

# ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA MORPHOGENÈSE ET DE LA DYNAMIQUE FLUVIALE D'UNE RIVIÈRE MÉDITERRANÉENNE: L'EXEMPLE DE LA MOYENNE DURANCE (FRANCE DU SUD-EST)

Cécile MIRAMONT, Maurice JORDA et Georges PICHARD, Institut de Géographie, URA 903-CNRS, Université de Provence, 29, avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence, France.

**RÉSUMÉ** L'évolution historique des lits fluviaux de la moyenne Durance (Sud-Est de la France) est étudiée à partir de documents d'archives (textes et cartes anciennes), de séries diachroniques de photographies aériennes et d'analyses sédimentologiques des dépôts de la plaine alluviale. La richesse de l'information recueillie a permis de retracer l'évolution de la rivière au XIX<sup>e</sup> et au XX<sup>e</sup> siècle: diminution de la fréquence des crues, contraction des lits fluviaux, incision. Lors des périodes antérieures, il semble que des phases de forte activité morphodynamique et hydrologiques (fin XIV<sup>e</sup> siècle, XVI-XIX<sup>e</sup> siècles) alternent avec des phases d'accalmie (XV<sup>e</sup> siècle), sans que disparaisse le style fluvial en tresses. L'étude souligne les particularités d'une rivière soumise à des influences méditerranéennes et montagnardes et l'importance, dans ce contexte, des fluctuations climatiques sur l'évolution de la morphogenèse fluviale.

**ABSTRACT** *Fluvial morphogenesis evolution of a mediterranean river: The example of the Durance fluvial system (south-eastern France).* Based on stratigraphical and sedimentological analysis of floodplain sediments, aerial photographs, ancient maps and texts preserved in local archives, the historical evolution of the Durance fluvial system (south-eastern France) is reconstructed. The amount of data allows to suggest a "model" of the evolution of the river during the 19th and the 20th centuries (decrease of floods frequency, reduction of fluvial bed, incision). Before these periods of time morphological and hydrological crisis (the end of the 14th century, 16th-19th centuries) may have alternate with period more quiet (15th century, as in the 20th century), although the braided pattern never disappeared. This study stresses the originality of the evolution of a mediterranean and mountainous river, and, in this context, the importance of climatic fluctuations on the fluvial system evolution.

**ZUSAMMENFASSUNG** *Historische Entwicklung der Morphogenese und der Flussdynamik eines Mittelmeerflusses: Das Beispiel der mittleren Durance (Süd-Ost-Frankreich).* Die historische Entwicklung des Flussbettes der mittleren Durance (Süd-Ost-Frankreich) wird anhand von Archiv-Dokumenten (alte Texte und Karten), diachronischen Serien von Luftaufnahmen und der sedimentologischen Analyse der Ablagerungen in der Alluvialebene studiert. Die Fülle der gesammelten Information macht es möglich, die Entwicklung des Flusses im 19. und 20. Jahrhundert nachzuziehen: Abnahme der Häufigkeit der Hochwasser, Verengung der Flussbette, Einschneidung. In den vorhergehenden Zeitabschnitten scheinen Phasen mit ausgeprägter morphodynamischer und hydrologischer Aktivität (Ende des 14. Jahrhunderts, 16. bis 19. Jahrhundert) mit ruhigen Phasen (15. Jahrhundert) alterniert zu haben, ohne dass das Flechtstilmuster des Flusses verschwand. Die Studie betont die Besonderheiten eines Flusses, der Mittelmeer- und Bergeinflüssen ausgesetzt ist und in diesem Kontext die wichtige Rolle der klimatischen Schwankungen bei der Entwicklung der Fluss-Morphogenese.

**INTRODUCTION**

La Durance, principale rivière des Alpes du Sud et de la Provence (fig. 1) est connue pour l'ampleur de ses crues et a longtemps été considérée comme un fléau. Peu aménagée jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, la rivière est aujourd'hui largement domestiquée par les ouvrages hydroélectriques (retenues, canaux de dérivation) qui jalonnent son cours. Ces derniers ont radicalement transformé son régime (régularisation du débit, disparition des moyennes et petites crues...). Par voie de conséquence, la morphologie fluviale n'évolue plus que par à-coups lors des crues exceptionnelles que les barrages ne suffisent pas à écrêter (Juramy et Montfort, 1986). Mais, avant même ces aménagements, la morphogénèse durancienne a connu de profonds changements au cours de la période historique (Miramont, 1994 ; Miramont et Guilbert, 1997). Les objectifs de cet article sont de préciser les mutations spatio-temporelles historiques de la morphologie fluviale dans deux secteurs du système fluvial choisis à titre de référence, de déterminer la chronologie des phases de crises hydrologiques et, enfin, d'évaluer l'évolution de la charge détritivée transportée.

Deux approches méthodologiques sont utilisées :

- *Le dépouillement et l'exploitation des documents d'archives.* Depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, de nombreux plans représentant la rivière ont été dressés. L'étude comparative de ces derniers et des cartes et photographies aériennes

récentes permet d'évaluer les changements de la morphologie de la rivière au cours des deux derniers siècles. Par ailleurs, le dépouillement des textes d'archives offre la possibilité de construire une chronologie des crues de la Durance et des débordement des torrents de son bassin versant depuis le XIV<sup>e</sup> siècle.

- *L'analyse sédimentologique et stratigraphique des dépôts fluviaux de la plaine alluviale.* Réalisée sur la base d'un référentiel actuel (analyses des sédiments abandonnés lors des dernières grandes crues), l'étude granulométrique des dépôts en stratigraphie permet d'apprécier la nature et l'évolution de la charge alluviale récente de la moyenne Durance.

**LE STYLE FLUVIAL DE LA MOYENNE DURANCE DEPUIS LE MILIEU DU XIX<sup>e</sup> SIECLE D'APRÈS LES DOCUMENTS D'ARCHIVES**

On trouve dans les archives départementales des Alpes-de-Haute-Provence, du Vaucluse et des Bouches du Rhône de nombreuses descriptions des dégâts causés à plusieurs reprises par la rivière (inondations, engravements de champs, destructions de digues et de ponts...). Le projet d'endiguer le cours de la Durance est ancien. Il répond à un besoin de se protéger des crues, d'étendre les terrains cultivés, d'améliorer les systèmes d'irrigation, de matérialiser et de fixer les limites administratives des territoire riverain (Gibelin, 1990 ; Dubled, 1978-79). Depuis la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle

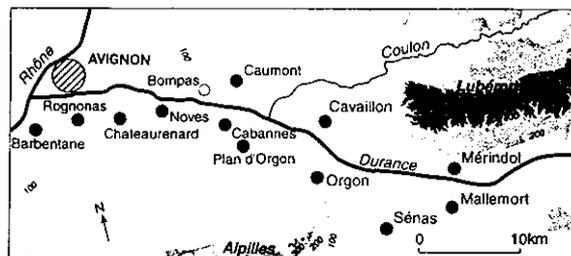
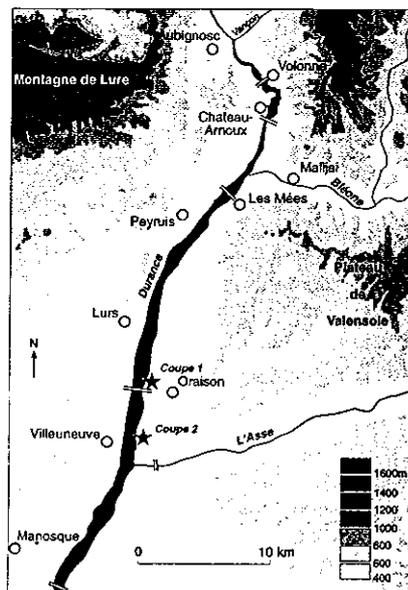
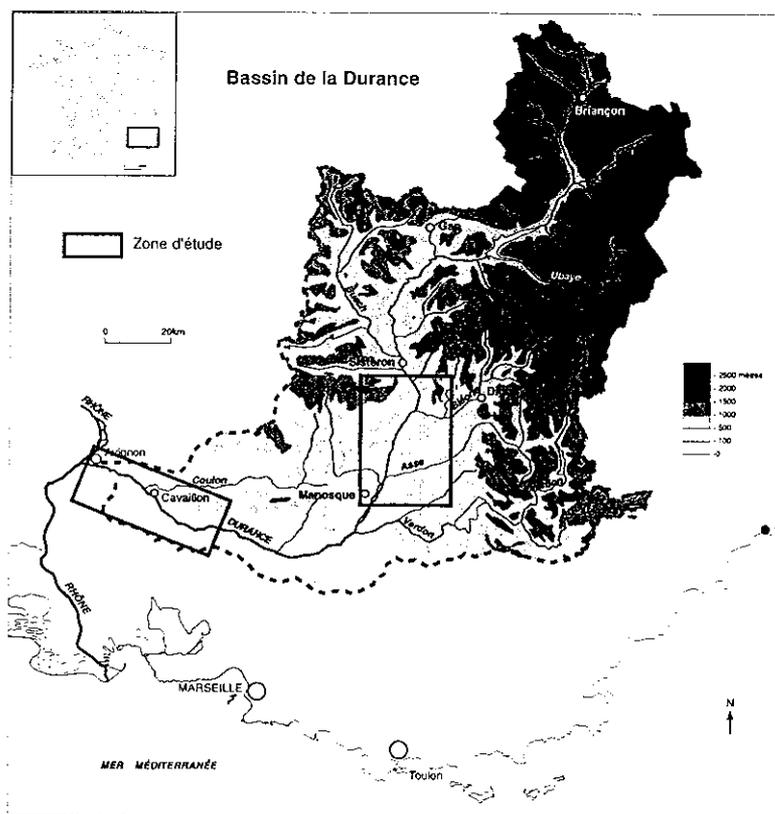


FIGURE 1. Localisation de la zone d'étude du bassin de la Durance. Location of the studied area of lower Durance

en basse Durance et à partir du XIX<sup>e</sup> siècle en moyenne Durance, ce projet a donné lieu au lever de nombreux plans détaillés. L'exploitation de ces documents cartographiques (tabl. I) fournit de précieux renseignements sur l'évolution morphologique spatio-temporelle de la rivière.

Deux tronçons de la rivière ont été choisis : l'un situé en basse Durance, où les documents cartographiques sont les plus anciens, l'autre, en moyenne Durance, dans un contexte plus dynamique et plus tardivement aménagé.

#### ÉTUDE DIACHRONIQUE DE LA DOCUMENTATION CARTOGRAPHIQUE ET PHOTOGRAPHIQUE

Après l'établissement d'une légende commune, un zonage de l'état de la rivière a été réalisé sur chaque document cartographique et photographique (fig. 2). Ceux-ci ont ensuite été réduits à une même échelle, le 1/25 000, une fois corrigées les déformations géométriques des photographies aériennes.

TABLEAU I  
Documents cartographiques utilisés

Nature des documents	Date	Source
Moyenne Durance :		
	XIX <sup>e</sup> s.	Archives départementales des Alpes
Plans des Ingénieurs des Ponts et Chaussées :	1901	Haute Provence Digne-les-Bains
		Séries S
Carte d'État Major Service des Armées (1/50 000 et 1/80 000)	1858	IGN
Cartes topographiques Service des Armées (1/20 000)	1898	
Photographies aériennes	1944	Centre Camille Julian
	1958	IGN
	1986	
Basse Durance :		
DD107	1786	Archives départementales du Vaucluse (Avignon)
Fi 127, Fi 130 (et nombreux autres plans fichiers Fi)		Archives départementales des Bouches-du-Rhône (Marseille)
Cartes topographiques (1/20 000)	1944	IGN
Cartes topographiques (1/25 000)	1986	IGN

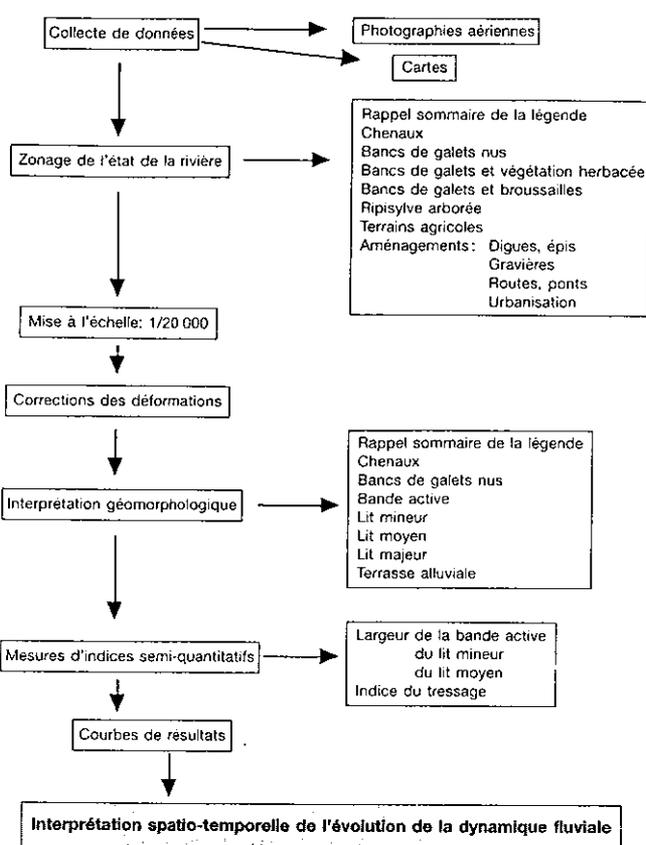


FIGURE 2. Méthodologie.

Methodology.

En s'inspirant de la méthode déjà utilisée par d'autres auteurs (Bravard, 1987 ; Peiry, 1988 ; Salvador, 1991 ; Gautier, 1992), les variations dans le temps et dans l'espace des lits fluviaux ont été mesurées depuis le XIX<sup>e</sup> siècle jusqu'à aujourd'hui. Les définitions et indices retenus sont définis dans le tableau II.

À partir d'un point de référence choisi dans chacun des deux tronçons de la rivière (en moyenne Durance le pont des Mées qui enjambe la rivière dans la commune du même nom et en basse Durance au nord du village d'Orgon, fig.1), les indices ont été mesurés tous les 250 m, perpendiculairement à l'axe d'écoulement, et sur chaque carte correspondant à une date différente. Les résultats sont présentés sur les figures 3, 4 et 5.

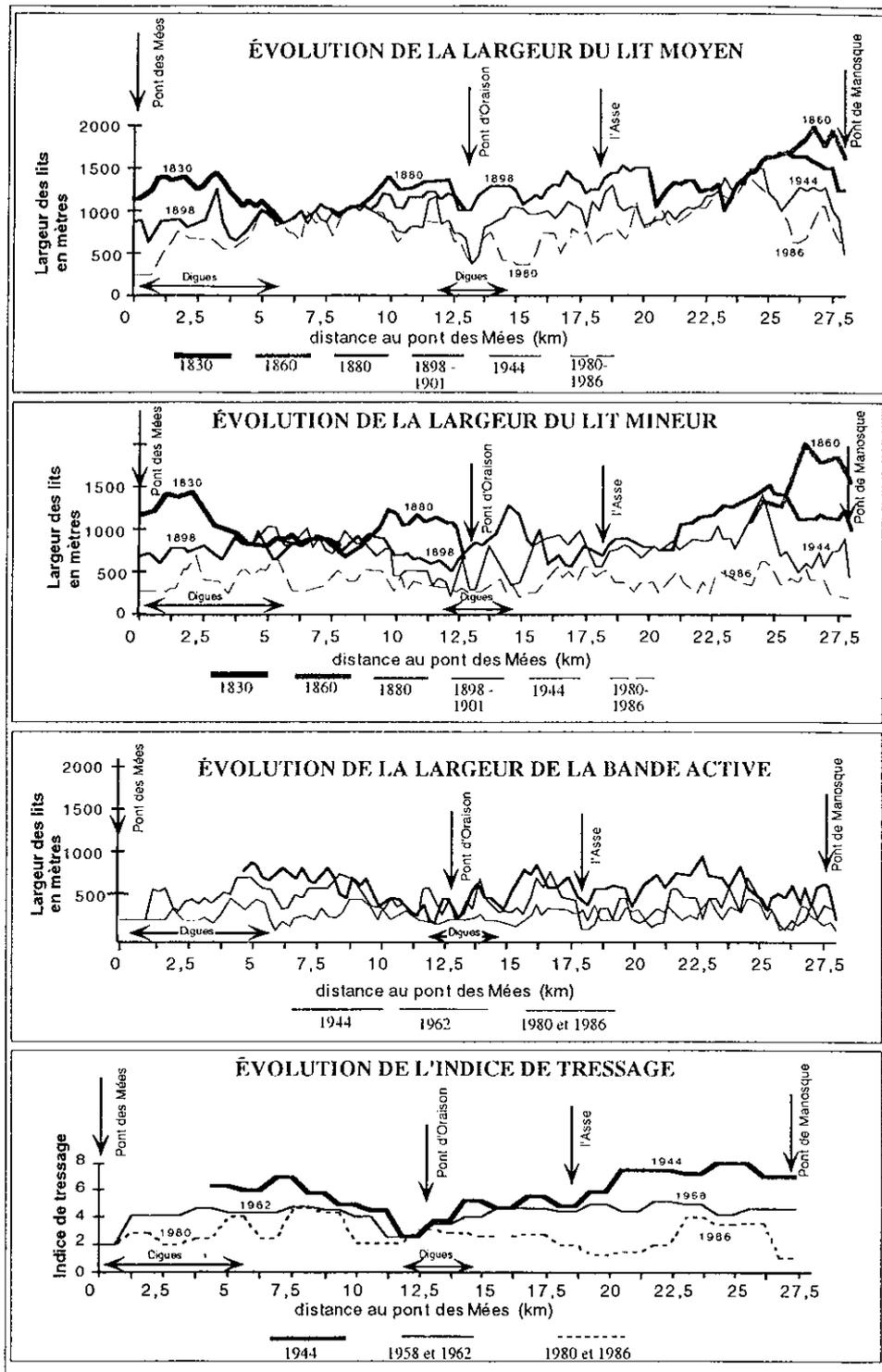
TABLEAU II  
Définitions retenues et indices mesurés sur les documents cartographiques et photographiques

Bande active	Emprise des chenaux et des bancs de galets sans végétation
Lit mineur	Espace limité par les berges ; végétation herbacée et broussailles
Lit moyen	Domaine de la ripisylve atteint par les crues de fréquence moyenne
Indice de tressage*	Somme de la longueur de chaque bras mesurée parallèlement à l'axe de la bande active que divise l'unité de longueur (1 km) (Peiry, 1988).

\* Indice non mesurable sur les cartes anciennes sur lesquelles tous les chenaux ne sont pas représentés.

FIGURE 3. Mesures d'indices sur les cartes anciennes et les photographies aériennes (moyenne Durance).

Measures made on ancient maps and aerial photographs (moyenne Durance).



LES MUTATIONS DE LA MORPHOLOGIE FLUVIALE DU XIX<sup>e</sup> AU XX<sup>e</sup> SIÈCLE

En moyenne Durance, l'étude des cartes et des plans du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle révèle une rivière au style fluvial en tresses, aux lits très étendus (lit moyen = 1900 m; bande active = 1200 m, fig. 3 et 4), avec peu de végétation et

encombrés de « mégaformes de sédimentation » (« iscles » [îles], bancs de galets). Les habitations sont situées sur les terrasses alluviales à l'abri des inondations. Les textes témoignent d'engravements répétés et de la présence de zones humides et marécageuses qui occupent par endroits le lit majeur et reflètent un exhaussement du plancher alluvial.

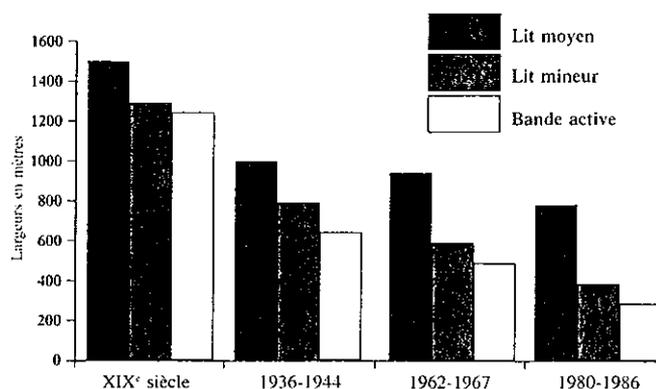


FIGURE 4. Évolution de la largeur moyenne des lits fluviaux (moyenne Durance).

*Evolution of mean width of the fluvial beds (moyenne Durance).*

En basse Durance, les plans levés à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle montrent également des lits fluviaux très larges, notamment en amont immédiat de la confluence avec le Rhône et au niveau de celle du Coulon (apports hydro-sédimentaires importants) (fig. 5). La rivière possède des chenaux multiples qui serpentent entre des îles largement boisées. La sinuosité des bras est plus importante qu'en moyenne Durance. Plusieurs facteurs peuvent être évoqués pour expliquer ce phénomène : la diminution de la pente dans le cours aval du système fluvial durancien (0,3 % en moyenne Durance, 0,1 % en basse Durance) ; l'éloignement des sources hydro-sédimentaires (la basse Durance ne reçoit aucun grand affluent) ; la proximité de la confluence avec le Rhône qui bloque le transit des flux hydriques et détritiques ; l'abandon d'une partie de la charge grossière en amont de l'étroite cluse de Mirabeau. Au XIX<sup>e</sup> siècle, la rivière conserve un style tressé ; il témoigne de l'abondance des flux hydriques et détritiques qui transitent dans le système fluvial. Une réduction de la largeur des lits fluviaux s'observe néanmoins entre les XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles. Son origine est en partie liée à la multiplication des ouvrages de protection.

À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, puis plus nettement au cours de la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, s'amorce une tendance assez nette à la contraction et à la propagation végétative des lits et, localement, à l'incision verticale. Cette évolution ne peut être attribuée à la réalisation d'aménagement fluviaux (digues, épis). En effet, elle s'observe aussi en moyenne Durance dans les secteurs non endigués. Une évolution morphogénique comparable est également repérée plus en aval dans le delta du Rhône (Arnaud-Fassetta, 1998).

À partir des années 1950, la mise en service des grands aménagements hydrauliques et hydroélectriques de la Durance et de ses affluents met un terme à l'évolution quasi naturelle de la rivière. La succession de barrages (barrage de Serre Ponçon et chapelet de retenues en aval) et la dérivation des eaux dans le canal latéral E.D.F. entraînent une diminution globale des débits, un écrêtement des crues petites et moyennes et une réduction considérable de la charge solide transportée. Ces bouleversements hydrologiques provoquent une réduction du nombre de chenaux

(diminution de l'indice de tressage, fig. 4), une contraction de tous les lits fluviaux que la végétation envahit. Mais il faut souligner que la diminution de largeur des lits à la suite des grands aménagements est moins importante que celle reconnue dans la première moitié du siècle (fig 5). Il semble donc qu'il faille relativiser la part trop grande de responsabilité souvent attribuée aux aménagements lourds et reconnaître le rôle de paramètres plus déterminants à l'échelle régionale dans l'évolution historique récente de la morphogénèse fluviale : les caractéristiques climatiques de ce XX<sup>e</sup> siècle, la reforestation spontanée ou anthropique liée à la déprise agro-pastorale.

## LES CRUES ET LES DÉBORDEMENTS ANTÉRIEUREMENT AU XVIII<sup>e</sup> SIÈCLE

Pour la période historique, antérieurement au XVIII<sup>e</sup> siècle, nous ne disposons d'aucune donnée concernant l'évolution des lits et de la morphogénèse fluviale. En revanche, les archives livrent dès le XIV<sup>e</sup> siècle de nombreux témoignages de crues et de débordements.

À l'aide de chroniques déjà établies (Champion, 1858-64 ; Achard, 1873 ; Imbeaux, 1892 ; Pelloux, 1899 ; Honoré, 1924) et du dépouillement des textes d'archives, un recensement chronologique des crues de la Durance a été dressé depuis le XIV<sup>e</sup> siècle (fig. 6) (Guilbert, 1994). Ce recensement tient compte des plus fortes crues de la rivière qui, du fait de leur caractère exceptionnel et de leur impact sur les installations et les activités humaines, ont profondément marqué les esprits.

Cette chronologie est complétée par le recensement des débordements des cours d'eau provençaux entre le XV<sup>e</sup> et le XVIII<sup>e</sup> siècles (Pichard, thèse en cours). Cette étude repose sur 2925 données annuelles, soit près de 500 en moyenne par siècle. La courbe A (fig. 6) représente le nombre annuel d'organismes fluviaux ayant connu des crues. Chaque organisme est compté comme une unité, même si le débordement d'une année s'est répété à plusieurs endroits de son lit ou plusieurs fois dans la même année. Cette courbe met en évidence l'extension géographique des phénomènes puisque les chiffres sont d'autant plus élevés que le nombre de cours d'eau considéré est important. La distinction des phases dans la chronologie est facilitée par le calcul de moyennes mobiles avec, ici, une fenêtre de 15 ans centrée sur la 8<sup>e</sup> année. Une indication de l'intensité des phénomènes hydrologiques, estimée d'après l'analyse des textes, est indiquée par les points (B).

Plusieurs phases sont mises en évidence dans le comportement hydrologique des organismes fluviaux :

- Succédant à une période de calme hydrologique apparent (Miramont, 1998), des épisodes de crues fréquents qui laissent supposer une recrudescence de l'activité torrentielle, sont signalés à partir des décennies 1350-60.
- Alors que la période 1410-1540 ne connaît que de rares épisodes de crues, la période 1540-1590 ressort comme une période de crise hydrologique. Les années 1540, et notamment l'année 1544, marquent une rupture dans l'évo-

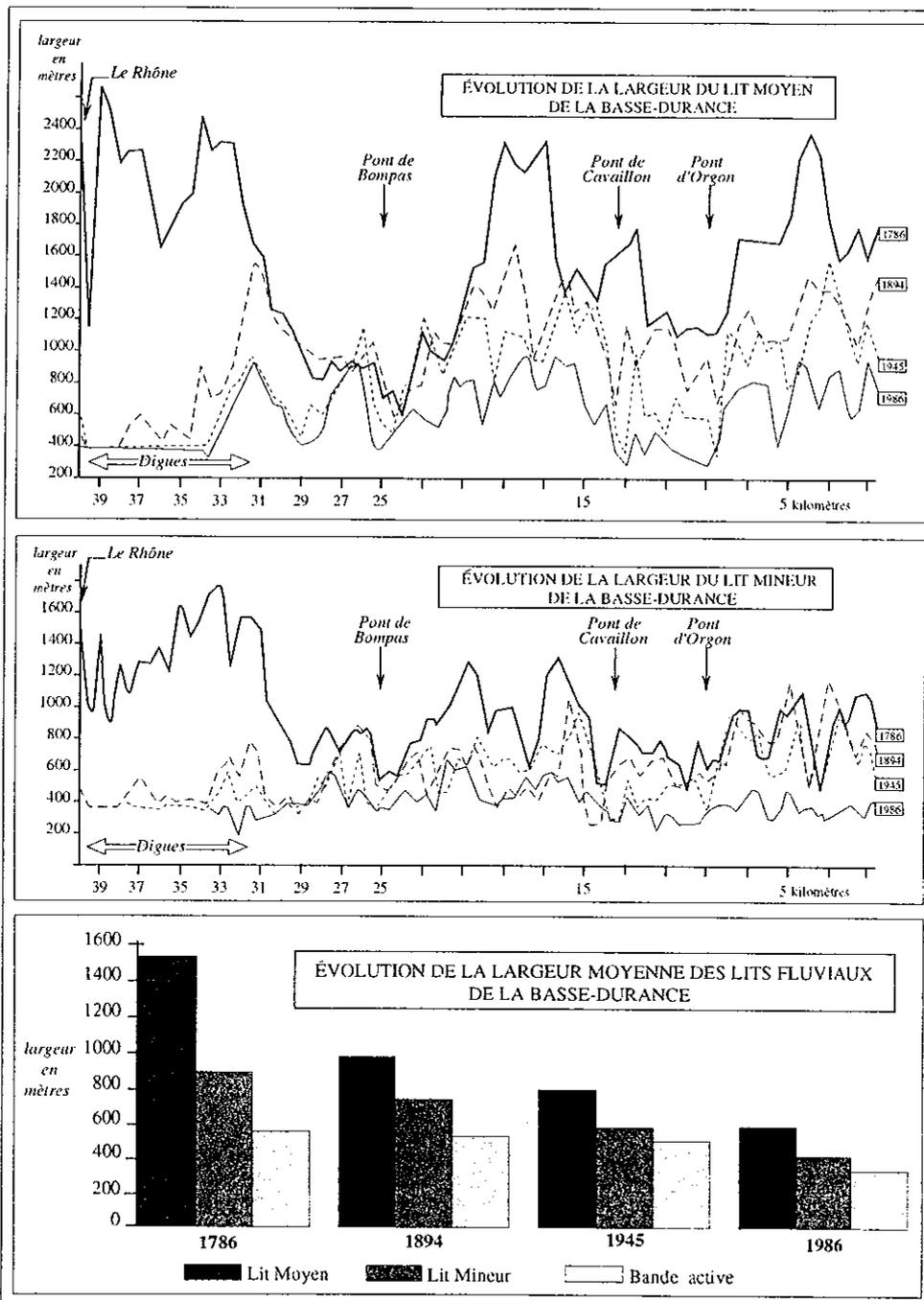


FIGURE 5. Mesures d'indices sur les cartes anciennes et les photographies aériennes (basse Durance).

Measures made on ancient maps and aerial photographs (basse Durance).

lution hydrologique et annoncent, à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle, une récurrence de crues fréquentes et de forte intensité qui marquent le réveil incontestable des cours d'eau méditerranéens et s'accompagnent d'une importante crise détritique.

- Le début du XVII<sup>e</sup> siècle est encore témoin en Haute-Provence de fréquents orages d'été responsables de nombreux débordements tels que ceux des années 1616, 1633, 1634, 1635, 1636, 1651.

- La fin du XVII<sup>e</sup> siècle et les premières années du XVIII<sup>e</sup> siècle (1680-1710) s'individualisent comme une nouvelle période de crise hydrologique majeure. Les textes ré-

vèlent que les crues de 1684 qui affectent l'ensemble de la Haute-Provence prennent la dimension d'une catastrophe. Les années 1701, 1702, 1705-1706, 1709, puis 1717 et 1727 connaissent des crues dont l'ampleur et l'intensité ont valeur de « maxima » historiques.

- Après une brève accalmie entre les années 1730 et 1745, pourtant ponctuée d'années orageuses (été 1728 et 1729, 1731, 1736), la période 1746-1820 connaît à nouveau une activité hydrologique importante soulignée notamment par les crues dévastatrices de 1755, 1760, 1763, 1765, 1777, 1785, 1786 et 1788.

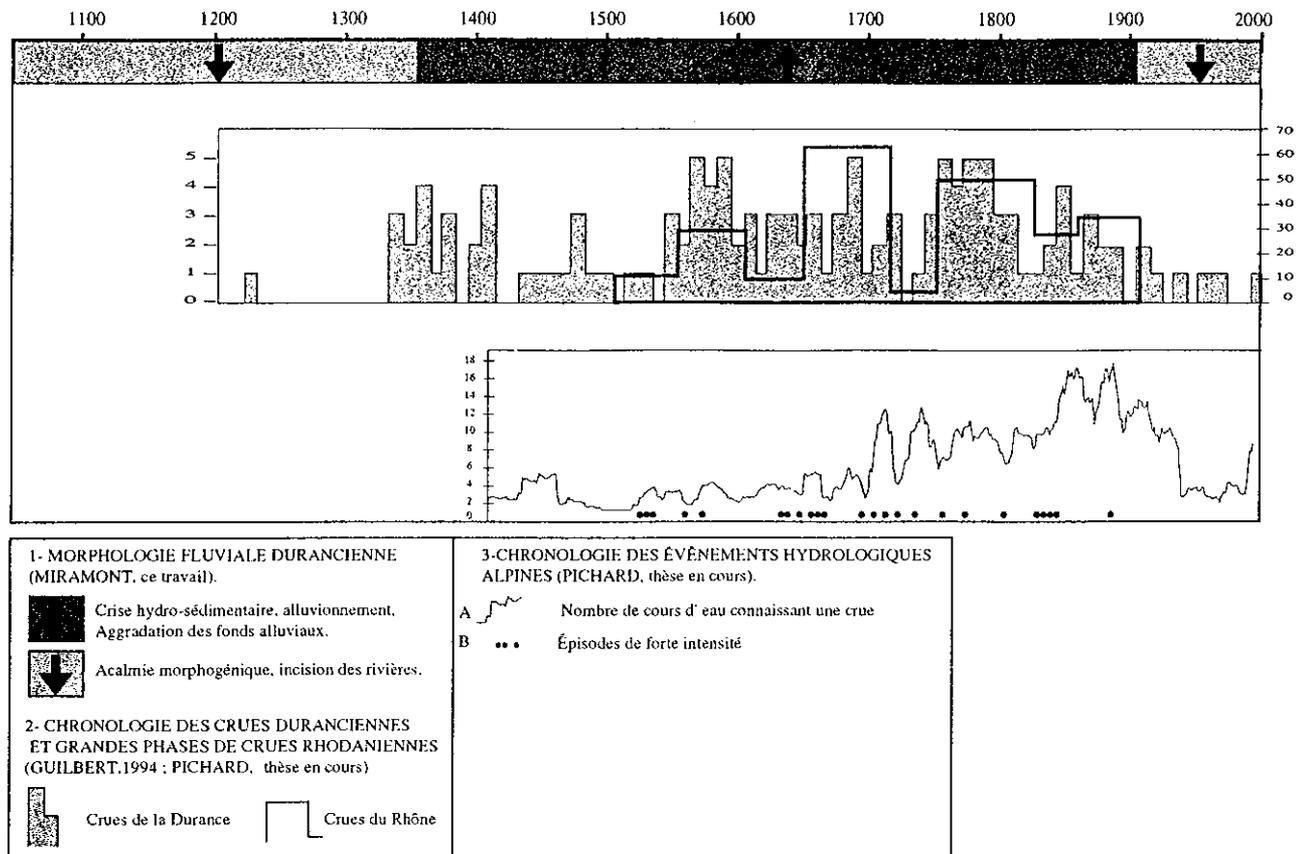


FIGURE 6. Chronologie des crues et des débordements des cours d'eau sud-alpins.

*Floods chronology of rivers in the southern Alps.*

- Les années 1820-1840 correspondent à un apaisement relatif du phénomène. Elles précèdent la dernière grande période de débordements importants des années 1840-1880.
- Le nombre de crues décroît enfin rapidement à fin du XIX<sup>e</sup> siècle, puis le phénomène se raréfie au début de notre siècle.

Les variations du paramètre hydrologique reflètent bien les variations de la fréquence des épisodes pluviométriques de forte intensité. Ces derniers sont particulièrement fréquents durant la période des Temps Modernes et la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle qui correspond à la longue phase de détérioration climatique connue sous l'appellation du Petit Âge glaciaire.

### CARACTÉRISATION DU DÉTRITISME DEPUIS LE MILIEU DU XIX<sup>e</sup> SIÈCLE D'APRÈS LES ANALYSES SÉDIMENTOLOGIQUES ET STRATIGRAPHIQUES DES DÉPÔTS DE LA PLAINE ALLUVIALE

#### DESCRIPTION DES STRATIGRAPHIES ET ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES DES DÉPÔTS

A) Un référentiel actuel, caractérisant le mieux possible les sédiments fluviaux et leurs milieux de sédimentation

correspondants, a été réalisé sur les dépôts abandonnés par les deux dernières grandes crues de septembre 1993 et janvier 1994, épisodes hydrologiques qui rappellent ce que devait être le fonctionnement naturel de la rivière avant les aménagements. Les prélèvements ont été effectués dans des secteurs peu aménagés, proches des stratigraphies étudiées, le long de transects perpendiculaires à l'axe du chenal d'écoulement.

Les analyses sédimentologiques s'appuient sur l'étude granulométrique des différentes classes texturales (Chamley, 1987). Globalement trois types principaux de dépôts s'individualisent (fig 7A) :

- *Des sédiments grossiers de lit mineur*, charge de fond provenant du remaniement d'un plancher alluvial fluvio-glaciaire. Les accumulations sédimentaires se présentent sous la forme de mégarides très grossières composées de galets et de graviers. La texture de la matrice est sableuse, composée à plus de 40% de sables grossiers. Les courbes granulométriques obtenues mettent en évidence une absence totale de tri dans les sédiments et témoignent ainsi de courants très compétents mais peu sélectifs.
- *Des sédiments interstratifiés sablo-limoneux*, piégés dans la ripisylve (*lit moyen*) et la partie supérieure des berges. Ces dépôts sont constitués d'une alternance de termes sableux (sables moyens et fins) et limoneux pouvant être

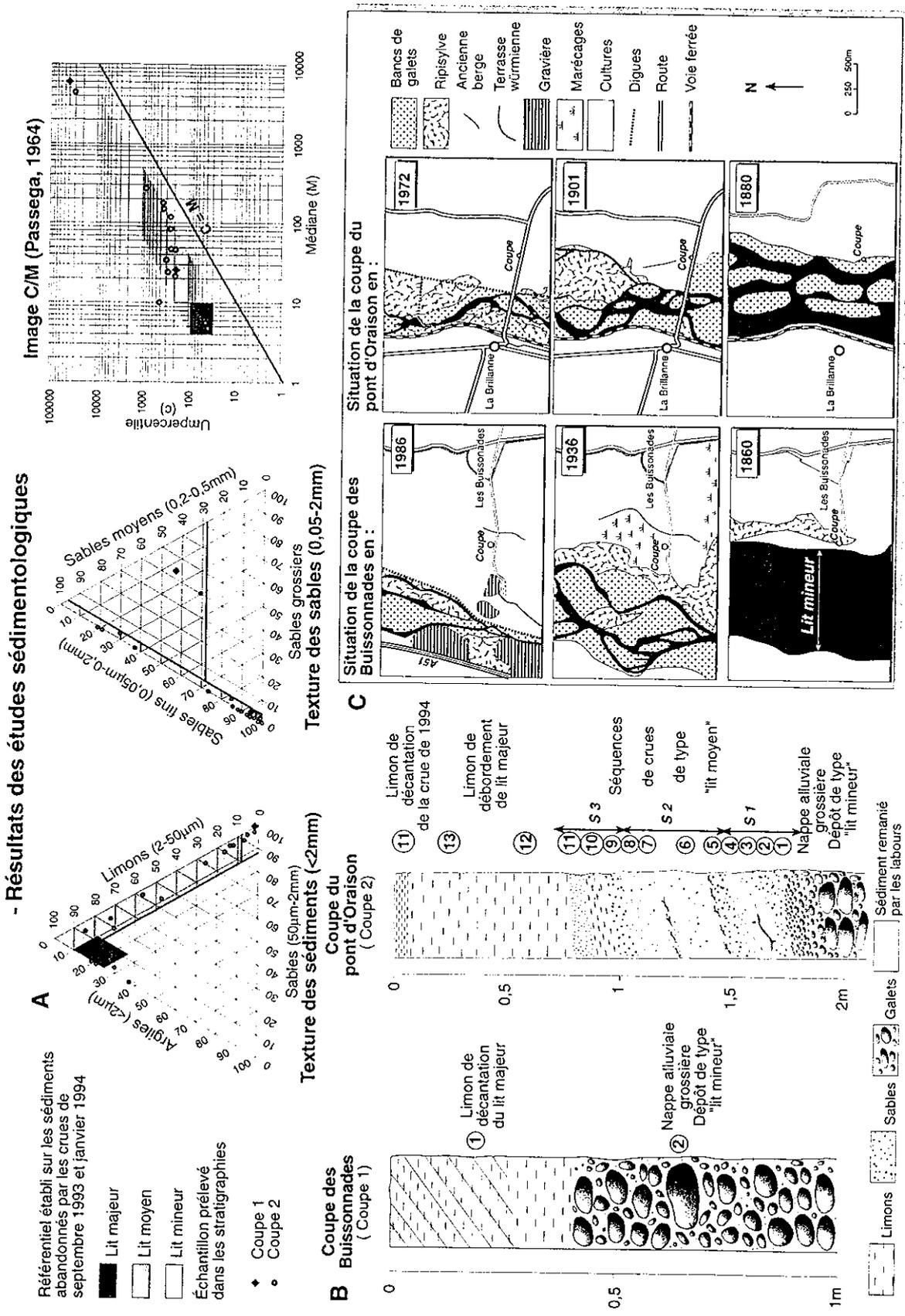


FIGURE 7. Résultats des analyses sédimentologiques. Sedimentological results.

séparés par des niveaux de macro-restes végétaux, et traduisant des variations de débit au sein d'une même crue. Les «lônes» (chenaux abandonnés), fonctionnelles durant la crue, enrichissent ces dépôts en éléments sableux. Ainsi dans ces secteurs les courants sont moins compétents mais plus sélectifs.

- *Des limons de débordement du lit majeur*, sédiments les plus fins, limono-argileux, issus d'une décantation par les eaux stagnantes.

B) Deux coupes de la plaine alluviale (coupe du pont d'Oraison et coupe des Buissonnades, fig.7B) ont été échantillonnées et analysées selon le même protocole que les dépôts actuels de la rivière. Elles mettent en évidence les changements hydrodynamiques qui ont touché la Durance depuis deux siècles (fig. 7C).

À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les sédiments des deux coupes appartiennent au lit moyen de la Durance. Trois séquences de crues caractéristiques de cette zone de sédimentation sont bien représentées dans la coupe 2. La route d'accès au pont d'Oraison construit en 1885, transversale par rapport à l'écoulement des eaux, a certainement joué le rôle de barrage, accentuant localement la sédimentation. En revanche, ces séquences n'ont pas été conservées dans la coupe 1.

À partir du début du XX<sup>e</sup> siècle (1901), les plans des Ponts et Chaussées montrent que les cultures ont progressé aux dépens du lit moyen et une rupture de pente très nette apparaît, témoignant d'une tendance à l'incision de la rivière. Des limons de débordement perturbés par les labours constituent le sommet des deux coupes. Ils témoignent de la contraction du domaine fluvial et d'écoulements de moins en moins compétents.

Actuellement les deux coupes se situent dans le lit majeur de la Durance. Des digues longitudinales séparent le lit moyen du lit majeur, mais celles-ci n'empêchent pas l'invasion de ce dernier par les eaux de débordement des grandes crues et le dépôt de limons.

Ainsi, à la rétraction du domaine fluvial mise en évidence par l'étude des cartes anciennes correspond un déplacement vers l'axe de la rivière des zones de sédimentation, une réduction de la charge solide transportée et une tendance à l'incision qui s'amorce dès l'aube du XX<sup>e</sup> siècle. Cette évolution quasi naturelle jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle se poursuit de nos jours dans un contexte artificialisé.

#### UN SCHÉMA D'ÉVOLUTION: LA PLAINE ALLUVIALE DE LA MOYENNE DURANCE

La synthèse des informations recueillies permet de proposer un schéma de l'évolution morphodynamique du système fluvial de la moyenne Durance entre la commune des Mées et celle de Manosque depuis un siècle et demi (fig. 8).

- La situation A montre au XIX<sup>e</sup> siècle une rivière peu encaissée, au style tressé, au lit moyen très ample que parcourent, entre les mégaformes de sédimentation, des chenaux multiples. Les crues fréquentes qui remanient constamment

les formes fluviales, débordent facilement et abandonnent une charge sablo-limoneuse sur les marges externes du lit moyen.

- La situation B correspond au système fluvial à l'aube du XX<sup>e</sup> siècle: la fréquence des grandes crues diminue, les lits se contractent et la rivière a tendance à s'inciser. Les limons de décantation viennent peu à peu recouvrir les sables déposés antérieurement dans le lit moyen.

- La situation C traduit, à la fin du XX<sup>e</sup> siècle, les conséquences des grands aménagements. Les flux hydriques et détritiques sont artificiellement réduits (barrages, canaux de dérivation, gravières) et contenus dans le lit mineur par les digues longitudinales. Les fortes crues ne déposent plus, en dehors du lit moyen, que des sédiments fins de décantation.

### LES PARAMÈTRES RESPONSABLES DE L'ÉVOLUTION DES LITS FLUVIAUX DEPUIS LE XIV<sup>e</sup> SIÈCLE

#### LES MUTATIONS DU SYSTÈME DEPUIS DU XVI<sup>e</sup> AU XIX<sup>e</sup> SIÈCLES

Dans l'état actuel de nos recherches, nous ne disposons ni de stratigraphies alluviales ni de documents cartographiques pouvant éclairer les modalités précises de l'évolution de la morphologie fluviale durancienne avant le XIX<sup>e</sup> siècle. Mais le recensement dans les archives des crues et des débordements révèle que plusieurs périodes de «crise» ou d'«accalmie» hydrologique s'individualisent. Elles sont le reflet de la variable climatique, dont nous allons tenter de préciser les tendances à l'aide d'autres indicateurs paléoclimatiques régionaux: épisodes de gel du Rhône (Jorda et Roditis, 1992), évolution des marges glaciaire (Zoller, 1977; Lagier et Masson, 1997), vendanges tardives, gels des oliviers (Le Roy Ladurie, 1966, 1983; Pichard, thèse en cours). Notre analyse s'appuie d'autre part sur le schéma dynamique établi pour la période contemporaine et sur les données historiques concernant l'occupation humaine et la mise en valeur du bassin durancien.

- La chronologie des crues duranciennes montre une crise hydrologique au cours de la *seconde moitié du XIV<sup>e</sup> siècle*. Il semble que l'on retrouve là un schéma d'évolution comparable à celui décrit sur les cours d'eau affluents du bassin de la Durance (Jorda, 1985, 1992) mais aussi pour les rivières des Alpes du Nord (Bravard, 1987, 1989; Peiry, 1988; Salvador, 1991). Ces auteurs observent à partir du XIV<sup>e</sup> siècle les indices d'une crise hydro-morphologique succédant à une période d'apparente «tranquillité des systèmes fluviaux» (Bravard, 1989), assortie, dans le bassin durancien, d'une relative stabilité des versants (Jorda, 1980). Cette crise de la fin du Moyen Âge, confirmée par les documents d'archives (Sclaffert, 1959), est soulignée le long des rivières sud-alpines par des apports détritiques à caractère torrentiel ou de débordement. Malgré l'absence de données concernant la Durance elle-même, on peut supposer que le paysage fluvial était alors comparable à celui du XIX<sup>e</sup> siècle avec des lits fluviaux larges et un style fluvial en tresses.

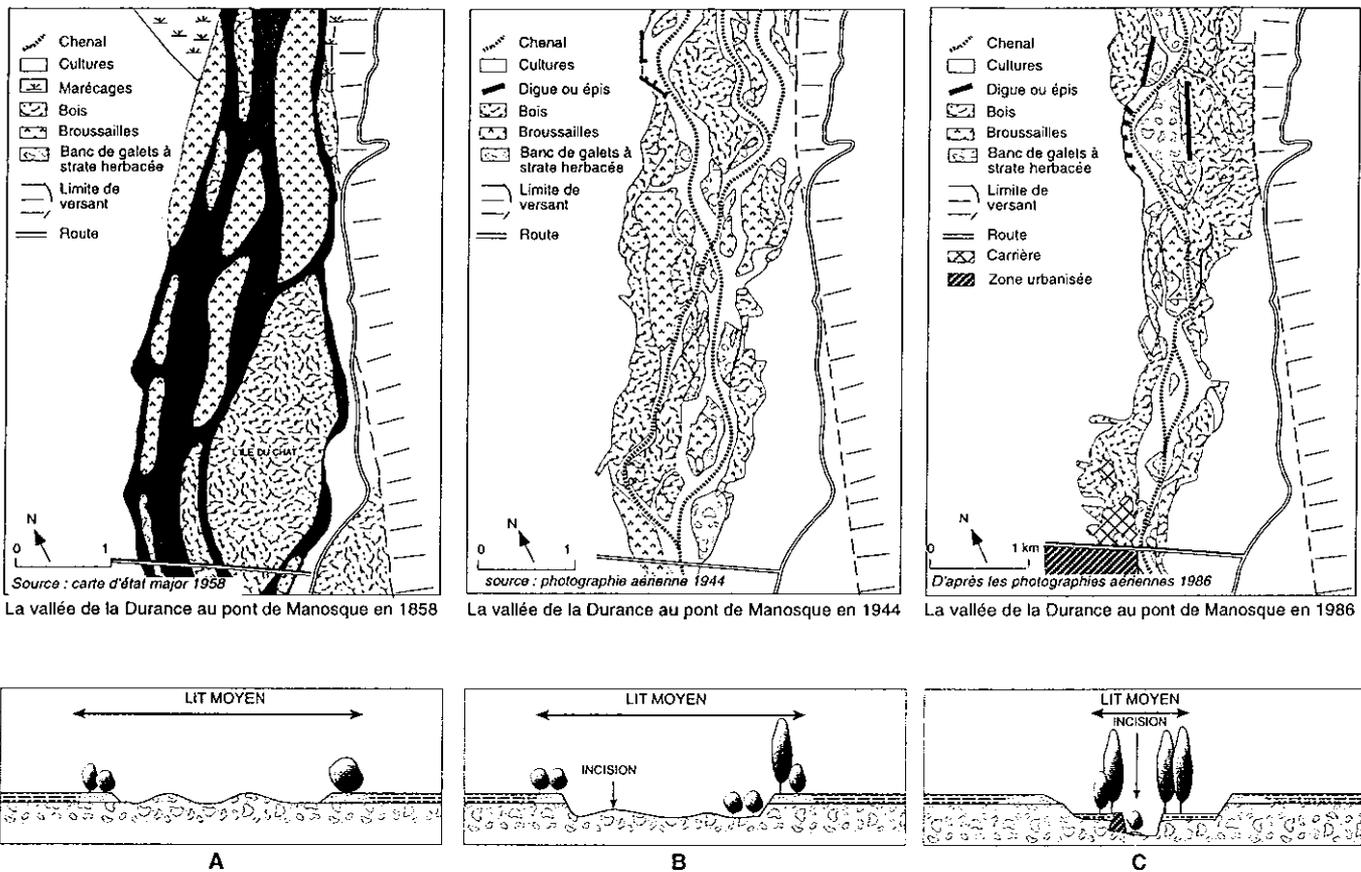


FIGURE 8. Cartographie et transects du milieu fluvial durancien à différentes époques.

Cartography and transects of the Durance at different time.

La seconde moitié du XIV<sup>e</sup> siècle connaît une phase pluridécennale de dégradation climatique comparable par son intensité et sa durée à celle de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle (Jorda et Roditis, 1993). Mais le dérèglement climatique se produit cette fois sur un milieu en voie de déprise agropastorale et de reconquête forestière en raison d'une crise politique, économique, et à l'épidémie de peste noire de 1348 (Baratier, 1961). En cette fin du Moyen Âge, le comportement hydrodynamique de la rivière et de ses affluents (inondations, engravements...) semble donc exprimer essentiellement le caractère excessif du dérèglement climatique. Il est possible néanmoins que la déprise agricole, la désagrégation des structures d'exploitation et la désorganisation des réseaux de drainage aient contribué à accroître l'ampleur des conséquences morphologiques des crues.

- On notera le calme relatif qui semble avoir caractérisé la période 1410-1540 durant laquelle seuls quelques rares épisodes de crues sont recensés. Il est possible qu'à cette époque, apparemment peu favorable à des régimes hydrologiques très contrastés (volume et irrégularité des précipitations), les lits fluviaux de la rivière aient eu tendance à se contracter à l'image des premières décennies du XX<sup>e</sup> siècle.
- La période qui s'étend des Temps Modernes au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, caractérisée par une fréquence élevée des épisodes de crues exceptionnelles, correspond globale-

ment à la dégradation climatique fraîche et humide du Petit Âge glaciaire (Le Roy Ladurie, 1983; Lamb, 1982, 1984; Grove, 1987; Pfister, 1980, 1992). Elle a été caractérisée à divers moments par des hivers rigoureux entraînant l'englacement du Rhône, le gel des oliviers, des printemps et des étés froids marqués par des vendanges tardives. Ceux-ci ont été humides et neigeux en montagne comme le montrent l'état de crue glaciaire, la diminution de la largeur des cernes des mélèzes (Serre-Bachet *et al.*, 1992; Bélingard, 1996). De telles conditions ont favorisé une activité hydrodynamique efficace liée à des écoulements importants.

Les Temps Modernes ont connu par ailleurs l'apogée historique de peuplement rural, une intense mise en valeur agropastorale des pentes qui s'est accompagnée, d'après les historiens, d'une moindre maîtrise de la gestion du milieu (Sclaffert, 1959).

La conjonction de ces phénomènes — augmentation du nombre d'accidents hydrologiques, dégradation climatique et sur-exploitation du milieu — s'est vraisemblablement traduite par une augmentation de l'activité fluviale et un élargissement des lits de la Durance. Soulignons ici qu'au cours de cette même période les rivières nord-alpines ont connu une métamorphose fluviale, c'est-à-dire le passage d'un style fluvial à chenal unique à un style en tresses (Bravard, 1987, 1989; Peiry, 1988; Salvador, 1991).

DU XIX<sup>e</sup> SIÈCLE AUX AMÉNAGEMENTS  
DES ANNÉES SOIXANTE

Différents facteurs peuvent être envisagés pour expliquer l'évolution du système fluvial durancien avant la domestication de la rivière dans les années cinquante (fig. 6). Les premières interventions historiques antérieures dans le lit de la Durance (digues, épis) ont eu une influence sur la morphologie fluviale. Mais ces ouvrages, ponctuels et régulièrement détruits par les crues, ne peuvent expliquer les modifications observées et en particulier la diminution de l'ampleur des lits. La morphogenèse fluviale paraît avant tout liée à la fréquence et à l'intensité des événements hydrologiques exceptionnels (Backer, 1977 ; Gupta, 1983) et plus globalement aux grandes tendances historiques de la variable climatique. Le taux de couverture végétale, les aménagements du bassin versant (travaux de correction des torrents) ont par ailleurs une influence sur l'évolution hydrodynamique de la rivière. À ces paramètres s'ajoutent les modifications naturelles ou anthropiques de la couverture végétale (taux de boisement), et, depuis les années 1860-1880, les travaux de correction des torrents.

Dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, le reboisement spontané des pentes du bassin versant (tabl. III) (exode rural et déprise agro-pastorale) et la politique de reforestation menée par les Eaux et Forêts et le service de la Restauration des Terrains en Montagne (RTM) ont joué un rôle important dans les modifications de la morphologie fluviale avec la réduction des flux détritiques et la régularisation du régime des eaux. Il en est résulté une tendance à l'incision de la Durance et de ses principaux affluents.

C'est dans ce contexte que s'est amorcée la période d'amélioration climatique récente (Le Roy Ladurie, 1983 ; Lamb, 1982, 1984). Moins favorable au développement d'une activité torrentielle importante, elle a eu pour conséquence une diminution de la fréquence des épisodes de crue et par là même de la dynamique fluviale avec une réduction de la largeur des lits.

## CONCLUSION

Depuis la fin du Moyen Âge, des phases de « crise » hydromorphologiques (seconde moitié du XIV<sup>e</sup> siècle, période 1540-1870) alternent en Durance avec des phases d'« accalmie » (1410-1540, XX<sup>e</sup> siècle). Elles se traduisent respectivement par l'élargissement ou la retraction des lits

de la rivière. Cette évolution est avant tout guidée par les variations climatiques. On ne saurait pour autant nier le rôle de l'intervention humaine et en particulier les conséquences de l'érosion de la dégradation de la couverture végétale. Associée à la variable climatique, l'intensité de la mise en valeur a influé sur le volume de la charge détritique de la Durance et de ses affluents, c'est-à-dire sur les tendances à l'incision ou à l'alluvionnement.

L'évolution du système fluvial durancien apparaît sensiblement différente de celle d'autres organismes alpins. Ceux-ci enregistrent, au cours de l'histoire, plusieurs « métamorphoses fluviales » (Schumm, 1977), alors que le style à chenaux tressés n'a semble-t-il jamais disparu en moyenne Durance. Il faut y voir la conséquence des caractéristiques du bassin versant de la Durance : pentes fortes, fourniture détritique abondante, intensité, violence et variabilité des précipitations, couvert végétal, « naturel » ou d'origine anthropique, inégalement protecteur.

Ajoutons par ailleurs que les conditions méditerranéennes et montagnardes du bassin durancien amplifient les moindres variations des paramètres dynamiques du système fluvial. C'est ainsi que l'amélioration climatique amorcée dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle semble avoir eu des effets hydrodynamiques beaucoup plus en Durance que dans des régions comme les Alpes du Nord soumises à des conditions climatiques moins contrastées.

À cela s'ajoute un « temps de réponse » (Schumm, 1977) très court de la rivière aux changements du milieu. L'essor du peuplement et de la mise en valeur des Temps Modernes a joué un rôle important dans la crise morphodynamique reconnue au cours des trois derniers siècles. Mais, à partir des années 1860, le milieu s'est cicatrisé rapidement : embroussaillage et reforestation spontanée, reboisements et travaux de correction. Dès le début du XX<sup>e</sup> siècle, la Durance connaît une contraction de ses lits et une tendance à l'incision alors qu'une telle évolution n'apparaît dans les Alpes du Nord qu'à partir des années 1950 (Peiry *et al.*, 1994).

Ainsi au cours de la période historique le système fluvial durancien enregistre une évolution morphodynamique originale largement tributaire de la variable climatique. Cette évolution est sensiblement différente de celle des principaux systèmes fluviaux des Alpes du nord. Ceci incite à la prudence dans la recherche de corrélations trop étroites au sein de la chaîne alpine.

TABLEAU III

*Évolution des surfaces forestières et des taux de boisement depuis deux siècles dans les Alpes de Haute-Provence et les Hautes-Alpes (source : Vaillauri *et al.*, 1997)*

	1780-1781 (Cassini)	1878 (Demontzey)	1989 (IFN)	Reboisements en pin noir
Alpes de Haute Provence	10 % environ	123 100 ha 17,7 %	42,8 %	17 000 ha 2,5 %
Hautes Alpes	11 % environ	94 000 ha 17 %	28,4 %	4 800 ha 0,9 %

## REMERCIEMENTS

Nous remercions les lecteurs, Jean-Paul Bravard, Jean-François Pastre et André Weisrock pour leurs très judicieux commentaires.

## RÉFÉRENCES

- Achard, P., 1873. Note chronologique sur les différentes inondations dont la ville d'Avignon et les lieux environnants ont eu à souffrir, Avignon.
- Arnaud-Fassetta, G., 1998. Dynamiques fluviales holocènes dans le delta du Rhône. Thèse de doctorat de Géographie, Université d'Aix-Marseille I, 320 p.
- Baker, V.R., 1977. Stream channel response to floods with examples from Central Texas. *Geological Society of America Bulletin*, 88: 1057-1071.
- Baratier, E., 1961. La démographie provençale du XIII<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle. *École pratique des Hautes-Études*, 255 p.
- Belingard, C., 1996. Étude dendrochronologique de la dynamique supérieure de la forêt dans les Alpes françaises du sud en relation avec les facteurs climatiques et anthropiques. Thèse de doctorat d'Écologie, Université d'Aix-Marseille III, 130 p.
- Bravard, J.-P., 1987. Le Rhône du Léman à Lyon. La Manufacture, Lyon, 452 p.
- 1989. La métamorphose des rivières des Alpes françaises à la fin du Moyen Âge et à l'époque moderne. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 25: 145-157.
- Bravard, J.-P. et Peiry, J.-L., 1993. La disparition du tressage fluvial dans les Alpes françaises sous l'effet de l'aménagement des cours d'eau (19-20<sup>me</sup> siècle). *Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Bd.*, 88: 67-79.
- Chamley, H., 1987. *Sédimentologie*, Dunod, Paris, 175 p.
- Champion, M., 1858-64. Les inondations en France depuis le VI<sup>ème</sup> siècle jusqu'à nos jours. Dondt, Paris, 6 vol.
- Dubled, H., 1978. Les problèmes posés par le cours de la Basse Durance jusqu'en 1791. *Étude vauclusiennes*, XX: 13-18.
- 1979. Les problèmes posés par le cours de la Basse Durance jusqu'en 1791. *Étude vauclusiennes*, XXI: 21-28.
- Gautier, E., 1992. Recherches sur la morphologie et la dynamique fluviales dans le bassin du Buech (Alpes du Sud). Thèse Doct. de géographie Université de Paris-X-Nanterre, 439 p.
- Gibelin, J.M., 1990. L'histoire des endiguements de la Durance. Direction départementale de l'Équipement, Digne-les-Bains.
- Guilbert, X., 1994. Les crues de la Durance depuis le XIV<sup>ème</sup> siècle. Fréquence, périodicité et interprétation paléo-climatique. Mémoire de maîtrise de Géographie, Université d'Aix-Marseille I, Aix-en-Provence.
- Grove, J., 1987. *The Little Ice Age*. Methuen, London, 498 p.
- Gupta, A., 1983. High magnitude floods and stream channel response. *In Modern and ancient fluvial systems. Special Publication of the International Association of Sedimentologists*, 6: 219-227.
- Honoré, L., 1924. Pluies excessives et inondations en Provence (1427-1827). *Institut d'Histoire provençale*, t. 1: 62-77.
- Imbeaux, M.E., 1892. La Durance, régimes, crues et inondations. *Annales des Ponts et Chaussées*, 7<sup>e</sup> série, t. 3.
- Jorda, M., 1980. Morphogénèse et évolution des paysages dans les Alpes de Haute-Provence depuis le tardiglaciaire. Facteurs naturels et facteurs anthropiques. *Bulletin de l'Association des géographes français*, 472: 295-304.
- 1985. La torrentialité holocène des Alpes françaises du Sud. Facteurs anthropiques et paramètres naturels de son évolution. *Cahiers ligures de Préhistoire et de Protohistoire*, 2: 11-28.
- 1992. Morphogénèse et fluctuations climatiques dans les Alpes françaises du sud de l'Âge du Bronze au Haut Moyen Âge. *Les nouvelles de l'archéologie*, 50: 14-20.
- Jorda, M. et Roditis, J.-C., 1993. Les épisodes de gel du Rhône depuis l'An Mil. Périodisation, fréquence, interprétation paléoclimatique. *Méditerranée*, 3-4: 19-30.
- Juramy, S. et Monfort, J., 1986. L'évolution des lits fluviaux. L'exemple d'une rivière aménagée: la Durance. Doctorat 3<sup>e</sup> cycle en Géographie physique appliquée, Université d'Aix-Marseille II, Aix en Provence, 576 p.
- Lagier, T. et Masson, S., 1997. Les glaciers de la Valtouise (Glacier Blanc, Glacier Noir). Héritages holocènes et évolution climatique. *Mémoire de Maîtrise de Géographie, Université d'Aix-Marseille I*, 87 p.
- Lamb, H.H., 1982. *Climatic history and the modern world*. Methuen, London, 387 p.
- 1984. Climate in the last thousand years: Natural climatic fluctuations and changes. *In H. Flohn H. et R. Fantechi, édit., The climate of Europe: Past, present and future*. D Reidel, Dordrecht.
- Le Roy Ladurie, E., 1966. *Les paysans du Languedoc*. Thèse d'État., Sevpen, Paris.
- 1983. *Histoire du climat depuis l'An Mil*. Flammarion, Paris, 2 vol., 287 et 254 p.
- Miramont, C., 1994. Les lits fluviaux de la Moyenne Durance. Morphogénèse et évolution des flux hydriques et détritiques au cours de la période historique. *Mémoire de D.E.A. de Géographie, Université d'Aix-Marseille I, Aix en Provence*: 170 p.
- 1998. Morphogénèse, activité érosive et détritisme alluvial holocènes dans le bassin de la Moyenne Durance (Alpes françaises du Sud). Thèse de doctorat de Géographie, Université d'Aix-Marseille I, 286 p.
- Miramont C. et Guilbert, X., 1997. Variations historiques de la fréquence des crues et évolution de la morphogénèse fluviale en Moyenne Durance (France du sud-est). *Géomorphologie: reliefs, processus et environnement.*, 4: 235-338.
- Peiry, J.-L., 1988. Approche géographique de la dynamique spatio-temporelle des sédiments d'un cours d'eau intra-montagnard: l'exemple de la plaine alluviale de l'Arve (Haute-Savoie). Thèse de doctorat en géographie, Université de Lyon 3, 378 p.
- Peiry, J.-L., Salvador, P.G., et Nougier, F., 1994. L'incision des rivières dans les Alpes du nord: état de la question. *Revue de Géographie de Lyon*, 69: 47-56.
- Pelloux, L., 1899. La Durance et ses affluents. *Bulletin de la société scientifique et littéraire des Basses-Alpes*, Marseille, 205 p.
- Pfister, C., 1980. The Little Ice Age: Thermal and wetness indices for Central Europe. *Journal of Interdisciplinary History*, 10: 665-698.
- Pichard, G., en préparation. *Espaces et nature en Provence du XVI<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècles*. Thèse de doctorat d'histoire. Université d'Aix-Marseille I.
- Salvador, P.-G., 1991. Le thème de la métamorphose fluviale dans les plaines alluviales du Rhône et de l'Isère. Thèse de doctorat de Géographie, Université de Lyon 3, 498 p.
- Schumm, S.-A., 1977. *The fluvial system*. Wiley, New York, 338 p.
- Sclafert, T., 1959. *Cultures en Haute-Provence. Déboisements et pâturages au Moyen Âge*. Sevpen, Paris, 271 p.
- Serre-Bachet, F., Guiot, J. et Tessier, L., 1992. Dendroclimatic evidence from southwestern Europe and northwestern Africa, p. 349-365. *In R.S. Bradley et P. Jones, édit., Climate since 1500 AD*. Routledge.
- Vallauri, D., Chauvin, C. et Mermin, E., 1997. La restauration écologique des espaces forestiers dégradés dans les Alpes du Sud. *Chronique de 130 ans de restauration et problématique actuelle de gestion des forêts créées en pin noir*. *Revue forestière française*, XLIX (5): 433-449.
- Zoller, H., 1977. Les oscillations du climat et des glaciers pendant le Tardif et le Postglaciaire dans les Alpes de la Suisse, p. 297-301. *In H. Laville et J. Miskovsky, édit., Approche écologique de l'Homme fossile*, suppl. *Bulletin de l'A.F.E.Q.*