		4'600 ± 50	5469-5054 cal BP	3520-3105 cal BC	Couche de tourbe dite du "Subboréal", altitude 368 m.	Schoeneich 1999
Lyon-3384(Oxa)	Chessel (VD)	forage 1001	557.485	133.470	20 m	bois provenant d'échantillons de tourbe		4'660 ± 35	5570-5312 cal BP	3620-3360 cal BC	Potentiellement couche de tourbe dite du "Subboréal", dont ce serait l'occurrence extrême aval en bordure gauche de la plaine, juste avant la zone perturbée par l'éboulement de Chassel-Bozille	inédit
Lyon-3385(Oxa)	Chessel (VD)	forage 1001	557.485	133.470	30 m	bois provenant d'échantillons de tourbe		4'765 ± 35	5590-5331 cal BP	3640-3380 cal BC	Potentiellement couche de tourbe dite du "Subboréal", dont ce serait l'oc extrême aval en bordure gauche de la plaine, juste avant la zone perturbée par l'éboulement de Chassel-Bozille	inédit
ARC-350	Ollon (VD) - Duzillet, gravière		563.100	126.700	4 m	tronc de chêne		7'100 ± 70	8045-7750 cal BP	6095-5800 cal BC	Alluvionnement de la plaine	Hurni et al. 1999
ARC-995	Viomaz (VS)	forage F 39	559.208	127.062	7.40 m	bois confère	8'425 ± 65		9535-9297 cal BP	7590-7350 cal BC	Alluvionnement de la plaine	non publié
ARC-1114	Viomaz (VS)	décharge CIBA	559.300	127.600	2 m	tronc de pin	8'615 ± 56		9702-9492 cal BP	7750-7540 cal BC	Alluvionnement de la plaine	non publié
UZ-2880 / ETH-9356	Ollon (VD) - Chalex	forage AN 13	564.105	128.085	3.15 m	tourbe limoneuse décompactée et compactée		8'480 ± 95	9678-9263 cal BP	7730-7315 cal BC	Phase palustre en bordure de la plaine du Rhône, peut-être liée à la "terrasse de 10 m"	Schoeneich 1999
UZ-2879 / ETH-9355	Ollon (VD) - Chalex	forage AN 13	564.105	128.085	3.70 m	tourbe limoneuse décompactée et compactée		8'915 ± 100	10241-9691 cal BP	8290-7740 cal BC	Phase palustre en bordure de la plaine du Rhône, peut-être liée à la "terrasse de 10 m"	Schoeneich 1999
UZ-2967 / ETH-10211	Ollon (VD) - Chalex	forage AN 13	564.105	128.085	10.20 m	microrestes végétaux et ligneux		6'365 ± 80	7437-7029 cal BP	5490-5080 cal BC	Inversion - à rejeter	Bezak & Schoeneich 1993
Hd 16719-16028	Ollon (VD) - Duzillet, gravière		563.100	126.700	inconnu	tronc de chêne		8'975 ± 40	10233-9925 cal BP	8285-7975 cal BC	Alluvionnement de la plaine	Kromer 1999
Hd 16092	Ollon (VD) - Duzillet, gravière		563.100	126.700	inconnu	tronc de mélèze 505 VAD		10'138 ± 24	11976-11643 cal BP	10025-9695 cal BC	Tronc flotté	Kromer 1999
Ly-3981	Monthey (VS)	forage	562.760	121.990	23 m	bois	10'250 ± 140		12611-11397 cal BP	10660-9450 cal BC	Age minimal de remblaiement par le Rhône à la cote 390 m. Age maximal de recouvrement par le cône de la Vézère.	Froger & Weidmann 1988

Les datations inédites de Versvey et du forage de Chessel ont été financées par le projet ACI-CatNat Grands éboulements historiques et effets secondaires. Les datations inédites du forage de Noville ont été financées par le grand équipement national Arrens de l'INSU-CNRS à Nancy.

- en avant du talus du delta d'Ollon, des sondages ont révélé une sédimentation lacustre, puis tourbeuse. Le lac devait donc s'étendre précédemment jusqu'au pied du talus<sup>75</sup>;
- au Duzillet, les plus vieux troncs dragués dans la gravière ont un âge de 12 000 à 10 000 ans. Ils étaient pris dans des alluvions grossières du Rhône, entre 380 et 400 m d'altitude<sup>76</sup>;
- les données géophysiques, ainsi que les observations sédimentologiques révèlent une nette discontinuité dans les sédiments à l'aval du Duzillet<sup>77</sup>.

On peut supposer que le rivage de l'époque se situait au pied du front deltaïque désormais inactif d'Ollon, et au pied Nord de la colline de Saint-Triphon. A hauteur du Duzillet, le delta du Rhône s'avancit en un lobe convexe. On ne sait rien de la position et de la taille des deltas latéraux.

### *L'abaissement du niveau lacustre au Mésolithique*

Après environ 10 000 ans avant aujourd'hui, le niveau lacustre semble s'être rapidement abaissé à un niveau proche de l'altitude actuelle, voire inférieur. Trois sites permettent de reconstituer la situation vers 9500 ans avant aujourd'hui (Fig. 7c):

- en contrebas du front deltaïque d'Ollon, une séquence tourbeuse atteste la présence d'un marais littoral<sup>78</sup>;
- en amont de Vionnaz, deux troncs de pins piégés dans des alluvions rhodaniennes à environ 380 m d'altitude indiquent le niveau de la plaine fluvio-deltaïque en rive gauche<sup>79</sup>, alors qu'à un kilomètre plus loin, les tourbes des rigoles de Vionnaz sont plus jeunes de plusieurs millénaires<sup>80</sup>;

<sup>75</sup> Sondage CEDRA AN 13, SCHOENEICH, «Le Duzillet»; Evelyne BEZAT-GRILLET *et al.*, «Le Duzillet – Esquisse environnementale: des plantes, des animaux et des hommes», dans BECKER *et al.* (éd.), *Les troncs fossiles du Duzillet*, 1999, p. 325-337. La séquence lacustre sous-jacente aux tourbes n'a pas pu être datée, mais l'analyse pollinique montre une continuité de la sédimentation lacustre de la fin du Tardiglaciaire au Préboréal. L'assèchement et la mise en place des tourbes daterait du début du Boréal.

<sup>76</sup> Bernd KROMER, «Analyses <sup>14</sup>C d'échantillons pour la calibration», dans BECKER *et al.* (éd.), *Les troncs fossiles du Duzillet*, p. 305-309. Le plus vieux tronc est un mélèze probablement flotté, dont la date ne peut donc être interprétée directement comme un âge de sédimentation (datation des cernes les plus jeunes: Hd 16092, 11975-11645 cal BP). Le plus vieux chêne présentait une écorce et un aubier préservés, signes d'une très faible distance de transport, et peut donc être considéré comme sédimenté in situ (datation des cernes les plus jeunes Hd 16719-16028, 10230-9925 cal BP).

<sup>77</sup> Camille MEYER DE STADELHOFEN, *Carte des résistivités de la Plaine du Rhône*, Berne, 1966 (Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse, série Géophysique n° 7); Camille MEYER DE STADELHOFEN, *Atlas des résistivités électriques apparentes du Moyen Pays vaudois*, Service vaudois de l'aménagement du territoire, 1972 (Cahiers de l'aménagement régional, 15). La carte des résistivités de surface montre des résistivités élevées sur la terrasse d'Ollon, à l'Ouest de la colline de St-Triphon et à l'aval du Duzillet, correspondant à des corps de graviers. Dans la zone située entre l'autoroute, le Nord de la colline de St-Triphon et celle de Plan-tour, les résistivités sont basses, révélant la présence de tourbes superposées à des sédiments fins lacustres. Ces interprétations sont confirmées par les sondages et permettent ainsi de spatialiser les résultats.

<sup>78</sup> Datation UZ-2879 / ETH-9355, 10240-9690 cal BP. Sondage CEDRA AN 13, SCHOENEICH, «Le Duzillet»; BEZAT-GRILLET *et al.*, «Le Duzillet».

<sup>79</sup> Troncs prélevés dans un forage et les excavations d'une décharge contrôlée de Ciba. Datations ARC-995 et ARC-1114. 9700-92950 cal BP. Datations non publiées.

<sup>80</sup> C'est une des plus anciennes analyses polliniques réalisées dans la plaine du Rhône, P. KELLER, «Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des Wallis», *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich*, 80 (1935), p. 2-74; BEZAT-GRILLET *et al.*, «Le Duzillet», p. 336 et fig. 33.

- l’abri mésolithique de Châble-Croix, à Vionnaz, situé entre les deux, donnait probablement sur le rivage lacustre<sup>81</sup>;
- pendant ce temps, le dépôt de troncs de chênes et la sédimentation continuaient au Duzillet.

On peut donc tracer une ligne de rivage légèrement à l’aval de la précédente. Le delta du Rhône au Duzillet devait être perché, tandis que le Rhône y entaillait des chenaux pour former un nouveau delta emboîté dont la position exacte n’est pas connue.

### *Les bas niveaux lacustres du Néolithique*

Durant les 4000 ans qui suivent, on ne sait rien de l’état de la plaine, si ce n’est qu’au Duzillet, des troncs de chênes ont continué à être enfouis dans les graviers du Rhône. On sait par contre, par les stations archéologiques littorales, que le niveau lacustre a été plus bas que le niveau actuel pendant presque tout le Néolithique et une bonne partie de l’âge du Bronze, atteignant 368 m, voire 366 m d’altitude (Fig. 7d).

Les données stratigraphiques des sondages indiquent que le bassin lacustre devait déjà être partiellement remblayé par des sédiments de fond, laissant un lac aux eaux peu profondes. La présence de corps sédimentaires graveleux dans le centre de la plaine indique que le delta du Rhône a dû progresser rapidement, plus ou moins selon le cours actuel, alors que de part et d’autre, c’est une sédimentation lacustre sableuse qui achevait le comblement (Fig. 7e).

C’est au Néolithique final, vers 5500 ans avant aujourd’hui, que l’on trouve les éléments suivants:

- une couche de tourbe apparemment continue s’étend à l’altitude de 368-370 m, soit à une dizaine de mètres sous la surface actuelle de la plaine fluviodeltaïque, d’Yvorne en amont jusqu’à Roche et Chessel à l’aval. Recoupée par de nombreux forages et puits, elle constitue un élément stratigraphique majeur de cette partie de la plaine. Il s’agit d’une tourbe à roseaux mise en place dans un marais du même type que l’actuel marais des Grangettes, et qui est daté d’environ 5500 à 5000 ans<sup>82</sup>;

<sup>81</sup> Michel GUELAT, *Quatre études géoarchéologiques (Valais et Chablais vaudois, Suisse): environnement et préhistoire*, Sion, 2006 (Les cahiers des sciences naturelles, 8).

<sup>82</sup> Datation ARC-1792, 5470-5055 cal BP, dans un puits foré du pylône 136 de la ligne à haute tension 380 kV d’EOS. Deux dates concordantes ont été obtenues sur des échantillons de tourbes provenant d’un forage de calibration sismique près de Chessel: Lyon-3384(OxA), 5570-5310 cal BP, Lyon-3385(OxA), 5590-5330 cal BP. Les deux échantillons sont à des profondeurs plus importantes (respectivement 20 et 30 m). Il s’agit toutefois d’un forage destructif, qui n’a été échantillonné que tous les 10 m. On se situe par ailleurs dans la zone perturbée par l’éboulement du Tauredunum et les échantillons ont pu être «brassés» et portés à plus grande profondeur par l’événement. Ils semblent toutefois attester que la couche de tourbe s’étendait jusqu’à cet endroit.

- à l'aval, dans la région de Villeneuve et de Noville, la sédimentation est plus récente, et révèle une discontinuité latérale majeure<sup>83</sup>.  
On peut donc reconstituer la situation à cette époque:
- le lac se situait à environ 368 m d'altitude;
- le fond du lac se trouvait exondé et un vaste marais se développait d'Yvorne à Roche;
- la position du delta du Rhône n'est pas connue avec précision mais devait se situer à hauteur de Roche et de Chessel.

A l'âge du Bronze, le niveau lacustre a connu d'importantes fluctuations bathymétriques, avant de s'élever au-dessus du niveau actuel dès l'âge du Fer et pendant l'époque romaine. Cela a dû se traduire par une transgression lacustre sur la plaine, attestée dans certains forages par une mince couche de sédiments lacustres déposés directement sur la tourbe.

### *La période historique*

La remontée du niveau lacustre, associée peut-être à un changement du régime hydrosédimentaire du fleuve, a induit une nouvelle phase d'alluvionnement dans la plaine fluvio-deltaïque: une nappe graveleuse d'une dizaine de mètres d'épaisseur recouvre la couche de tourbe<sup>84</sup>. Dans le même temps, le delta a progradé dans la région de Noville, tandis que la plaine de l'Eau-Froide se comblait de sédiments sableux. Dans le même temps devaient se constituer les cônes de déjection actuels, mais on ne dispose de données que sur celui de la Tinière à Villeneuve, où le cône emboîté récent se serait construit de façon intermittente depuis l'âge du Bronze<sup>85</sup>.

<sup>83</sup> Quatre datations obtenues dans un forage destructif pour pompe à chaleur à l'entrée Nord-Est du village de Noville ont donné une série de dates cohérentes: SacA-11491, 4415-4160 cal BP à 140 m de profondeur, SacA-11492, 4144-3914 cal BP à 116 m, SacA-11493, 3200-2960 cal BP à 48 m, SacA-11494, 2740-2485 cal BP à 8 m. La première datation indique qu'à l'époque de la formation de la tourbe entre Yvorne et Roche, on avait à Noville encore plus de 140 m d'eau. La série de dates indique que le delta du Rhône a progradé dans ce secteur pendant l'âge du Bronze et le premier âge du Fer. Ce forage a été soigneusement échantillonné par le bureau Müller & Perrottet SA et transmis à M. Marc Weidmann. Nous les en remercions. Deux datations obtenues dans un forage de calibration de sismique dans la zone industrielle de Villeneuve ont donné des âges concordants avec la fin du remplissage: Ly-3975, 3155-2375 cal BP à 18 m de profondeur, Ly-3976, 2760-2185 cal BP à 48 m de profondeur, FINGER, WEIDMANN, «Quelques données géologiques nouvelles», p. 32-33. L'inversion d'âge est probablement due à la retombée de débris dans le forage, destructif et non tubé.

<sup>84</sup> Ce sont les «graviers supérieurs» de FREYMOND, «Les dépôts quaternaires».

<sup>85</sup> Adolphe Morlot avait relevé dans la tranchée de la voie CFE, dans les années 1860, trois niveaux archéologiques qu'il attribuait respectivement au Néolithique, à l'âge du Bronze et à l'époque romaine. Ces niveaux correspondent à des sols et donc à des interruptions de la sédimentation sur le cône, séparées par des dépôts torrentiels. La datation ETH-18455, 2755-2365 cal BP, obtenue sur un charbon de bois d'un échantillon de la deuxième couche, conservé au Musée de Géologie de Lausanne, conduit à replacer la couche «Bronze» de Morlot au début de l'âge du Fer. Pour l'historique du cas, voir Philippe SCHOENEICH, Pierre CORBOUD, «The dating of the Tinière trench by A. Morlot in 1856-1866: one of the first attempts of absolute dating in archeology and Quaternary geology», dans *Société Préhistorique de France*, Mémoire n° 26, p. 105-111.

- Deux éboulements sont venus modifier la surface de la plaine fluvio-deltaïque:
- Un éboulement parti de Plan Favey a créé en bordure de la plaine les collines sur lesquelles se trouve le village de Versvey. Il s'est produit antérieurement à environ 2500 ans avant aujourd'hui<sup>86</sup>;
  - L'événement majeur est cependant l'éboulement historique du Tauredunum, en l'an 563. Partie des parois de la Suche, une masse estimée à 30-40 millions de m<sup>3</sup> s'est écrasée dans la plaine fluvio-deltaïque, provoquant un bouleversement de la surface du delta du Rhône sur toute la largeur de la plaine. Les collines de Noville, Crébelley, Rennaz et Chessel sont formées d'un mélange de sédiments plissés ou liquéfiés et de matériel éboulé résultant de l'impact sur les sédiments gorgés d'eau. L'événement a par ailleurs provoqué un tsunami lacustre qui a été perçu jusqu'à Genève<sup>87</sup>.

L'éboulement de 563 a provoqué une réorganisation complète de l'hydrographie de la basse plaine du Rhône, repoussant le Rhône vers le pied du versant valaisan à la Porte du Scex, et provoquant le détournement de l'Eau Froide vers Villeneuve. L'emplacement historique de l'embouchure de Rhône est conditionné par les collines résultant de cet éboulement.

### ***Les discontinuités spatiales de la sédimentation***

Les reconstitutions paléogéographiques montrent que l'évolution de la plaine fluvio-deltaïque du Rhône dans le Chablais résulte davantage d'une dynamique de remblaiement par progradation que d'un remplissage par aggradation (Fig. 8). L'analyse sédimentaire atteste la présence de deux discontinuités latérales majeures.

- A hauteur de Saint-Triphon et du Duzillet, une première discontinuité sépare:
- en amont, la zone de comblement tardiglaciaire correspondant à la progradation des deltas glacio-lacustres dans un lac à 400 m d'altitude, puis du delta du Rhône aux niveaux lacustres de 400 m à 382 m. On y trouve d'épaisses séquences graveleuses. Cette zone n'est recouverte que d'une couche peu épaisse d'alluvions récentes;
  - à l'aval, une zone où les sédiments majoritairement lacustres remontent jusqu'à 360-370 m d'altitude. Cette zone a été remblayée durant la première moitié de l'Holocène, par l'effet conjoint d'une sédimentation lacustre fine et de la progradation du delta du Rhône dans un bas niveau lacustre. Une couche tourbeuse associée aux bas niveaux néolithiques recouvre ces sédiments lacustres. Une dizaine de mètres d'alluvions graveleuses postérieures au Néolithique constitue la phase finale du comblement fluvial;

<sup>86</sup> Datation Ly-13458, 2755-2495 cal BP, obtenue sur un morceau de bois prélevé juste au-dessus du dépôt d'éboulement et sous les dépôts lacustres d'un petit lac qui s'est formé dans la cuvette créée par l'éboulement.

<sup>87</sup> Philippe SCHOENEICH, «Impact of rockfalls on soft water saturated floodplain sediments. Three examples from the Swiss Rhone Valley», dans Eddie BROMHEAD, Neil DIXON, Maia-Laura IBSEN (éd.), *Landslides in research, theory and practice. 8<sup>th</sup> International Symposium on Landslides, Cardiff 2000*, Thelford, 2000, Vol. 3, p. 1327-1332; SCHOENEICH, «La naissance violente d'un terroir».

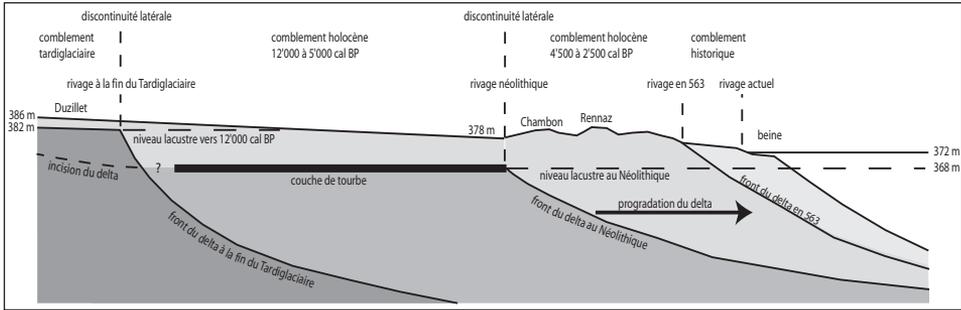


Fig. 8. Coupe schématique du remplissage sédimentaire de la plaine du Rhône dans le Chablais, entre St-Triphon et le lac. La figure ne montre que la partie supérieure du remplissage, connue par des forages. On note deux discontinuités latérales majeures dans la structure du remplissage, dues à des phases de progradation du delta du Rhône liées à des niveaux lacustres successifs.

– une zone de transition à hauteur d’Aigle et de Vionnaz, mal connue, représenterait la phase d’abaissement du niveau lacustre au Mésolithique.  
 La deuxième discontinuité majeure se situe entre Roche et la Porte du Scex. Elle sépare:

- en amont, la zone précédemment décrite de comblement du début de l’Holocène;
- à l’aval, la zone de progradation du delta du Rhône pendant les âges du Bronze et du Fer, à des niveaux lacustres proches du niveau actuel ou légèrement plus élevés;
- la discontinuité ne peut être située avec précision, la zone étant perturbée par l’effondrement du Tauredunum.

Une troisième discontinuité n’a pu être retracée jusqu’ici dans la plaine; elle est en revanche bien connue dans le lac: il s’agit du «réflecteur M», un horizon de réflexion qui apparaît dans tous les profils sismiques de la partie amont du Léman. Corrélat à l’effondrement du Tauredunum, en l’an 563, il correspond à un événement sédimentaire majeur, accompagné d’une migration latérale des chenaux deltaïques<sup>88</sup>.

## Etude de cas n° 2: dynamique paléo-environnementale du Rhône dans la vallée de Conches depuis la fin du Petit Age Glaciaire

La cartographie présentée ici détaille les paléoenvironnements récents dans le secteur qui s’étend d’Oberwald à Reckingen. Il s’agit d’une application de la méthode de cartographie paléo-environnementale développée par Jean-Paul

<sup>88</sup> David DUPUY, *Etude des sédiments quaternaires de la Molasse et sa tectonique dans le Grand Lac (Léman) à partir de données sismiques 2D et 3D*. Thèse de doctorat, Université de Lausanne, 2006; Philippe SCHOENEICH, David DUPUY, François MARILLIER, «A rockfall triggered tsunami in Lake Geneva. The Tauredunum 563 AD event», dans *5<sup>th</sup> Swiss Geoscience Meeting*, Genève, 2007, Volume of abstracts.

Bravard et ses collègues pour l'étude du Rhône français<sup>89</sup>. Cette approche a été utilisée sur plusieurs secteurs de la plaine du Rhône, de Gletsch au Lac Léman<sup>90</sup>.

### *Le secteur d'Oberwald à Reckingen*

Situé dans la vallée de Conches, ce secteur a une altitude moyenne de 1354 m. Le débit moyen actuel du Rhône à Reckingen est de 9,95 m<sup>3</sup>/s. La vallée y est assez étroite (entre 500 et 800 m) et est située à l'aval de gorges qui raccordent ce secteur à la plaine de Gletsch. La diminution de la pente a favorisé la mise en place d'un remblaiement alluvial pluri-millénaire au sortir des gorges. De nombreux cônes alluviaux bordent latéralement la vallée, réduisant ainsi les possibilités d'expansion latérale des eaux du fleuve. Le Rhône est aujourd'hui endigué sur l'ensemble du secteur. Son lit est entouré de digues rectilignes formées de murets en pierre sur les trois premiers kilomètres, d'Oberwald à Ulrichen, alors qu'entre Ulrichen et Reckingen, il présente quelques légères sinuosités. L'ensemble du tracé a cependant connu plusieurs changements morphologiques depuis 1860.

### *L'analyse de cartes anciennes*

La cartographie réalisée a été effectuée à partir de documents cartographiques anciens et récents, des cartes Dufour aux cartes nationales actuelles<sup>91</sup>, qui ont permis de procéder à une analyse diachronique du style fluvial entre 1840 et 1999. Les cartes utilisées n'ont pas toutes la même échelle; certaines sont au 1:25 000, d'autres au 1:50 000. Le géoréférencement des cartes a permis une mise à l'échelle commune de tous les documents. La date de 1860 a été retenue comme crue de référence centennale, car les limites des zones inondées en 1860 étaient figurées sur les cartes, mais aussi et surtout car elle marque le début des différentes corrections mises en place suite à la succession de crues majeures ayant eu lieu entre 1835 et 1860.

Le site d'Oberwald-Reckingen a été étudié par comparaison des cartes éditées en 1860, 1881, 1933 et 1996 (Fig. 9). Ces dates correspondent globalement aux différentes étapes d'application des mesures de correction du Rhône engagées à partir de 1860.

<sup>89</sup> Jean-Paul BRAVARD *et al.*, «Un atlas du paléo-environnement de la plaine alluviale du Rhône de la frontière suisse à la mer», dans *Collection EDYTEM, Cahiers de Paléoenvironnement*, 6 (2008), p. 101-116; voir également le texte de PROVANSAL et BRAVARD, «Le croisement d'approches naturalistes et historiques», dans ce volume, p. 17-45.

<sup>90</sup> LAIGRE, *Etude diachronique de la dynamique fluviale du Rhône suisse*.

<sup>91</sup> Pour une description des caractéristiques de ces cartes, on pourra se référer à l'article de Sabine STÄUBLE, Simon MARTIN, Emmanuel REYNARD, «Historical mapping for landscape reconstruction: examples from the Canton of Valais (Switzerland)», dans *Mountain Mapping and Visualisation, Proceedings of the 6<sup>th</sup> ICA Mountain Cartography Workshop*, 11-15 February 2008, Lenk, Switzerland, p. 211-217, ainsi qu'au texte d'Emmanuel REYNARD, «Les sources cartographiques pour l'histoire du Rhône valaisan», dans ce volume, p. 63-71.

### ***La légende de la cartographie paléoenvironnementale***

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. Cette légende hiérarchise les zones inondables de la plaine alluviale, des zones les moins soumises aux crues à celles qui sont les plus fréquemment touchées<sup>92</sup>. 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. 10). Certaines sous-unités ont été ajoutées dans le but d'établir une hiérarchisation des cônes alluviaux, qu'il est indispensable de prendre en compte. À l'inverse, d'autres ont été supprimées comme les basses terrasses, absentes en Valais<sup>93</sup>.

### ***L'évolution du style fluvial entre 1860 et 1996***

D'Oberwald à Obergesteln (Fig. 11a), la carte de 1860 montre un chenal situé plus au centre de la plaine que le chenal actuel. Un large méandre de longueur d'onde proche de 300 m a pu être identifié en 1860. À partir de 1881, le chenal apparaît plus rectiligne et a été déplacé. Il passe progressivement sur la rive gauche au fur et à mesure de sa progression vers l'aval. Aucun changement morphologique n'est observé entre 1881 et 1932. En revanche, entre 1832 et 1996, une réduction de la largeur du chenal est bien visible. Aucune mesure quantitative n'a pu être effectuée car des incertitudes dues à la différence d'échelle entre les cartes demeurent. À l'aval d'Obergesteln (Fig. 11b), un important banc de 20 m de longueur, séparant le chenal du Rhône en deux bras, est observable sur la carte de 1860. À partir de 1881, ce secteur a disparu. La légère sinuosité qui caractérisait le fleuve avant 1881 a cependant été conservée.

Cette modification morphologique du chenal visible sur les cartes à partir de 1881 s'explique par la mise en place des travaux de correction après la succession des crues des années 1830 à 1860. Les travaux d'endiguement du Rhône ont contribué à rendre le chenal plus rectiligne et à supprimer les secteurs de méandrage et de tres-sage dans le but d'éviter des débordements trop importants lors de montée brutale des eaux. Ceci explique la disparition du méandre figurant sur la carte de 1860.

Les cônes latéraux sont nombreux et relativement vastes dans ce secteur. Qu'ils soient d'origine torrentielle ou issus de la dynamique des versants (éboulement, écroulement), ils limitent l'expansion latérale du Rhône et ont parfois contraint le lit du fleuve à migrer vers l'un ou l'autre des versants (Fig. 11b). La plaine alluviale est donc moins large à l'aval du secteur. Ces cônes sont aujourd'hui pour la plupart

<sup>92</sup> Une description détaillée de cette légende a été faite par BRAVARD *et al.*, «Un atlas du paléo-environnement de la plaine alluviale du Rhône».

<sup>93</sup> Les modifications apportées à la légende pour l'étude du Rhône suisse sont décrites dans le mémoire de LAIGRE, *Etude diachronique de la dynamique fluviale*, ainsi que dans l'article de Laetitia LAIGRE, Gilles ARNAUD-FASSETTA, Emmanuel REYNARD, «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», dans *Bulletin de la Murithienne*, soumis. Toutes les situations ne sont pas présentes dans le secteur présenté ici (vallée de Conches).

inactifs, soit parce que les torrents qui les ont formés sont chenalisés et n'alimentent donc plus la surface du cône, soit parce que les torrents non chenalisés s'incisent dans le cône, empêchant tout débordement. Dans ce cas, ces derniers apparaissent sur la carte sous le terme de cône-terrasse. Aucune datation précise des cônes n'a pu être établie; ils ont toutefois été créés durant l'Holocène, une fois la vallée libérée de la glace.

### *La dynamique paysagère de la vallée de Conches entre 1860 et 1996*

En 1881, une large partie du fond de vallée est occupée par des zones humides (Fig. 12) qui couvrent une superficie de 151 ha, soit 27,1% de la superficie de la plaine alluviale du secteur. En 1932, leur superficie n'a que légèrement diminué puisqu'elle est de l'ordre de 140 ha, soit 24,5% de la surface de la plaine (Fig. 13). En revanche, entre 1932 et 1996, l'ensemble de ces zones humides a disparu: en 1996, seuls 3 ha ont été comptabilisés, ce qui représente à peine 0,7% de la surface de la plaine. C'est seulement entre 1932 et 1996 que le changement d'occupation du sol s'est produit, avec la disparition de 98% des zones humides qui ont laissé place à un fond de vallée majoritairement formé de grandes prairies. La disparition de ces zones humides se fait plus tardivement dans ce secteur qu'à l'aval de la vallée où une réduction des surfaces marécageuses a pu être observée dès les années 1890 autour de Sion<sup>94</sup>. L'absence de cartes topographiques du secteur entre 1932 et 1996 limite les interprétations qui expliqueraient cette décroissance tardive. Cependant, on constate qu'en 1932, seuls les affluents majeurs situés à proximité des zones construites ont été chenalisés et sont connectés au Rhône. Les autres sont isolés du

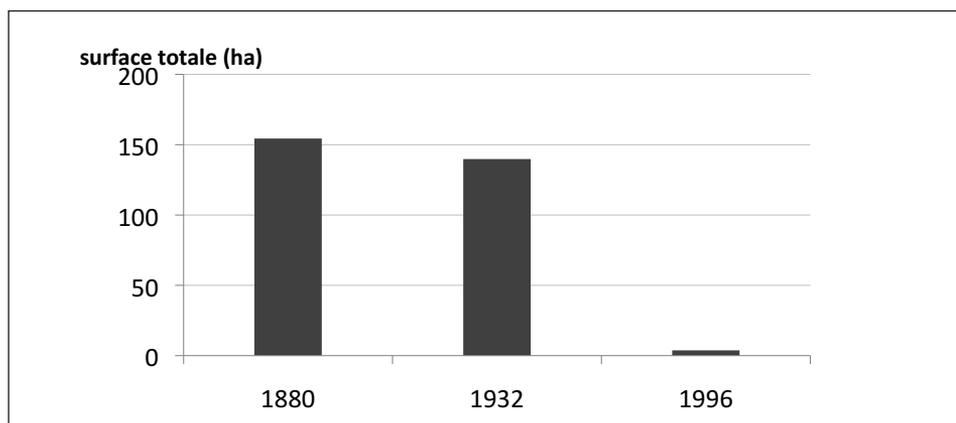


Fig. 13. Evolution des surfaces des zones humides entre Oberwald et Reckingen, de 1880 à 1996.

<sup>94</sup> Voir STÄUBLE, REYNARD, «Evolution du paysage de la plaine du Rhône»; ZANINI *et al.*, «Analyse de la dynamique du paysage de la plaine du Rhône».

fleuve par des digues. Ils déversent alors leurs eaux dans la plaine sans qu'elles puissent rejoindre le Rhône. Cette région étant également moins peuplée et moins fréquentée que les parties basses du Valais jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, il est aisé de penser que ces espaces n'étaient probablement pas prioritaires pour l'assainissement de la plaine et le creusement de canaux de filtration et de drainage. Les zones marécageuses ne dérangent manifestement pas vraiment jusqu'à l'essor des activités touristiques et militaires, qui ont probablement contribué à la disparition de ces zones humides, tout comme la mise en œuvre du Plan Wahlen durant la Deuxième Guerre mondiale, comme cela a été démontré ailleurs<sup>95</sup>.

### *Une plaine qui évolue peu*

Dans le secteur d'Oberwald, le style fluvial n'a que très peu évolué depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, dans la mesure où le chenal était déjà rectiligne à cette époque. Celui-ci a été déplacé et corseté de merlons pour éviter qu'il ne divague. La sinuosité du chenal induite par les vastes cônes de déjection a été globalement conservée entre 1860 et 1886. Enfin, l'endiguement du Rhône n'a pas eu de véritable impact sur l'occupation du sol entre 1880 et 1932. C'est seulement entre 1932 et 1996 que les surfaces de zones humides disparaissent pour laisser place à de vastes prairies utilisées pour l'agriculture l'été et pour les activités touristiques l'hiver.

Cependant, les périodes plus anciennes, notamment celle du Moyen Age, restent très peu documentées pour ce qui concerne la dynamique du système fluvial. Ces importantes lacunes scientifiques ouvrent donc la voie à de futures recherches scientifiques plus approfondies.

### **Conclusions et perspectives de recherche**

Ce bref aperçu de l'état des connaissances sur la géomorphologie de la vallée du Rhône suisse permet de tirer quelques constats généraux et d'esquisser un certain nombre de pistes de recherches futures.

Cet article montre premièrement à quel point la dynamique et l'histoire géomorphologique du Rhône suisse sont peu connues vis-à-vis du Rhône français et de ses affluents. Force est de constater que la communauté des géomorphologues suisses s'est peu intéressée jusqu'à présent à la dynamique des fleuves et à la morphogénèse fluviale des vallées. Les efforts ont été consacrés à l'étude des glaciers et des hauts bassins versants. Il en résulte une relative anémie des connaissances sur l'histoire, surtout holocène, du Rhône en amont du Léman.

Les différentes études géophysiques, menées notamment dans le cadre des travaux d'aménagements autoroutiers et de la prospection géothermique, ont toutefois permis de définir avec une certaine précision la topographie du fond rocheux de la vallée et les principales caractéristiques du remblaiement postglaciaire (moraine de

<sup>95</sup> STÄUBLE, REYNARD, «Evolution du paysage de la plaine du Rhône».

fond, dépôts glacio-lacustres, dépôts fluvio-glaciaires, alluvions récentes). Le remplissage de surface (premiers mètres) est en revanche nettement moins connu et n'a pas fait l'objet d'une prospection systématique. Il en est de même du raccordement entre les cônes de déjection et la vallée principale.

Le Chablais est, à ce titre, l'exception qui confirme la règle. A la faveur notamment des études menées dans la gravière du Duzillet et des travaux de Philippe Schoeneich, une reconstitution assez précise de l'histoire du remblaiement tardi- et postglaciaire de la plaine chablaisienne a pu être réalisée. Il reste certes un certain nombre d'incertitudes, notamment en ce qui concerne l'éboulement du Tauredunum et ses effets sur la morphologie de la plaine alluviale et du delta, mais une histoire cohérente de l'évolution récente de la plaine peut être proposée, comme nous le faisons dans cet ouvrage.

La plaine en amont du verrou de Saint-Maurice a, quant à elle, été nettement moins prospectée, que ce soit dans la cluse du Rhône, dans la plaine entre Sierre et Martigny, dans la plaine haut-valaisanne, et encore plus dans le tronçon alpin, à l'amont de Brigue. L'étude systématique de Laetitia Laigre a permis d'obtenir une vision assez complète des changements survenus depuis le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle sur différents secteurs de la plaine alluviale. Cette étude est complétée par les travaux de détail menés par Marcel Burri dans la région de Sierre. En revanche, aucune étude géoarchéologique visant à comprendre les changements géomorphologiques de la plaine en s'appuyant sur les découvertes et les datations d'objets archéologiques n'a pour le moment été menée, et ce, malgré l'importance des découvertes historiques, notamment dans les secteurs de Martigny, de Sion ou de Gamsen.

Sur la base de ces constats, un certain nombre de perspectives de recherches peuvent être esquissées.

Tout d'abord, une étude systématique du remblaiement holocène devrait être entreprise, afin de mieux comprendre l'histoire récente du fleuve, les variations de la dynamique fluviale et sédimentaire, ainsi que les effets de ces variations sur l'histoire humaine. Une telle recherche devrait s'appuyer en tout cas sur quatre types de méthodes: des relevés de terrain, associés à une analyse précise de la topographie de la plaine au moyen de modèles numériques de terrain; l'utilisation de diverses méthodes de prospection géophysique, mécanique (forages) et de datation des niveaux supérieurs du remblaiement de la vallée; le croisement des résultats géomorphologiques, sédimentologiques et géophysiques avec les données archéologiques; et finalement, pour les remplissages les plus récents, le croisement de ces mêmes données avec les chroniques et les informations fournies par les documents d'archives. Ce sont là, partiellement, les objectifs de la thèse de doctorat sur le Rhône valaisan à l'Holocène entreprise actuellement par Laetitia Laigre auprès des universités de Lausanne et de Paris 12.

Un deuxième axe de recherche concerne l'étude de la relation entre la vallée principale et les apports sédimentaires provenant des vallées latérales. Les recherches menées principalement dans les années 1970 et 1980 ont certes permis de reconstituer, avec plus ou moins de détails, l'histoire tardiglaciaire. Quelques travaux plus récents, réalisés par Sylvain Coutterand à l'Université de Savoie, ont également permis de préciser les altitudes atteintes par le glacier du Rhône et ses affluents au dernier Pléniglaciaire. Les nouvelles méthodes de datation (notamment les méthodes

d'exposition cosmogénique) ouvrent des perspectives inédites. Une étude systématique du raccordement entre les vallées latérales et la vallée principale, basée sur une reprise des études de coupes le long de la vallée du Rhône, une nouvelle série de datations, là où cela est possible, et des reconstitutions paléogéographiques se basant sur les nouveaux outils cartographiques (SIG) donnerait certainement des résultats probants. C'est là l'objet d'un stage post-doctoral de Sylvain Coutterand à l'Université de Lausanne en 2010.

Finalement, pour reconstituer l'histoire géomorphologique récente (dernier millénaire) du fleuve, les résultats de l'étude systématique des documents d'archives, telle qu'elle est menée actuellement par une série d'historiens travaillant en étroite collaboration avec les Archives de l'État du Valais, et dont les premiers résultats feront l'objet d'une future publication de la revue ou des cahiers de Vallesia, devraient être croisés avec les observations géomorphologiques. Une étude plus systématique des plans et cartes d'archives antérieurs à la Première correction permettrait de préciser la dynamique sédimentaire du fleuve selon les secteurs, comme cela a déjà été mis en évidence par Laetitia Laigre dans son mémoire de master 2. Un croisement des données de terrain, des résultats cartographiques et des informations fournies par les documents d'archives devrait permettre de documenter et prouver une possible métamorphose fluviale ayant eu lieu entre l'optimum climatique médiéval et le Petit Age Glaciaire, métamorphose maintes fois mentionnée par les études sur différents cours d'eau français, mais qui, pour le moment, n'a pas pu être mise en évidence en Valais, faute d'investigation systématique sur la question.

Ce sont là trois pistes de recherche qui occuperont les géomorphologues au cours des prochaines années et qui devraient permettre de mieux cerner les contours et les étapes des transformations géomorphologiques de la plaine du Rhône au cours du temps, un éclairage qui pourra s'avérer utile dans le cadre du vaste chantier de la Troisième correction du Rhône.