

## LA METAMORPHOSE DES RIVIERES DES ALPES FRANCAISES A LA FIN DU MOYEN-AGE ET A L'EPOQUE MODERNE

J.P. BRAVARD\*

**Mots clés :** évolution fluviale, crues historiques, chenaux tressés historiques, Alpes.

**Key words:** fluvial evolution; historical flood, braided river system; Alps.

### RESUME

Cette étude propose l'hypothèse d'une métamorphose des cours d'eau alpins entre le 12<sup>ème</sup> et le 18<sup>ème</sup> siècles; les crues et la géomorphologie des lits fluviaux sont choisis comme descripteurs d'un changement saisi par des sources croisées: textes historiques, cartes anciennes, observations géomorphologiques.

Les rivières et vallées alpines ont probablement connu une période de calme hydrologique et d'aménagement jusqu'au début du 14<sup>ème</sup> siècle; le caractère "erratique" du climat de l'Europe à cette époque se traduit par la fréquence et l'intensité particulière des crues et par le développement d'un style fluvial tressé sur les cours d'eau de rang inférieur. Cette évolution progressive culminera aux 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> siècles pendant le Petit Age Glaciaire; les grandes vallées, notamment celles de l'Isère et du Rhône furent particulièrement affectées par des crues catastrophiques, par un important dépôt de sédiments grossiers et par la progradation du style fluvial tressé.

### ABSTRACT

*This study concerns the hypothesis that alpine rivers experienced a major metamorphosis between the 12th and 18th century; evidence of flooding and from fluvial geomorphology is used to indicate change in rivers. Various sources are used: historical texts, old maps and geomorphologic features.*

*Alpine rivers and valleys probably experienced a period of hydrological inactivity and development prior to the beginning of the 14th century; at that time, the climate of Europe became unstable, causing frequent and intense flooding, as well as a geomorphic change to braided pattern along low order rivers. This progressive evolution reached its maximum during the Little Ice Age (17th-18th century); the largest valleys, namely the Isère and the Rhône, were devastated by catastrophic floodings, by an intense deposition of coarse sediments and by the downstream progradation of the braided pattern.*

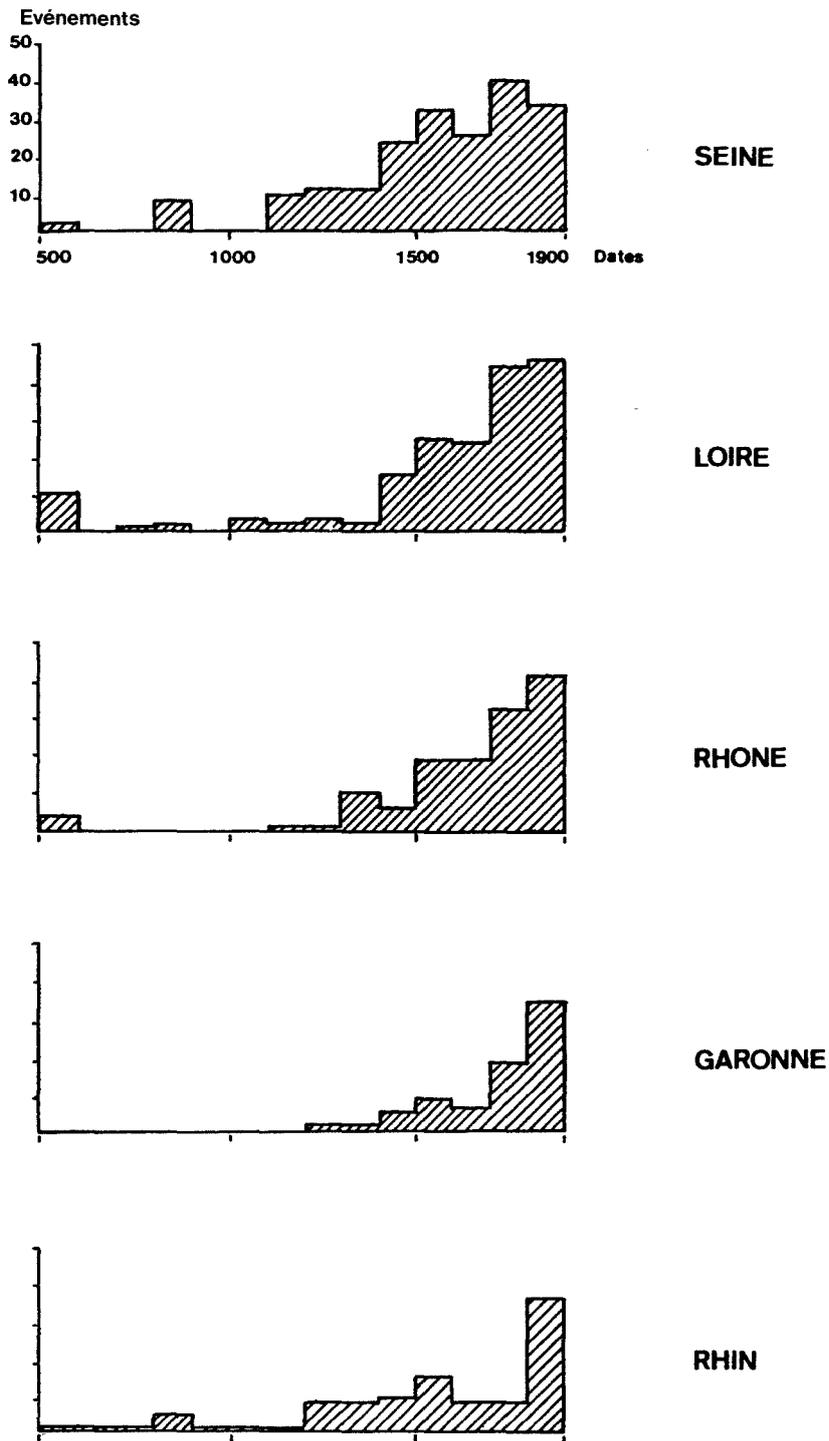


Figure 1: Les inondations provoquées par les crues de cinq fleuves français; d'après CHAMPION (1863).

## INTRODUCTION

L'histoire climatique et glaciaire de la France et, en particulier, des Alpes est encore mal connue pour la période du bas Moyen Age. LE ROY LADURIE (1983) estime que le petit optimum climatique des environs de l'an mil fut suivi d'une poussée glaciaire vers 1150-1300, puis d'un retrait modeste avant le Petit Age Glaciaire que l'on fait débiter vers 1550. Le climat de la période 1300-1550 aurait connu des épisodes humides (années 1310 et alentours de 1400) et froids mais les données ne présentent aucun caractère systématique; on manque d'évaluations quantitatives, de précisions sur le régime saisonnier des températures et des précipitations, et la régionalisation des fluctuations climatiques reste à faire.

Jusqu'à présent les chercheurs ont privilégié deux thèmes. Le premier est le "Petit Age Glaciaire" *sensu stricto* (1550-1850), analysé avec précision par les historiens, confirmé par les techniques relevant des Sciences de la Terre et situé dans l'histoire des fluctuations climatiques holocènes (GROVE, 1987). Le deuxième, spécifiquement français, pour ne pas dire alpin, porte sur la crise torrentielle de l'époque moderne et contemporaine; il a opposé les tenants de l'hypothèse climatique aux forestiers et historiens qui ont mis en cause les excès commis par les populations alpines. Ce débat a quelque peu perdu de son ardeur chez les géographes au profit d'une solution de compromis très prudente, portant sur la part des responsabilités respectives (JORDA, 1980; NEBOIT, 1983).

Peu de travaux concernent l'évolution des cours d'eau et des fonds de vallée depuis l'optimum climatique du Moyen Age. On peut citer l'étude de HENROTTAY (1973) sur la morphodynamique fluviale de rivières ardennaises, déduite de la pollution des limons de débordement par des scories métallurgiques d'âge médiéval. L'étude des cartes remontant à 1775 conduit TRAFAS (1975) à penser que le tressage s'est substitué au méandrage depuis plus de 200 ans sur la Vistule à la suite de la déforestation et de l'introduction, dans le bassin versant, de plantes à racines, qui ont accru la charge fluviale. La plupart des recherches ne portent pas sur la recrudescence de l'activité fluviale durant la phase du Petit Age Glaciaire, mais adoptent plutôt une démarche récurrente pour démontrer que l'activité fluviale était plus intense aux 18ème et 19ème siècles qu'au milieu du 20ème siècle. C'est le cas des travaux de KOUTANIEMI (1987) sur l'occurrence de crues exceptionnelles à la fin du 18ème siècle en Finlande, de MACKLIN et ROSE (1986) sur l'activité de cours d'eau des Pennines à l'époque de l'extraction minière. Par ailleurs, la datation au C<sup>14</sup> de troncs subfossiles conduit BECKER et SCHIRMER (1977) à situer une phase d'activité fluviale accrue dans la vallée du Main vers 350-700 BP, mais la précision paraît encore insuffisante à cette échelle de temps.

La présente étude propose une synthèse provisoire et chronologique des données historiques et géomorphologiques disponibles dans les Alpes françaises et sur leur piedmont.

## I. LA MORPHODYNAMIQUE FLUVIALE DU MOYEN AGE ANTERIEURE A LA CRISE

### A. Le paysage des fonds de vallée

Les études historiques qui abordent cette question fournissent des arguments convergents en faveur d'une hydrologie et d'une morphodynamique particulièrement calmes.

La première inondation recensée par CHAMPION (1863) dans le bassin du Rhône remonte à 1196, après des siècles de calme hydrologique; le "Déluge de Grenoble", provoqué en 1219 par la rupture d'un barrage naturel, dû à l'éboulement de Vaudaine dans la vallée de la Romanche, est un événement extraordinaire et qui paraît indépendant des fluctuations climatiques. Comme le remarque l'auteur, "plus d'un siècle se passe encore sans qu'il soit possible de trouver sur le Rhône et ses affluents le moindre vestige d'inondation, mais cette lacune ne provient-elle pas plutôt du silence gardé par les rares documents de cette époque que de l'absence du fléau lui-même ?". La question est essentielle, et classique en histoire, mais CHAMPION remarque que le 14ème siècle voit le fléau se produire à plusieurs reprises successives à partir des années 1340 (fig. 1).

Exception faite de la Seine, qui inonde sa vallée à partir du 12ème siècle, les grands cours d'eau n'auraient pas connu de crues autres qu'épisodiques entre le 9ème et le 14ème siècles (Rhin), le 14ème siècle (Rhône) ou le 15ème siècle (Loire, Garonne).

Avec toute la prudence qui s'impose, et même en admettant que la fréquence de ces épisodes ait été sous-estimée par défaut d'analyse et déficience de la documentation conservée, on peut à juste titre émettre l'hypothèse selon laquelle les paysages fluviaux devraient être en harmonie avec cette période multiséculaire de tranquillité hydrologique.

En premier lieu certains cours d'eau réputés pour leur activité aux 18-19èmes siècles, en particulier caractérisés par un style géomorphologique en tresse, auraient possédé un lit unique (ou moins divisé) et plus profond.

Ainsi, à la fin du 13ème siècle, le Drac possédait un port à Seyssins, à l'amont de Grenoble, et "chose plus curieuse encore, de véritables bateaux chargés de marchandises le descendaient" (SCLAFFERT, 1926). Jusqu'en 1277, date à laquelle une charte mentionne des méfaits du Drac, celui-ci aurait coulé sans débordements, peut-être dans un lit à méandres (BOUCHAYER, 1925).

Dans une région alpine relativement bien documentée, SCLAFFERT remarque que les archives où il est question de l'activité torrentielle ne remontent guère au-delà du 14ème siècle.

Les textes qui recensent les ravages des inondations décrivent en général des fonds de vallée fertiles, couverts de prairies, de champs, voire de vergers, à proximité immédiate des cours d'eau. C'est le cas de la vallée du Drac moyen dans le Champsaur, de la vallée de l'Isère en Grésivaudan, de la Durance en Embrunais (SCLAFFERT, 1926); du Verdon à Castellane bordé de prés, vignes et vergers; du Var à Guillaumes où les isles (îles) étaient couvertes de prairies très précieuses et où des vergers suivaient les grèves du fleuve.

Les rivières étaient équipées de moulins et, plus généralement, "d'artifices nombreux". Le Drac était "suffisamment calme pour qu'on pût y établir des ouvrages hydrauliques et des moulins" jusqu'à la fin du 14ème siècle (BOUCHAYER, 1925). La quasi-totalité des moulins du Champsaur et du Valbonnais (Haut-Drac), des vallées du haut bassin de la Durance vont alors disparaître, ainsi que nombre de ponts et de bacs. De même le torrent du Riou Bourdoux, affluent de l'Ubaye, possédait-il encore cinq moulins en 1627, trois en 1740 avant la destruction complète provoquée par les "laves" du 19ème siècle (ARNAUD, 1895).

Il est également remarquable que le pont en bois de la Guillotière, qui franchit le Rhône à Lyon dès 1185, n'ait subi qu'une crue, en 1226, avant l'époque des désastres amorcée au milieu du 14ème siècle; divers arguments archéologiques et techniques plaident en faveur d'un franchissement relativement aisé et sûr à la fin du 12ème siècle (BURNOUF *et al.*, soumis pour publication).

## B. Les témoignages géomorphologiques

Dans les Alpes du Sud, JORDA (1980) a montré que la torrentialité est un phénomène endémique largement contrôlé par les oscillations climatiques. Les périodes de répit auraient été favorables à la pédogenèse et à l'accumulation de limons sur les nappes torrentielles. ARNAUD (1895) a démontré qu'au début du 15ème siècle au plus tard, le cône de déjection du Riou Bourdoux et la section aval de la gorge située à l'amont portaient un sol épais, décrit comme une série arable jaune, fine, complètement épierrée et certainement cultivée; des travaux de génie civil permirent également de découvrir, sous un recouvrement torrentiel épais de 2 à 8 m, des outils, des troncs de peupliers en place, un mur de pierre bordant un ruisseau,... un paysage rural fossilisé par le cône de déjection moderne et contemporain.

Dans les Alpes du Nord, des observations ont été réalisées sur deux tourbières de vallée:

- au confluent de l'Arve et du Giffre, PEIRY (1986, 1988) a observé une quinzaine de pieux de hêtre et de chêne aux pointes intactes enfoncés dans des

sédiments limono-organiques d'âge Boréal; l'abattage des arbres remonte à 1285-1286 ou 1288-1289 selon les analyses du Laboratoire Roman de Dendrochronologie. Ces pieux démontrent qu'au Moyen Age, le Giffre et l'Arve étaient incisés dans le remblaiement alluvial holocène, car les sédiments limono-organiques, ravinés par un conglomérat à ciment ferrugineux, étaient exhumés au 13ème siècle; à une époque indéterminée, remontant au plus tôt au 14ème siècle, la tourbière ancienne et les pieux médiévaux ont été fossilisés par environ 3 m de cailloutis et blocs en provenance de la haute vallée du Giffre;

- dans la vallée du haut Rhône, le marais de Chautagne est un bon exemple de "backswamp" où la tourbification a accompagné l'exhaussement du lit fluvial. A environ 2 km du Rhône, et à une profondeur de près de 4 m, la tourbe, fossilisée par un revêtement limoneux, a été datée 1170 + ou - 140 B.P. (LY, 1940) par la méthode du C<sup>14</sup>. Une étude plus détaillée serait certainement riche d'enseignement quant au passage d'une évolution de type autogénique à l'extension spatiale des flux minéraux véhiculés par les débordements du Rhône.

L'hypothèse d'une incision des cours d'eau et d'une hydrologie calme est confortée par un autre type d'argument. Les fluctuations holocènes du niveau du lac Léman ont une amplitude de plusieurs mètres depuis l'Atlantique et se sont effectuées de part et d'autre du niveau actuel qui est artificiellement fixé au voisinage de 372 m (MAGNY et OLIVE, 1981); on a proposé d'expliquer ces fluctuations non par un bilan hydrologique positif ou négatif mais par le contrôle exercé par l'Arve sur le Rhône qui fait fonction d'émissaire du lac; alors que cet émissaire est privé de sédiments, l'Arve a la possibilité d'ajuster son profil en long aux variations du débit et de la charge grossière, ce dans une vallée resserrée (BRAVARD, 1987, 1988; PEIRY, 1988). Il se trouve que le lac a connu une phase de régression mineure aux 11ème et 12ème siècles (BOURDIER *et al.*, 1976) avant une remontée contemporaine du Petit Age Glaciaire et au cours de laquelle les crues de l'Arve pénètrent dans le lac de façon occasionnelle.

## II. UNE CRISE HYDROLOGIQUE ET MORPHODYNAMIQUE AUX XIV ET XV SIECLES

### A. Changement climatique et aggravation des crues

LE ROY LADURIE (1983) date deux périodes humides en France du Nord, la décennie 1310-1319 et la période 1350-1380, dans un 14ème siècle qui, pour le reste, connaît un climat favorable. LAMB (1984) définit un "climax" du climat européen entre 1150 et 1300 à la

suite duquel le climat devient erratique, marqué par des variations brutales de décennie à décennie ou d'année sur l'autre. Les étés sont frais et humides, l'évaporation diminue, de telle sorte que les marais s'étendent en Angleterre, que la taille des lacs et des rivières augmente à partir du 14<sup>ème</sup> siècle avec un maximum au 15<sup>ème</sup> siècle. Il est clair que cette péjoration est antérieure au Petit Age Glaciaire qui s'étend des années 1550 aux années 1850-1890. Ces vues sont appuyées par GROVE (1987) qui rappelle deux arguments concernant le Valais suisse: le premier est fourni par la datation de sols fossilisés par des moraines d'une récurrence glaciaire que ROTH LISBERGER *et al.*, (1980) situent dès les 12-13<sup>èmes</sup> siècles; le deuxième est que les bisces, ces canaux d'irrigation, également appelés biez, conduisant l'eau des torrents aux prairies, ont été construites pendant la période chaude du Moyen Age et ont été abandonnées au 14<sup>ème</sup> siècle par suite d'une avancée glaciaire: ce fut le cas de la bisse de l'Oberrieden détruite en 1385 (LAMB, 1965). Pour sa part, KARLEN (1988) date le début de l'avancée glaciaire en Scandinavie des années 1350-1400, nettement avant l'expansion du 15<sup>ème</sup> siècle.

Les cours d'eau alpins ont très probablement connu des crues d'une ampleur et d'une fréquence inhabituelles, quelles que soient les réserves que l'on puisse faire sur des données incomplètes. CHAMPION (1863) a placé au 14<sup>ème</sup> siècle le changement hydrologique du Rhône (fig. 1); les inondations paraissent débuter dans le deuxième quart du 14<sup>ème</sup> siècle à Avignon avec des épisodes datés 1338, 1342, 1345, 1352, 1353, 1356.... Les îles du Rhône faisant partie du terroir d'Avignon étaient possédées par des établissements religieux ou des seigneurs, et cultivées en céréales par des tenanciers. En 1319, l'île de Bois-Méjan, qui est aujourd'hui un élément de la grande île de Barthelasse, fut lotie en 41 parcelles au profit des brassiers d'Avignon. Cette colonisation ne dura pas car, sous le pape Urbain V (1378-89), la "directe" du prévôt ne portait plus sur les 350 éminées (environ 30 ha) d'origine mais sur 257, sans doute à cause des dégâts causés par l'érosion (les textes font mention "d'empiètements" du Rhône, de terres incultes, de la progression des bois par abandon des cultures). La grande peste et l'insécurité ont sans doute joué un rôle dans ce déclin, mais la péjoration des conditions hydrologiques est admise par HAYEZ (1978) qui estime que l'île "semble avoir énormément souffert des inondations".

Une histoire détaillée des crues du Drac à Grenoble et des endiguements de correction du lit a été proposée par l'historien BOUCHAYER (1925); l'abondance et l'ancienneté de la documentation tiennent au fait que la ville était une place-forte dauphinoise considérée comme stratégique face à la menace potentielle du voisin savoyard, susceptible de descendre l'Isère par la large vallée du Grésivaudan. Ville ancrée sur les contreforts rocheux de la Chartreuse, mais bâtie dans la plaine alluviale, Grenoble est dans l'angle de la confluence de deux cours d'eau importants (Qm Isère = 175 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>; Qm Drac = 75 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>) et particulièrement exposée à une péjoration des conditions hydrologiques qui apparaît de manière nette par compilation des textes.

Le premier document qui mentionne une crue du Drac est une charte de 1277; suit une période de "débordements extraordinaires" qui menacent Grenoble vers 1373-1377. Pour BOUCHAYER, ces épisodes hydrologiques de faible fréquence n'affectèrent pas la géomorphologie du Drac dont le cours médiéval avait un lit unique, peut-être à méandres; la rivière était "suffisamment calme pour qu'on pût y établir des ouvrages hydrauliques et des moulins sous des prises d'eau appelées "branches". Les gros dégâts de 1414 furent à nouveau suivis d'une accalmie qui dura de 1414 à 1452. C'est au milieu du 15<sup>ème</sup> siècle que la situation se dégrada de manière sensible sur un cours d'eau que l'on dénomme le "dragon" à l'époque moderne (fig. 2): à plusieurs reprises le Drac quitta le chenal artificiel qu'on lui avait creusé entre des rochers à Pont-de-Claix en 1378, attaqua les murs de Grenoble et "déchira même tous ses habillements", c'est-à-dire ses digues, en 1492. Après une relative accalmie au début du 16<sup>ème</sup> siècle, la situation est catastrophique entre 1543 et 1675 puis paraît s'améliorer, mais il est difficile de faire alors la part d'une diminution de l'intensité des crues et d'un perfectionnement des travaux d'endiguement commandés par COLBERT et réalisés en 1683-84 sous la forme du canal Jourdan par l'ingénieur d'ASPREMONT.

Fait remarquable, l'Isère enregistra le changement hydrologique de façon décalée dans le temps. Le premier débordement est mentionné en août 1469; après l'accalmie que connaît le début du 16<sup>ème</sup> siècle, le Drac et l'Isère inondent Grenoble en 1524 et 1525, et "l'influence de l'Isère se fera sentir de plus en plus lourdement par le volume progressif des eaux qu'elle amènera dans la cité" (BOUCHAYER, 1925). En 1648, la

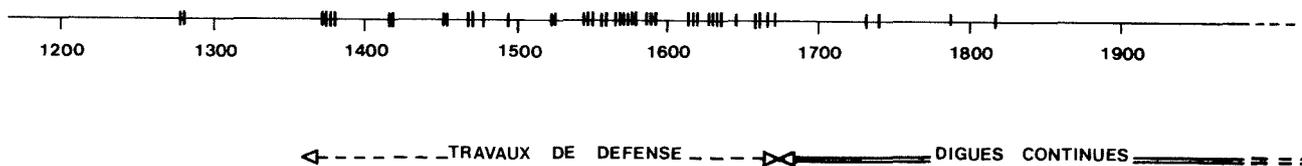


Figure 2 : Les crues du Drac ayant produit dégâts et inondations entre le 13<sup>ème</sup> et le 19<sup>ème</sup> siècles; d'après BOUCHAYER (1925).

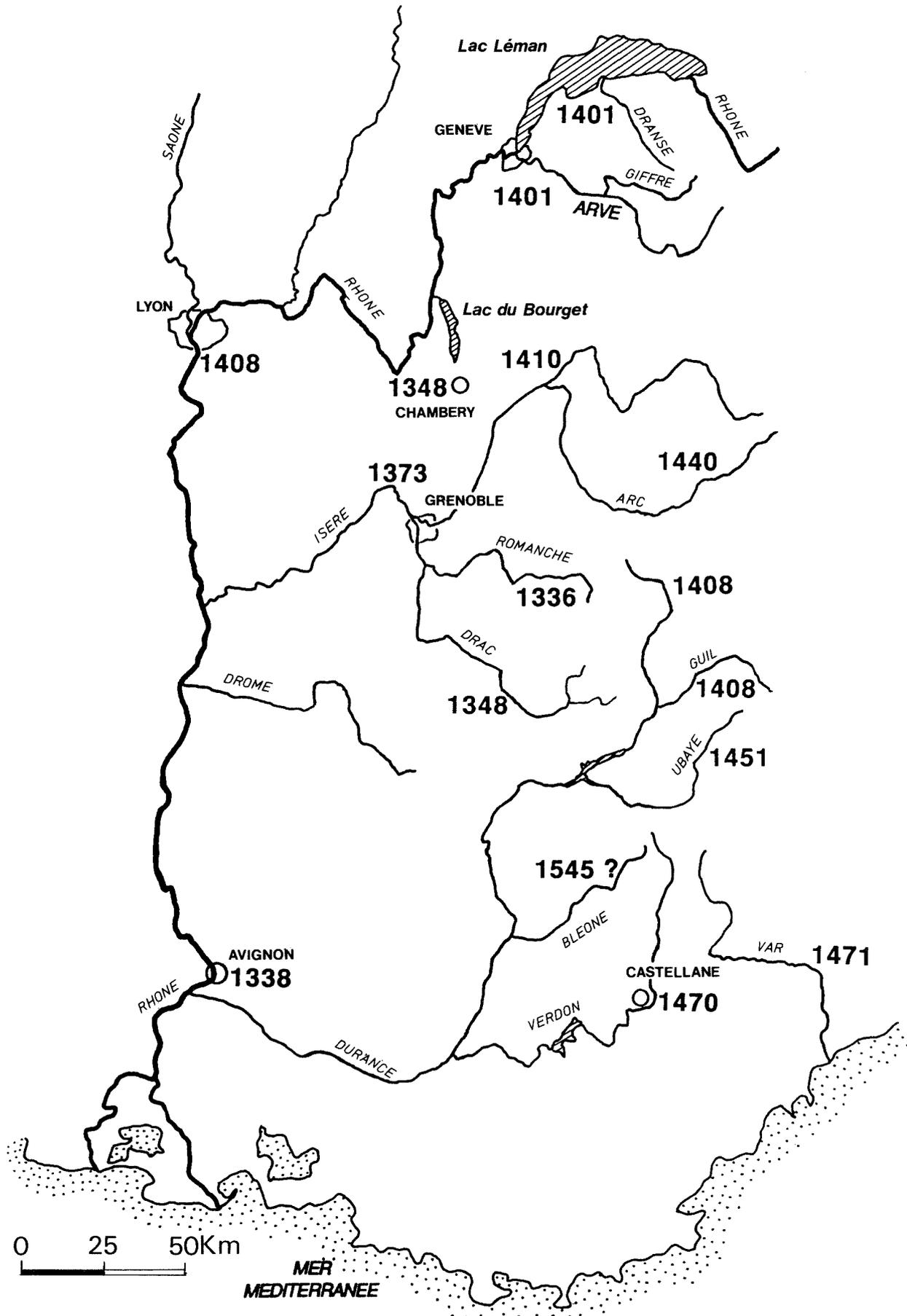


Figure 3 : Date d'apparition des crues considérées comme exceptionnelles ou d'une ampleur nouvelle, dans la France du Sud-Est à la fin du Moyen Age.

ville est "menacée de ruine"; record absolu en 1651, lorsque l'Isère monte de 6,50 m par rapport à l'étiage et atteint le deuxième étage des maisons dans Grenoble. A notre connaissance, les crues de l'Isère dans Grenoble n'ont pas fait l'objet d'un recensement aussi systématique que celles du Drac; les textes dont nous avons connaissance révèlent la persistance des difficultés au 18ème siècle, en particulier en 1731, 1733, 1740, 1764, 1778,... Un décalage chronologique paraît donc encore se manifester avec l'affluent voisin : la situation continue d'empirer sur les rives de l'Isère alors que le Drac, corrigé, s'apaise. Les raisons doivent être recherchées dans le décalage chronologique de l'évolution géomorphologique des deux cours d'eau (voir infra).

Il est clair que ce type d'étude donne une vision localisée des faits; c'est la raison pour laquelle il a paru utile de représenter sur une carte des Alpes (fig. 3) les dates de première mention de crues dévastatrices rapportées par les historiens médiévises. Faut-il admettre que cette carte reflète la plus ou moins grande ancienneté des archives ? L'apparition de préoccupations nouvelles parmi la population alpine ? Avec toute la prudence nécessaire, la carte suggère une rupture à partir de la deuxième moitié du 14ème siècle dans les Alpes du Nord et sur le Rhône; curieusement, les Alpes du Sud paraissent connaître le phénomène avec un décalage d'un demi-siècle, voire plus dans la partie méridionale, mais les réserves précédentes peuvent s'appliquer ici aux rares données disponibles. Des données complémentaires montreraient probablement l'intérêt de la spatialiséation du changement.

### **B. Le changement des cours d'eau aux 14ème et 15ème siècles**

Les inondations du bas Moyen Age se sont certainement accompagnées d'une métamorphose de la dynamique fluviale, dans le sens d'une propagation des matériaux grossiers issus du bassin versant sur les planchers alluviaux des vallées principales.

Dans les Alpes du Sud, le Guil connaît des crues à partir du 14ème siècle (BROTTO, 1983); la vallée la plus touchée est celle du Queyras (Guil) ravagée cinq fois entre 1408 et 1431; l'église d'Abriès est sauvée mais se trouve au-dessous du ruisseau du Brochet. En 1447, la vallée du Sachas connaît la catastrophe la plus grave: champs, habitations et moulins disparaissent sous d'énormes monceaux de blocs et de pierres (SCLAFFERT, 1926). Plus au sud, la crue de la Vaire touche Annot en 1529: les bonnes terres du plan de la vallée disparaissent sous une forte épaisseur de sable et de gravier, d'excellents prés sont recouverts et une source étouffée (SCLAFFERT, 1959)... Bref, cet auteur peut affirmer que dans le dernier quart du 15ème siècle, le Verdon et le Var avaient acquis une puissance qu'on ne leur connaissait auparavant ni à Castellane, ni à Guillaumes, cité dont les remparts doivent être réparés (SCLAFFERT, 1959) trois termes reviennent sans cesse dans les textes:

"affouillement" (conravavit), "dépôt" (assablonavit) et "champ cultivé devenu désert" (hermavit). Les vallées sont ruinées par des crues estivales peu méditerranéennes qui se produisent au moment de la germination ou des moissons (crues de juin, juillet) mais aussi par des crues de septembre, dont résulte la rupture des voies de communication et la chute des "artifices". Les vallées se couvrent de "ruines", amas de pierres abandonnées par les torrents, comme dans la vallée du Sachas (1447) où la "ruine" fait près d'une lieue de longueur et trois traits d'arbalète de largeur (SCLAFFERT, 1926).

ARNAUD (1895) ne date pas le début de la reprise d'activité torrentielle du Rioux Bourdoux, en Ubaye, mais atteste un épisode catastrophique de "tempêtes, désastres et stérilités" advenu en 1451-1452. La destruction du terroir cultivé sur le cône de déjection s'est accompagnée d'un contrôle amont de l'Ubaye dans la plaine de Barcelonnette; l'accumulation régressive de sédiments par l'Ubaye a enfoui le sol d'une église dont la construction pourrait remonter au second quart du 15ème siècle, et provoqué une élévation de la nappe phréatique évaluée à 5 m .

### **III. LA CRISE MORPHODYNAMIQUE DE L'EPOQUE MODERNE**

Il est admis que le Petit Age Glaciaire commence aux environs de 1550, LE ROY LADURIE (1983) situant le "trend" d'expansion glaciaire entre 1546 et 1590, avant un maximum historique des glaciers autour de 1600. De fait, les cours d'eau alpins semblent avoir connu une période de calme relatif au début du 16ème siècle, suivi par un retour brutal et durable des fortes crues.

Une liste des catastrophes recensées en Provence de la fin du 15ème siècle au début du 19ème siècle paraît caractéristique d'une inadéquation des lits fluviaux et des ouvrages d'art à une nouvelle hydrologie: les digues et les ponts ne sont pas adaptés au transit des débits liquides et solides accrus, le lit majeur et les béals (canaux d'irrigation) sont sablés et engravés puis abandonnés (HONORE, 1927).

La Drôme à Crest fournit une autre illustration de l'aggravation des crues. En 1542, les propriétaires de moulins se plaignent de désagréments qui surviennent depuis une dizaine d'années du fait des "irruptions" de la rivière. En 1566, les graviers du lit de la Drôme ne cessent de s'élever, de telle sorte que les eaux du canal ont beaucoup de peine à faire retour à la rivière. Des documents très précis démontrent que l'exhaussement du fond caillouteux atteint environ 3,50 m sous le pont, en 1780. De fait, en 1725, une délibération consulaire fait état d'une élévation progressive des graviers de la Drôme: au milieu du lit une rampe atteignait presque les parades du pont, rejetant les eaux sur les bords. La rivière déborde une vingtaine de fois entre 1676 et 1789;

les canaux sont ensablés, le four est détruit en 1747 et une muraille de pierre, bâtie en 1687 pour protéger la ville des eaux, l'est en 1755... (FARVACQUE, 1983).

Dans la vallée de Chamonix, se fondant sur des textes des 16<sup>ème</sup>-17<sup>ème</sup> siècles, BLANCHARD (1913) associe le changement de la dynamique fluviale, l'engravement des champs, à des débâcles glaciaires et à la descente d'avalanches capables de traverser la vallée de l'Arve.

### A. Le changement du Drac et de l'Isère en Grésivaudan

Dans la région de Grenoble, le Drac et l'Isère ont subi à la fois un exhaussement de leur profil en long et un changement de style géomorphologique, en l'occurrence le passage d'un lit unique à un lit en tresse. Cette réponse est classique sur les cours d'eau qui enregistrent une augmentation de leur charge de fond supérieure à une augmentation de débit ( $Q_s^+ > Q_l^+$ ) (STARKEL, 1983). Le changement se manifeste en premier lieu sur le Drac, peut-être dès le 16<sup>ème</sup> siècle, en tout cas sans doute au début du 17<sup>ème</sup> siècle.

BOUCHAYER note que la première inondation de l'Isère, provoquée par refoulement dû à l'affluent, se produit en 1604, selon les témoins. On enregistre ensuite, en particulier vers 1632-1636, des débordements du Drac avec des dépôts de gravier dans les terres et les prés, tandis que les lits se "comblent de grands bois et autres immondices", signes d'une activité fluviale intense. En 1656, les premières digues ont accéléré l'exhaussement du lit, si bien que "l'eau du Drac se trouve beaucoup plus haute que le terrain du côté de la ville"; le processus continue, de telle sorte que le cours de l'Isère est barré par la "patte d'oie" du cône de déjection du Drac et qu'il faut dévier la confluence pour la reporter à l'aval; au débouché du canal Jourdan ou nouveau cours du Drac endigué, la rivière s'est élevée de 24 à 25 pieds, soit 7,2 à 7,5 m par rapport à l'Isère (1787). En 1858, les eaux d'une forte crue du Drac sont à 6,46 m au-dessus des rues de Grenoble, mais bien contenues par l'endiguement.

Le décalage chronologique dans l'apparition des crues tardives de l'Isère peut tenir aux caractères du réseau hydrographique, dans la mesure où la large vallée du Grésivaudan est située relativement à l'aval des sources de matériaux fournies par les hautes vallées affluentes; la largeur de la vallée alluviale peut également avoir "tamponné" l'accumulation des alluvions en provenance de l'amont, au début du Petit Age Glaciaire. On n'exclura pas, cependant, la possibilité que cette relation géomorphologique et hydrologique ait été freinée par les mesures de protection de la forêt du Grésivaudan prises par le Dauphin Hubert II en 1339; cette année-là, pour protéger l'approvisionnement en bois de chauffage de Grenoble, le Dauphin prononça la démolition de toutes les forges de la vallée de l'Isère entre la Savoie et

l'extrémité nord du Vercors (BELHOSTE, 1982, p.33). Il n'est pas douteux que le Grésivaudan ait possédé une belle forêt de plaine alluviale (telle la chênaie-charmaie avec noisetiers et vernes de la forêt de Coise) jusqu'à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, le maximum d'extension se situant en 1766 (GEX, 1929); menacée par son ouverture aux porcs glandiers, albergée, c'est-à-dire concédée à long terme, à des communautés en 1413, victime de coupes de bois et de défrichements sur ses marges, la forêt n'en fut pas moins maintenue pour des raisons stratégiques car elle interposait un obstacle matériel entre Grenoble et la Savoie. Cette forêt a pu contribuer à fixer les berges de l'Isère avant d'être victime du pillage. L'étude de GEX (1929) suggère que des corrosions accrues de l'Isère survenues dans le courant du 18<sup>ème</sup> siècle ont provoqué des coupes destinées à construire des digues de défense et que ces mêmes coupes ont à leur tour affaibli les berges dans un processus irréversible.

Ainsi, l'Isère est-elle en pleine évolution au 18<sup>ème</sup> siècle dans la vallée du Grésivaudan, par un double effet d'exhaussement du lit et de métamorphose du style à méandre en style en tresse. Les contemporains ont observé et décrit ces processus entre Domène et Grenoble: "les crues (...) versent sur la plaine où des courants s'établissent en raison de la hauteur des débordements, comblent les anciens passages par les dépôts de graviers, et en ouvrent de nouveaux à travers les meilleurs terrains (...); déjà une partie des meilleurs terres est chargée de graviers arides (...); la rivière détruisant ses bords élargit son lit, divise ses eaux, et n'a plus assez de force pour entraîner les matières que les torrents y déposent, son lit s'exhausse au point que bientôt les moindres crues formeront des débordements" (ROLLAND, 1787). L'ingénieur décrit avec précision la mise en place d'un style en tresse dans un secteur à méandres par propagation aval de la morphologie des chenaux multiples, larges et peu profonds. Il est possible que ce processus ait été précédé par le recouplement du méandre de Gières en 1732, qui raccourcit le tracé de 3520 à 172 toises. La figure 4 montre l'élargissement du lit dans les sinuosités et sa division par dépôt de bancs de gravier et de sable; l'accumulation a pu favoriser le recouplement du méandre de Gières car elle est encore visible dans la morphologie du bras recoupé. De l'avis du même ROLLAND (1741), à l'inverse de la situation antérieure, depuis cette date "la plaine et territoire de Grenoble sont couverts d'eau bien longtemps auparavant que ceux des paroisses amont". Les inondations sont apparues à Grenoble plus fortes et plus fréquentes car la pente, la vitesse et la capacité du lit y sont moindres; il convient d'y ajouter l'effet de barrage du cône du Drac... "L'insuffisance du débouché produit des cataractes et des courants si considérables dans les rues et au pourtour de la ville qu'il en a toujours résulté des affouillements à la suite desquels on a vu les murs culbutés, les plantations arrachées et les maisons s'écrouler (...); les eaux relevées à 4 et 6 pieds au-dessus des rues y déposent constamment

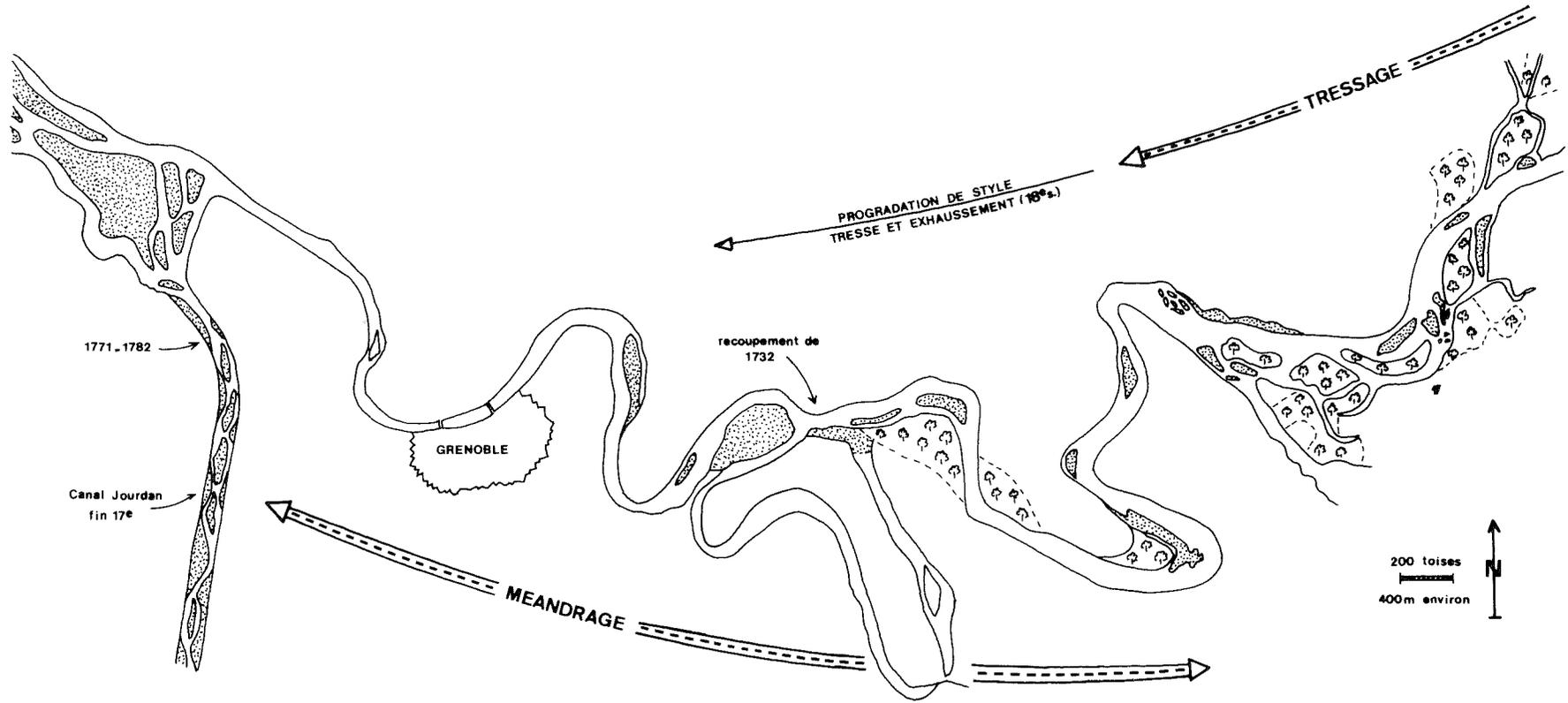


Figure 4 : La progradation du style en tresse dans la plaine à méandres de l'Isère au 18ème siècle; source: ROLLAND, 1787.

plus d'un pied de vase et de limons; les caves, boutiques et logements du rez-de-chaussée ne peuvent être habitables qu'après avoir enlevé à grands frais et avec des peines incroyables ces dépôts..." (ROLLAND, 1787). La situation est si grave que l'on envisage de canaliser l'Isère pour lui faire contourner Grenoble par le sud et de conserver l'ancien cours comme canal de décharge avec moulin.

## B. Les arguments cartographiques en faveur d'une métamorphose généralisée des rivières alpines à l'époque moderne

Les sources cartographiques sont relativement abondantes à partir des 17-18èmes siècles car les besoins se multiplient: cartes militaires sur les cours d'eau en situation de frontière, protection des plaines contre les crues, cadastration des terres, bien avant la cartographie des ingénieurs de la navigation qui est florissante au début du 19ème siècle (BRAVARD et BETHOMONT, 1989).

Dans l'état actuel de notre connaissance des sources cartographiques, il n'est pas possible, sauf exceptions rares, de démontrer l'effet du Petit Age Glaciaire sur les rivières de la France du Sud-Est. Si le changement est cartographiable, il concerne l'épisode tardif de la péjoration climatique et hydrologique du 18ème siècle. La majeure partie des affluents du Rhône et le fleuve lui-même, sur l'essentiel de son cours, ont déjà un style en tresse. La précision croissante des cartes pourrait laisser penser à tort que la multiplication des chenaux et des îles doit tout à une accentuation du tressage alors qu'elle est, pour l'essentiel sans doute, imputable aux progrès des techniques cartographiques.

C'est la raison pour laquelle il paraît plus prudent de se fonder sur des éléments qualitatifs et, en particulier, sur la recherche de changements concernant la nature des styles fluviaux dans les vallées principales. Le postulat de départ est double: d'une part on est en droit d'émettre l'hypothèse que les cours d'eau développaient un style à lit unique sinueux au Moyen Age dans les Alpes et sur leur piedmont (voir supra); d'autre part, il est fort probable que la péjoration climatique et hydrologique apparue au 14ème siècle s'est accompagnée d'une résurrection du tressage sur les cours d'eau de rang inférieur, et d'une progradation du style tressé en direction des cours d'eau de rang supérieur tout au long du Petit Age Glaciaire. Ce deuxième phénomène est la traduction en plan de phénomènes de transport et de dépôt de la charge grossière sous forme de "zones de sédimentation"; CHURCH et JONES (1982) ont montré qu'à la fin du 19ème siècle l'érosion des moraines du Néoglaciale avait introduit une vague de matériel de fond dans le tronçon amont de plusieurs vallées de Colombie Britannique; le matériel de ces mégaformes a voyagé vers l'aval d'une zone de sédimentation à l'autre; des faits analogues ont été décrits en Grande-Bretagne (MACKLIN,

1986; MACKLIN et NEWSON, 1988) pour le 19ème siècle.

La métamorphose du style fluvial à lit unique en style tressé a pu être démontrée sur quatre tronçons de vallées dans la France du Sud-Est. Outre l'exemple de l'Isère en Grésivaudan, trois autres cas ont été décrits, l'un sur l'Arve, deux sur le haut Rhône.

### 1. L'Arve dans le bassin de Cluses

En utilisant la Mappede Sarde (1730) et des cartes du XIXème siècle, PEIRY (1986, 1988, 1989) a pu mettre en évidence un accroissement de l'activité fluviale, à une cinquantaine de kilomètres à l'aval du massif du Mont-Blanc. L'Arve était, au XVIIIème siècle, un cours d'eau en tresse sur l'ensemble de son parcours car elle recevait les apports en charge grossière de nombreux affluents torrentiels; pourtant la partie aval du bassin de Cluses avait une bande de tressage actif particulièrement étroite (150 m contre 400 m à l'amont du bassin) sans qu'un contrôle de la structure ou des cônes de déjection soit exercé dans l'ombilic. Au début du 19ème siècle, la bande active - substitut commode de l'indice de tressage (CHURCH et JONES, 1982) - s'était élargie à 400 m sur l'ensemble du tronçon; les textes confirment l'apport de la cartographie: "la rivière a détruit ou emporté ou réduit en glières (bancs de galets) plus de 1500 journaux (440 ha) de terrains cultifs de la plaine de Cluses, Thy et Marigny situés sur son bord droit (...) elle en a réduit en mauvais marais plus de 800 (240 ha) et le restant de ladite plaine est éminemment exposé à subir le même sort" (Architecte CHENEVAL, 1760, A.D. Haute-Savoie, IV.C 516, in PEIRY *op. cit.*). La paludification latérale de la plaine est certainement le résultat d'une élévation de la nappe phréatique, elle-même due à l'exhaussement du lit fluvial: "c'est sur les plaines de Cluses et de Thy qu'elle (l'Arve) fait ses dépôts et qu'elle s'étend sur icelles à mesure qu'elle a comblé son lit" (Arch. CHENEVAL, *op. cit.*).

### 2. Le Rhône dans les Basses Terres du Dauphiné (fig. 5)

Les Basses-Terres sont un ombilic würmien remblayé par des alluvions lacustres et fluviatiles post-glaciaires. Dans la partie aval, le plancher alluvial a la pente la plus faible de l'ensemble du cours (0,2 p.1000), exception faite du tronçon situé à l'aval de Baucaire, car il est situé dans la partie distale de l'accumulation.

Deux cartes de 1607 et 1690 dessinent un double méandre; celui du Saugey aurait été recoupé entre 1690 et 1766, date à laquelle la carte de Cassini figure une île entre le bras recoupé et le nouveau cours du Rhône; le texte date, en fait, ce changement de tracé du mois de janvier 1690. Les cartes des 19ème et 20ème siècles démontrent qu'il ne s'agit pas d'un recouplement par

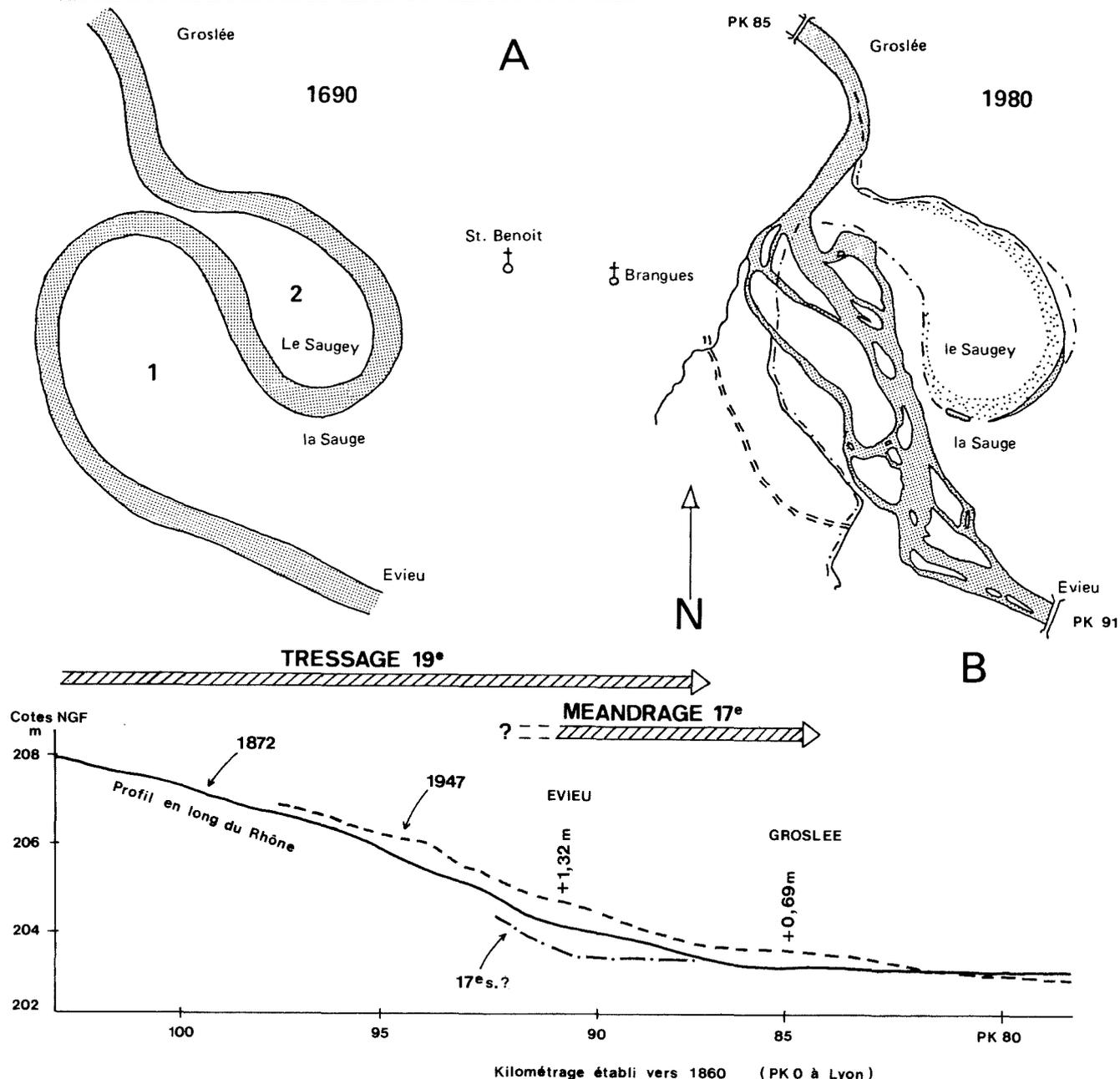


Figure 5 : A : Le recouplement du méandre du Rhône au Saughey par progradation d'une bande de tressage (17-19ème siècles).  
 B: Evolution du profil en long du Rhône dans le secteur du recouplement (ligne d'eau d'étiage).

tangencé, mais que le pédoncule du méandre amont a été envahi par une bande de tressage actif en cours de progradation. Le profil en long du tronçon amont tressé avait une pente de 0,7 p1000 au milieu du 19ème siècle; le point de rupture entre le profil amont et le profil en long de la bande de tressage a continué sa progression, migrant du PK87 en 1872 au PK81 vers 1970 (BRAVARD, 1986).

### 3. Le Rhône à l'aval du confluent de l'Ain

En 1649, une crue du Rhône a recoupé une série de méandres très contournés dont le tracé n'aurait pas varié vers 1500-1600, selon le témoignage d'un texte ancien.

De cette époque date une phase de raccourcissement du tracé, d'érosion latérale accrue, de multiplication des chenaux et des îles. Le Rhône paraît avoir connu une phase de passage du méandrage au tressage sous l'effet d'une injection de charge de fond par l'Ain qui conflue quelques kilomètres à l'amont; le tressage fut particulièrement actif de la fin du 18ème siècle au milieu du 19ème siècle, époque des premiers grands travaux d'endiguement.

De manière générale, ces résultats encore partiels suggèrent que la métamorphose s'est produite au milieu du 15ème siècle sur le cours aval du Drac, sans doute bien avant le 18ème siècle sur l'Arve, exception faite d'une courte section du bassin de Cluses.

Du 15<sup>ème</sup> à la fin du 17<sup>ème</sup> siècles, les grandes vallées de l'Isère en Grésivaudan et du haut Rhône ont probablement connu une progradation de la morphodynamique de tressage dans leur parcours amont et à l'aval des confluences à fort apport de charge grossière. La méthode du repérage cartographique de la métamorphose privilégie la fin du 17<sup>ème</sup> siècle et le 18<sup>ème</sup> siècle, donc situe le phénomène dans sa phase tardive après décalage aval sensible. Une prospection cartographique systématique permettrait peut-être de repérer ce type de changement sur des tronçons de cours d'eau situés plus à l'amont dans les bassins fluviaux.

#### IV. CONCLUSION

Les vallées des Alpes françaises ont connu un bouleversement profond dont l'origine paraît remonter à la fin du XIV<sup>ème</sup> siècle et précéder d'environ deux siècles la période la plus sévère du refroidissement climatique et de l'avancée glaciaire dont l'apogée se situe entre 1550 et 1850.

Il apparaît que le phénomène pourrait avoir été plus précoce dans les Alpes du nord que dans les Alpes du sud. Il est certain que si les crues ont touché l'ensemble des vallées drainées par tel ou tel cours d'eau, la manifestation morphodynamique du changement est, en revanche, un phénomène qui suppose un temps de réponse relativement long, nécessaire au franchissement de seuils de déclenchement. Par ailleurs, les ruptures d'équilibre se produisent en premier lieu dans les têtes de bassins versants et sur les cours d'eau de rang inférieur; la progradation des alluvions est un phénomène lent qui décale dans le temps l'occurrence de la métamorphose fluviale sur des cours d'eau de rang supérieur qui paraissent affectés au 18<sup>ème</sup> siècle.

Il est enfin frappant de constater que, pour ne considérer que le facteur thermique, les fluctuations de la température estivale responsables de poussées glaciaires holocènes pourraient être de 1,3°C à 1,6°C seulement (GROVE, 1987). Les catastrophes enregistrées dans les vallées alpines dès le 14<sup>ème</sup> siècle, avant même le durcissement climatique, sont étonnantes et ont fait abonder dans le sens d'un rôle prépondérant joué par l'abus de défrichement des pentes et de la déforestation lors de l'optimum médiéval. Une modification sévère du climat de l'Europe dans les prochaines décennies pourrait éventuellement déclencher une crise morphologique; la question serait de savoir si le reboisement entrepris avec un relatif succès depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et la protection accrue des versants liée à la déprise rurale seraient susceptibles d'offrir durablement une résistance efficace à l'érosion des versants alpins; il est fort possible que la réponse soit positive. Il est vrai aussi que l'endiguement des cours d'eau et la puissance des moyens de génie civil contemporains permettraient d'atténuer notablement les effets d'une crise hydrologique et morphodynamique.

#### REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié de l'aide matérielle du PIREN-CNRS, dans le cadre de l'A.T.P. "Histoire du changement de l'environnement". Je remercie sincèrement A. BELMONT de ses remarques et suggestions, ainsi que Ph. FAGOT et J.-L. PEIRY qui ont apporté leur concours à la mise en forme des illustrations et à la frappe du texte.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ARNAUD, F., 1895. *Notice historique sur les torrents de la vallée de l'Ubaye*. Paris, Imprimerie Nationale, 40 p.
- BECKER, B. et SCHIRMER, W., 1977. Paleological study on the Holocene valley development of the river Main, Southern Germany. *Boreas*, 4: 303-321.
- BELHOSTE, J.-F., 1982. *Une histoire des forges d'Allevard des origines à 1885*. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle; Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, 2 t. de 462 p. et 193 p.
- BLANCHARD, F., 1913. La crue glaciaire dans les Alpes de Savoie au XVII<sup>ème</sup> siècle. *Rev. Géogr. Alpine*, 443-454.
- BOUCHAYER, A., 1925. Le Drac dans la plaine de Grenoble de 1280 à 1651. *Rev. Géogr. Alpine*, 115-172, 287-357 et 549-621.
- BOURDIER, F., MONTJUVENT, G. et OLIVE., P., 1976. Les dépôts lacustres dans les Alpes, in H. de LUMLEY, Ed., *La Préhistoire française*, tome 1, IX<sup>ème</sup> Congrès UISPP, Nice, 183-187.
- BRAVARD, J.-P., 1986. *Le Rhône, du Léman à Lyon*. La Manufacture, Lyon, 451 p.
- BRAVARD, J.-P., 1988. Les confluences rhodaniennes : de la dynamique holocène aux changements contemporains. *Bull. Ass. Géogr. français*, 1: 9-22.
- BRAVARD, J.-P. et BETHEMONT, J., 1989. Cartography of rivers in France. In G.E. PETTS, Ed., *Historical change of large alluvial rivers in Western Europe*. John Wiley & Sons LTD, 95-111.
- BROTTO, M., 1983. *Evolution morphologique du bassin-versant du Guil au cours du Quaternaire récent*. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, Aix-Marseille 2, 201 p. + annexes.
- BURNOUF, J., GUILHOT, J.O., DORMOY, C., MANDY, M.O., ORCEL, A. et C., BRAVARD, J.-P. et ANDRE, P. Le pont du Rhône à Lyon. Approche interdisciplinaire. Doc. Archéo. Rhône-Alpes, Direction des Antiquités Historiques Rhône-Alpes (soumis pour publication).
- CHAMPION, M., 1858-1864. *Les inondations en France depuis le VI<sup>ème</sup> siècle jusqu'à nos jours*. Paris, 6 vol.
- CHURCH, M. et JONES, D., 1982. Channels bars in gravel-bed rivers. In R.D. HEY, J.C. BATHURST and C.R. THORNE, Ed., *Gravel-bed rivers, fluvial processes, engineering and management*, Wiley & Sons, 291-338.
- FARVACQUE, C., 1983. *Crest en Dauphiné, 1650-1789. La ville et son évolution*. Le Crétois, éd., Crest, 182 p.
- GEX, F., 1929. La forêt de Coise. *Rev. Géogr. Alpine*, 757-769.

- GROVE, J., 1987. *The Little Ice Age*. Methuen, London, 498 p.
- HAYEZ, A.M., 1978. Les îles du Rhône du terroir d'Avignon au 14ème siècle. *Etudes Vauclusiennes*, 20: 19-23.
- HENROTTAY, J., 1973. La sédimentation de quelques rivières belges au cours des sept derniers siècles. *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 9: 101-115.
- HONORE, L., 1927. *Pluies excessives et inondations en Provence (1487-1827)*. Institut d'Histoire Provençale, 62-77.
- JORDA, M., 1980. Morphogenèse et évolution des paysages dans les Alpes de Haute-Provence depuis le Tardiglaciaire. Facteurs naturels et facteurs anthropiques. *Bull. Ass. Française de Géogr.*, 472: 297-304.
- JORDA, M., 1983. La torrentialité Holocène des Alpes françaises du Sud. Facteurs anthropiques et paramètres naturels de son évolution. Symposium International: Les modifications de l'environnement dans le bassin méditerranéen occidental à la fin du Pléistocène et pendant l'Holocène; Toulouse, 5-8 septembre 1983.
- KARLEN, W., 1988. Scandinavian glacial and climatic fluctuations during the Holocene. *Quaternary Sciences Review*, 7:199-209.
- KOUTANIEMI, L., 1987. Little Ice Age flooding in the Ivalojoiki and Oulankojoiki valleys. *Finland. Geografiska Annaler* 69A/1: 71-83.
- LAMB, H.H., 1965. The early medieval warm epoch and its sequel. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1: 13-37.
- LAMB, H.H., 1984. Climate in the last thousand years: natural climatic fluctuations and change. In FLOHN H. et FANTECHI R., Eds., *The Climate of Europe: Past, Present and Future*; D. Reidel Publ. Cy, Dordrecht.
- LE ROY LADURIE, E., 1983. *Histoire du climat depuis l'An Mil*. Flammarion, Paris, 2 vol., 287 et 254 p.
- MACKLIN, M.G. et ROSE, J., Eds, 1986. *Quaternary river landforms and sediments in the Northern Pennines*. British Geomorphological Group and Quaternary Research Association. Field Guide, 88 p.
- MACKLIN, M.G., 1986. Channel and floodplain metamorphosis in the river Nent, Cumberland. In MACKLIN, M.G. et ROSE, J., Eds, *op. cit.*
- MACKLIN, M.G., NEWSON, M.D., 1988. Man related river channel change in the Tyne: lessons for river management. *Northern Economic Review*, 16: 34-41.
- MAGNY, M. et OLIVE, P., 1981. Origine climatique des variations du niveau du lac Léman au cours de l'Holocène - la crise de 1700 à 700 ans B.C. *Arch. Suisses d'Anthropologie Générale*, Genève; 45/2: 159-169.
- NEBOIS, R., 1983. L'homme et l'érosion. *Bull. Fac. Lettres et Sc. Humaines*, Univ. Clermont-Ferrand II, nouv. série, 17, 183 p.
- PEIRY, J.L., 1986. Dynamique fluviale historique et contemporaine du confluent Giffre-Arve (Haute-Savoie), *Rev. Géogr. Lyon*, 1: 79-96.
- PEIRY, J.L., 1988. *Approche géographique de la dynamique spatio-temporelle des sédiments: l'exemple de la plaine alluviale de l'Arve (Haute-Savoie)*. Thèse, Université Lyon 3, 478 p.
- PEIRY, J.-L., 1989. La mappe sarde. Utilisation pour une étude historique de l'Arve. *Rev. Géogr. Lyon* (soumis pour publication).
- ROLLAND, 1741. *Mémoire sur le débordement de la rivière d'Isère des 21, 22 et 23 décembre 1740 dans la partie de son cours depuis Grenoble jusque à Villarbonnot à deux lieues au dessus de cette ville*. Bibliothèque de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris. Mémoire in folio 501 (2027).
- ROLLAND, 1787. *Mémoire sur le projet de redresser le lit de l'Isère dans la vallée du Grésivaudan jusque au dessous de la ville de Grenoble et de contenir les eaux de cette rivière entre les terres*. Bibliothèque Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris. Mémoire in folio 501, (2027).
- RÖTHLISBERGER, F., HAAS, P., HOLZHAUSER, H., KELLER, W., BIRCHER, W. and RENNER, F., 1980. Holocene climatic fluctuations - radiocarbon dating of fossil soils (fAh) and woods from moraines and glaciers in the Alps. In *Geography in Switzerland*, Geographica Helvetica, 35: 21-52.
- SCLAFFERT, T., 1926. *Le Haut Dauphiné au Moyen Age*. Thèse de doctorat ès Lettres, Paris. S.A. du Recueil Sirey, 756 p.
- SCLAFFERT, T., 1959. *Cultures en Haute-Provence. Déboisement et pâturages au Moyen Age*. Paris, Sevpén, 271 p.
- STARKEL, L., 1983. The reflection of the hydraulic changes in the fluvial environment of the temperate zone during the last 15000 years. In GREGORY, K.J., Ed., *Background to palaeohydrology*, 213-235.
- TRAFAS, K., 1975. Les changements du lit de la Vistule à l'est de Cracovie à la lumière des cartes d'archives et de la photo-interprétation (en Polonais). *Prace geograficzne*, Cracovie, 40, 87 p.

