

GROUPE D'APPUI ET D'EXPERTISE SCIENTIFIQUE

Volet historique

**Note de synthèse
D. CŒUR**

Inondations du bas Rhône de Décembre 2003
Retour d'Expérience

Groupe d'Appui et d'Expertise Scientifique
Volet historique

Note de synthèse
D. Cœur

Juillet 2004

SOMMAIRE

Introduction.....	3
1 - Positionnement historique de la crue de décembre 2003 sur le bas Rhône	4
1.1- A l'échelle des deux derniers siècles.....	4
1.2 - A l'échelle des cinq derniers siècles.....	5
2 – Les logiques d'endiguement au XIXe siècle et leurs conséquences	6
2.1- Un héritage ancien assez fortement remanié après 1750	6
2.2 - 1856 et ses suites : premier grand diagnostic technique général et primat de la protection urbaine.....	6
3 - La prise en compte opérationnelle de l'information historique : diagnostic et propositions ..	8
3.1 - L'Etude Globale Rhône	8
3.2 – Information historique et définition de <i>l'événement référence</i>	8
3.2.1 - Les difficultés pratiques et techniques de validation de l'information historique des inondations	8
3.2.2 - Hauteurs maximales atteintes sur le bas Rhône.....	9
▪ Un travail d'enquête spécifique.....	9
▪ 1856 : événement référence.....	10

Annexes

▪ 1 - Tableau chronologique des crues du Rhône dont le débit maximal a été égal ou supérieur à 8500 m ³ /s à Beaucaire entre 1800 et 2002.....	12
▪ 2 - Tableau chronologique des crues du Rhône à Avignon et Beaucaire entre 1500 et 2002.	14
▪ 3 - Documents sur les crues de 1840 et 1856	22
a) Hydrogrammes de la crue du Rhône en 1840.....	23
b) Hauteurs et débits du Rhône à Valence pendant la crue de 1840.....	24
c) Courbe de tarage du Rhône à Beaucaire (1856)	25
d) Hauteurs des crues du Rhône aux échelles hydrométriques en 1840 et 1856	26
e) Hydrogrammes de la crue de 1856 sur le Rhône	27
f) « Tableau synoptique » de la crue de 1856 sur le Rhône (extrait)	28
g) Carte du périmètre de l'inondation de 1856 à l'aval de Viviers.....	29
▪ 4 – Sources et bibliographie sommaires.....	30

INTRODUCTION

Les objectifs de l'expertise historique

Les questions proposées au groupe d'experts renvoyaient à des perspectives historiques sur deux aspects principaux. Il s'agissait tout d'abord de repositionner l'événement hydrométéorologique de décembre 2003 par rapport aux grands événements comparables survenus dans le bas Rhône au cours des deux derniers siècles et éventuellement au-delà.

▫ *Q 21 Comment cet événement se situe-t-il sur le plan historique ?*

Le deuxième volet porte sur l'incidence des options techniques et aménagements mis en œuvre depuis les grandes crues du XIXe siècle sur la formation des inondations (Q31).

▫ *Q31 Dans ce domaine, quelle évaluation peut-on faire de l'incidence des aménagements hydrauliques depuis 1840, en liaison avec l'évolution économique et sociale, notamment de la Camargue ?*

Les modalités de réalisation de l'expertise

Compte tenu du temps très court dont on disposait par rapport à la complexité de l'objet d'analyse, le travail s'est appuyé sur les données facilement accessibles à travers :

- une analyse des publications dont une liste est jointe à ce rapport. Nous avons cherché à ce stade à mettre en perspective le travail d'enquête historique mené par le bureau d'étude SAFEGE pour l'Etude Globale Rhône.
- une série de sondages dans les archives du service navigation du Rhône (archives départementales du Rhône et du Vaucluse) pour compléter en particulier la chronologie générale des événements.
- des échanges avec les autres membres du GAES à l'occasion de réunions ou par courriels.

1 – Positionnement historique de la crue de décembre 2003 sur le bas Rhône (Beaucaire)

1.1 - A l'échelle des deux derniers siècles

Si l'on estime que l'événement de décembre 2003 a écoulé entre 11000 et 12000 m³/s à Beaucaire (voir hypothèses des hydrologues), cet épisode rejoindrait, à l'échelle historique des deux derniers siècles, le groupe très réduit des crues qui ont approché ou dépassé les 10 000 m³/s à Beaucaire à savoir :

- novembre 1886 (9500 m³/s pour M. Pardé; la CNR avance 10 200 dans son rapport de mars 2004)
- novembre 1935 (9600 m³/s)
- octobre 1993 (9800 m³/s)
- novembre et septembre 2002 (10200 et 10500m³/s, à préciser selon les hydrologues du GAES),
- janvier 1994 (10800m³/s, également à préciser selon les hydrologues du GAES)
- mai 1856 (12500m³/s, selon M. Pardé ; 11600 selon la CNR),
- novembre 1840 (13000m³/s, selon M. Pardé)

Les grands événements de la première moitié du XIXe siècle n'ont semble-t-il pas dépassé quant à eux la barre des 9000 m³/s selon les analyses de C. Kleitz et M. Pardé. Les deux plus importants à savoir la crue du 27 octobre 1841 et celle du 3 novembre 1843 se situant respectivement à 8500 et 9000 m³/s. Des analyses complémentaires seraient à engager sur les crues de 1801, 1811 et 1825 dont les eaux ont atteint des hauteurs très importantes à Arles.

Le tableau en annexe 1 présente de manière synthétique les données disponibles sur les 22 plus importants événements des deux derniers siècles.

Les événements de 1840 et 1856 (documents en annexe 3) analysés dans le détail par M. Pardé sont à l'heure actuelle les *deux événements références sur le bas Rhône*. Selon toute vraisemblance les débits maxima de 1856 furent égaux ou légèrement supérieurs à ceux de 1840 à l'aval de la confluence de la Drôme (*Régime du Rhône*, II, 366). A noter que la nette supériorité des cotes de 1856 sur celles de 1840 (annexe 3d) semble devoir être rattachée au resserrement du chenal suite aux travaux entrepris par l'administration des Ponts et Chaussées et les riverains dans les années 1840-1850. Ces éléments seraient à préciser alors qu'en même temps les témoignages abondent pour souligner que les ruptures de digues ont permis au cours de ce même événement d'abaisser de 0,5 à 1 m les lignes d'eau enregistrées dans la partie aval du fleuve et ainsi diminuer la gravité de l'inondation dans la plupart des centres urbains.

Conclusion 1

ρ A Beaucaire, la crue de décembre 2003 se situe parmi les trois premiers événements en terme de débits maxima sur 200 ans.

ρ A 11 000 m³/s elle est assez nettement supérieure aux principaux événements de type méditerranéen extensif connus sur la période (novembre 1935, novembre 1886).

ρ Dans l'état actuel des informations disponibles, elle reste donc un peu en deçà des crues de 1840 et 1856 qui sont les événements historiques de référence sur le bas Rhône à l'échelle des deux derniers siècles tant sur un plan hydrologique qu'en terme d'emprise spatiale et d'impact territorial. A une échelle très locale, la définition et l'impact de ces événements seraient à préciser.

1.2 - A l'échelle des cinq derniers siècles

L'enquête d'expertise a permis d'élargir la fenêtre chronologique de référence et de repérer au moins six autres événements majeurs sur le secteur au cours de la période 1500-1800, éléments que nous livrons de manière un peu brute et qui mériteraient bien sûr une analyse critique plus poussée à partir des documents d'archives :

- novembre 1529
 - novembre 1548 (7 m à Avignon)
 - octobre 1636 (5.24 m à Arles)
 - novembre 1651 (5.30 m à Arles)
 - novembre 1674 (5.24 m à Arles)
 - fin novembre-début décembre 1755 (7.25 m à Avignon ; 5.26 m à Arles)
- Soulignons que ce dernier épisode, pour lequel nous disposons d'une documentation fournie, est resté l'événement référence dans le secteur jusqu'en 1840 avec celui de 1674 et un autre de la première moitié du XVe siècle (novembre 1433).

Le détail de cette chronologie est présentée en annexe 2.

Même si un certain nombre d'éléments descriptifs restent à préciser (cf. estimation des débits à partir des hauteurs enregistrées à Arles ou à Beaucaire par exemple ; travail d'analyse critique comparée des données qualitatives disponibles sur les grandes crues antérieures à 1840), tout porte à croire que la crue de décembre 2003 se situe *dans le groupe des dix événements majeurs des 5 derniers siècles*, et même peut être parmi les six plus importants.

A noter un certain nombre de traits communs à ces épisodes :

- le primat de la *période de novembre-décembre* où l'on voit revenir des configurations types, décrites par M. Pardé, associant phénomènes pluviométriques d'origine océanique de grande ampleur s'étendant sur plusieurs semaines, "préparant" en quelque sorte des "remontées" méditerranéennes plus brèves (quelques jours) pouvant localement être à l'origine de phénomènes cévenols.
- le rôle aggravant de la *concomitance des crues de la Durance* avec celle du Rhône. Ce fut le cas en 1840, mais aussi déjà en 1548, 1674 et 1755 (événement bien informé). C'est historiquement le critère le plus déterminant pour expliquer l'origine des crues extraordinaires sur le bas Rhône. Une analyse hydrométéorologique comparée Ardèche/Durance lors des grands événements historiques apporterait des éléments de diagnostic complémentaires.
- le rôle aggravant joué par *les hautes eaux marines*. Ce fut le cas en 1840 où, sur la période 1839-1841, les plus grandes hauteurs des eaux de mer au Port de Bouc ont été enregistrées entre le 2 et le 6 novembre 1840¹. L'inondation de 1755 avait déjà connu selon les témoignages une configuration marine assez voisine.

Conclusion 2

ρ L'événement de décembre 2003 se situe dans le groupe des 10 événements les plus importants sur 5 siècles à Beaucaire et Arles.

¹ AD Vaucluse, 3 S 76.

2 – Les logiques d'endiguement au XIXe siècle et leurs conséquences

2.1 - Un héritage ancien assez fortement remanié après 1750

Au milieu du XIXe siècle, le *morcellement* est le trait le plus caractéristique de la situation des ouvrages d'endiguement en amont de Beaucaire alors qu'à l'aval on dispose d'ouvrages pratiquement continus jusqu'à la mer (cf. digue de Beaucaire à la mer). Ces derniers sont d'ailleurs forts anciens et remontent pour la plupart au Moyen Age. Entre Viviers et Beaucaire, ces aménagements médiévaux ne représentent que 20% des ouvrages et sont établis en général à proximité des bourgs (cf. digue de ceinture de Caderousse, digue de la Basse Vallergue, digue de Boulbon). La grande majorité des alignements défensifs existant en 1850 a été établie après 1750, et un grand nombre des ouvrages au cours de la première moitié du XIXe siècle, pour la défense des espaces agricoles surtout.

Les ouvrages consistent principalement en des « chaussées » longitudinales au fleuve (mais pas forcément implantées directement le long des berges), c'est-à-dire en des levées ou remblais en terre ou gravier submersibles ou pas. L'usage de la pierre en couverture (perrés maçonnées ou non) ou pour la structure même de l'ouvrage, était réservée en général à la proximité des ponts ou des villes (cf. digues de Châteauneuf, Roquemaure, Avignon, etc.). Ailleurs, le gazonnement constituait le revêtement habituel. Selon les dispositions locales du fleuve (méandrement, lônes, espaces de confluences), les ouvrages pouvaient prendre des directions multiples, constituant au fil du temps des assemblages complexes, inscrits dans une bande plus ou moins large de part et d'autre du chenal principal, et dont le fonctionnement global en cas de grande crue échappait totalement à ceux qui, localement, avaient établi ou entretenu ces ouvrages en vue d'assurer la défense de leurs biens. On notera qu'en 1856, les 2/3 des brèches aux ouvrages l'ont été suite à leur submersion, contre 1/4 à peu près par infiltration.

En matière de financement des travaux, il faut souligner que le dispositif des Associations Syndicales (AS) forcée établi par la loi de septembre 1807, s'il marque un interventionnisme accru de l'Etat, ne marque pas la naissance officielle des groupements de riverains (on en trouve dès l'époque médiévale à Avignon, Arles, etc.), et surtout, ne va pas forcément apporté plus de cohérence dans l'établissement des ouvrages d'endiguement à l'échelle du Bas Rhône. Sans véritable démarche (technique, juridique et administrative) de mise en cohérence globale avancée par l'administration des Ponts et Chaussées, le développement des AS après 1830 et surtout après l'inondation de 1840, tend au contraire fortement rajouter encore aux morcellements des initiatives.

2.2 – 1856 et ses suites : premier grand diagnostic technique général et primat de la protection urbaine

L'événement de 1856 est l'occasion d'une série de prises de conscience et d'orientations de la part de l'administration technique d'Etat (Ponts et Chaussées) sur les choix techniques faits jusqu'alors (les hauteurs maximales atteintes par l'inondation de 1856 ont dépassé sur le Bas Rhône celles de 1840). La première est l'abandon officiel d'un système d'endiguement général insubmersible entre Lyon et Tarascon qui ne ferait qu'aggraver l'exposition des villes. C. Kleitz, ingénieur en chef du Service Spécial du Rhône précise en 1860 « qu'il aurait pour effet d'élever le niveau d'une crue pareille à celle de 1856 d'au moins 2 mètres à Beaucaire et Tarascon, et rendrait la défense de ces villes à peu près impossible ». Seule la partie située à l'aval de Beaucaire-Tarascon (Camargue) doit accueillir et conserver ses ouvrages

insubmersibles du fait notamment, selon lui, de sa position défavorable qui l'expose aux conséquences de tous les aménagements amont. En outre, l'endiguement développé ici n'a aucune conséquence sur l'aval (rejet également d'un nouveau canal de dérivation des grandes crues en Camargue). La seconde conclusion technique importante faite par Kleitz est l'abandon de la solution des barrages réservoirs (inefficaces et d'un coût exorbitant), et de conclure notamment pour le Bas Rhône : « Il faut donc renoncer à l'illusion de voir diminuer les crues du Rhône par des barrages de retenues et se borner à en atténuer les dommages par des défenses locales ».

L'option générale adoptée pour le Rhône moyen et le Bas Rhône jusqu'à Beaucaire va donc avoir pour objectif d'assurer la réalisation d'un endiguement submersible aux crues « extraordinaires » mais insubmersibles aux crues « ordinaires ». Pour cela, le niveau des ouvrages à réaliser au-dessus des berges naturelles ne doit pas dépasser 1,5m/2m. Critères abondant dans ce sens : coût raisonnable, capacité de résistance aux crues extraordinaires, faible influence sur la hauteur des eaux avec des conséquences « raisonnables » sur les secteurs aval. Il est donc prévu de conserver et renforcer les ouvrages existant en tête des plaines qui vont former des « têtes de défense insubmersibles » tout en laissant les plaines submersibles du côté aval. Un certain nombre de dispositions complémentaires sont prévues : la possibilité d'assurer des colmatages fertilisants dans certains secteurs, le renforcement de la lutte contre les courants par le développement des plantations de lisière et quelques ouvrages transversaux. Le tout est calé sur un calcul économique précis des dépenses à engager et des gains à attendre notamment en matière agricole. La balance est positive selon Kleitz. « En ce qui concerne les crues ordinaires, nous pensons donc que l'inconvénient de leur exhaussement trouvera un correctif dans un léger surhaussement des digues dans les régions d'aval, et sera en tous cas plus que compensé par les avantages résultant de l'endiguement. »

Les projets et réalisations effectives de la seconde moitié du XIXe siècle vont consister pour la plupart en un renforcement, quelques surélévations, et surtout un prolongement des alignements existants. Sauf exception, on veilla à ce que les nouvelles digues insubmersibles devant assurer la protection des villes (loi du 28 mai 1858) ne diminuent pas les sections d'écoulement. Les villes plus particulièrement concernées par les dégâts de 1856 et travaux de protection qui s'en suivirent furent : Lapalud (83 maisons écroulées), Mornas (200 maisons inondées), Caderousse (4 m d'eau ; toutes les maisons inondées), Sorgues (2,5 m d'eau), Avignon (4000 maisons inondées), Aramon (520 maisons inondées), Vallabrègues (420 maisons), Tarascon (2,5m d'eau), Villeneuve-lès-Avignon (2 m d'eau).

Les options techniques pour assurer la protection du Bas Rhône contre les inondations vont faire l'objet de débats récurrents après chaque événement. Ainsi, après les crues de décembre et janvier 1955, l'habituelle opposition ville/campagne voit cette fois les représentants de l'Agriculture insister pour promouvoir des ouvrages insubmersibles pour préserver les terres, alors que les villes demandaient elles toujours le maintien de zones d'expansion et champs d'épandage. Les projets d'aménagement de la CNR intégreront en partie ces contraintes en cherchant des compromis techniques : abaissement du niveau des chutes par rapport aux projets initiaux, digues à l'amont des barrages pour la protection des terres exposées par la remontée des lignes d'eau, canaux de Montélimar et Donzère offrant possibilité de dérivation lors des crues. Si l'on évoque une nouvelle fois l'idée des barrages réservoirs et de l'insubmersibilité totale (M. Pardé la proposait à partir de Pont-Saint-Esprit), l'option digues submersibles/champ d'inondation sera encore la solution la plus partagée. Les conclusions et propositions restent d'une manière générale très techniques, renvoyant sans le dire aux AS de riverains tout ce qui aurait pu relever d'une négociation locale entre les acteurs de l'espace fluvial.

3 - La prise en compte opérationnelle de l'information historique : diagnostic et propositions

3.1 - L'Etude Globale Rhône

L'Etude Globale Rhône (SAFEGE, XI-2000) fournit les principaux éléments d'analyse des crues historiques postérieures à 1840 (*Rapport Général*, chap. 7). On peut regretter seulement que le cahier des charges n'ait pas cherché à intégrer des événements plus anciens, notamment ceux des XVIIe et XVIIIe siècles évoqués ci-dessus. Rappelons également que la liste des 21 événements présentée comme "les principales crues du Rhône depuis le XIXe siècle" (7.2, p. 84), est nettement lacunaire pour le secteur qui nous intéresse. L'étude a retenu des phénomènes types. Elle peut être complétée. Si l'on ne retient que les événements supérieurs à 8500 m³/s. à Beaucaire par exemple, il faut rajouter, entre 1840 et 1920, au moins 6 épisodes : octobre 1841, novembre 1843 avec un événement tout à fait extraordinaire sur la Durance (5500/6000 m³/s), mars 1872, octobre 1872, janvier 1889 et encore décembre 1910. Entre 1801 et 1840, ce sont encore 6 autres crues comprises entre 6500 et 8000 m³/s qui ont affecté durement le secteur : novembre 1801, mai 1810, mai 1811, novembre 1825, octobre 1827 et octobre 1846.

Sur l'estimation du débit maximum écoulé à Beaucaire en novembre 1840, une erreur s'est glissée dans la présentation faite par SAFEGE. On annonce 9000 m³/s (annexe 6, p. 5) alors que toutes les analyses ou témoignages s'accordent pour la situer au-delà de 12000 m³/s, peut être 13 000 (M. Pardé retient 12500 à 13000 m³/s).

3.2 – Information historique et définition de l'événement référence

A propos de la prise en compte de l'information sur les crues anciennes dans la définition de l'événement référence, plusieurs observations peuvent être faites à partir de la situation observée sur le bas Rhône.

3.2.1 - Les difficultés pratiques et techniques de validation de l'information historique des inondations

En ce qui concerne la comparaison et le positionnement de l'événement de décembre 2003 par rapport à la famille d'événements comparables survenus au cours des siècles passés, l'expertise souligne la très grande difficulté qu'il y a aujourd'hui à mobiliser les données historiques, qu'elles émanent de travaux de synthèse anciens ayant donné lieu ou non à des publications, ou de sources originales conservées dans les fonds d'archives publiques, dans les bibliothèques, etc., ou encore dans les services des administrations ou établissements publics ou assimilés. D'une manière générale, les données historiques sur les inondations sont nombreuses voire très nombreuses pour les deux siècles et demi passés (parfois bien au-delà) pour l'ensemble des grands cours d'eau français. L'ouvrage de M. Champion en rend bien compte. La reprise critique de cet ouvrage avec son nécessaire complément pour la période XIXe-XXe s. apparaît comme une piste propre à combler les vides actuelles en matière de mobilisation de l'information historique des inondations. Le tout pouvant prendre aujourd'hui, par bassin versant, la forme d'une base de données dédiée à ce volet historique des phénomènes hydrométéorologiques.

Sur le fond, les raisons à l'origine de cette sous mobilisation sont multiples. La principale tient vraisemblablement à la suspicion qui pèse sur cette information. Pour aller vite, elle serait pour les ingénieurs entachée d'une série de biais a priori inconciliables avec la démarche scientifique & technique. Pour autant, un certain nombre d'équipes européennes associant des hydrologues, des géographes ou des historiens ont cherché, au cours des dernières années, à avancer dans la mise au point de méthodologies tendant à une meilleure intégration de l'information historique dans la définition des crues extrêmes. En France, cette démarche a été plus particulièrement développée au sein du Cemagref (programmes *Historisque* et SPHERE) et a abouti notamment à la diffusion de premiers textes méthodologique sur le sujet.

Au-delà des questions posées par le développement de ces compétences interdisciplinaires, et compte tenu du risque que fait peser sur les populations et les biens le retour de crues extrêmes, il manque aujourd'hui en France, sur cet objet spécifique de la mise à disposition et du partage de l'information historique des inondations, un acteur public bien identifié, qui assure l'interface entre, d'une part, les utilisateurs de ces données, qui ne se limitent pas aux scientifiques, gestionnaires ou techniciens (cf. travail sur le développement de la conscience du risque avancé par la loi du 30 juillet 2003), et, d'autre part, les « détenteurs-producteurs » de ces mêmes données qu'elles soient très anciennes (archives) ou plus récentes. L'expertise menée sur le Bas-Rhône a de ce point de vue clairement souligné les difficultés pratiques qu'il y avait à rassembler les données relatives à des événements majeurs récents (cf. crues de 1993, 1994).

Dans cette perspective, une démarche associant mobilisation de l'information historique ancienne et retour d'expériences sur les événements récents semble, à moyen terme, le gage d'une réponse efficace à la question de la maîtrise de l'information.

3.2.2 - Hauteurs maximales atteintes sur le bas Rhône

▪ Un travail d'enquête spécifique

Il faut rappeler tout d'abord que les élévations enregistrées aux échelles hydrométriques lors des grands événements historiques (observations qui peuvent poser un certain nombre de questions méthodologiques liées aux conditions dans lesquelles elles ont été obtenues, mais données dont nous disposons en général depuis le milieu du XIXe siècle et que l'EGR a utilisé de manière efficace dans ses fiches synthétiques) ne permettent pas d'établir directement les hauteurs d'eau maxima survenues ponctuellement le long de la rivière. Il faut à chaque fois tenir compte de la topographie des lieux, des conditions locales d'écoulement, des éventuelles dépassements ou ruptures d'ouvrages, etc. Compte tenu des conditions générales de formation des crues & inondations (chronologie et extension des pluies, effets ou non de concomitances des affluents, etc.), l'événement historique référence peut varier d'un bief ou secteur à l'autre.

Le travail mené en son temps par Maurice Pardé sur les crues du Rhône, aussi développé et irremplaçable soit-il sur le plan scientifique, ne présente pas le détail de ces hauteurs atteintes localement dans les différentes parties du fleuve. Même s'il a eu connaissance d'un très grand nombre de données de terrain, il s'est avant tout tenu dans ses analyses et restitutions aux données disponibles aux stations.

Pour autant, les données de base nécessaires à la reconstitution de ces hauteurs maximales atteintes par les eaux existent en général au moins pour les centres urbains ou certains secteurs stratégiques (cf. rapports sur l'endommagement des infrastructures et des biens) pour les deux

derniers siècles, parfois au-delà. On retrouve aujourd'hui ces informations dans les archives des administrations locales ou régionales. Compte tenu de l'importance quantitative de cette documentation, il était bien sûr impensable de la mobiliser lors de cette expertise. Ce travail d'étude critique spécifique demande d'associer enquête en archives, enquête de terrain et critique hydrologique et hydraulique; le tout pouvant donner lieu à une restitution cartographique spécifique.

▪ 1856 : événement référence

Pour des raisons tenant à la réalité hydrométéorologique du phénomène d'une part, et à la mobilisation particulière de l'administration des Ponts et Chaussées à son sujet dans les semaines et mois qui suivirent sa réalisation (circulaire ministérielle du 26 juillet 1856) d'autre part, la crue de mai-juin 1856 est sans aucun doute l'inondation historique la mieux renseignée de toutes celles qui ont affecté les grands fleuves français au cours des 200 dernières années, et le bassin du Rhône en particulier². Rappelons que sur le bas Rhône, elle fut à l'origine des plus grandes hauteurs d'eau connues à ce jour, dépassant l'événement de 1840 dans les différents points répertoriés (voir ci-dessus 1.1).

L'expertise menée dans ce fonds conservé aux archives départementales du Rhône et du Vaucluse, permet de dire en effet que les données disponibles sur l'événement de mai 1856 est susceptible, moyennant les précautions méthodologiques d'usage, de fournir des données techniques en nombre et qualité suffisants pour, aujourd'hui, pouvoir prendre en compte les hauteurs d'eau atteintes à l'époque dans la définition de l'événement historique de référence dans le secteur (exemples en annexe 3c-g).

Deux ensembles de données nous semblent particulièrement utiles – mais pas toujours suffisants - pour mener à bien ce diagnostic :

- l'inventaire de plusieurs dizaines de repères de crues, référencés de manière précise (croquis de situation et nivellement) en différents points du lit majeur du Rhône, et où les ingénieurs de l'époque ont pris soin de noter les hauteurs maximales atteintes par la crue de 1856 en y adjoignant également les lignes d'eau observées lors des deux ou trois plus grandes crues historiques en ce même point. On constate que pour la très grande majorité des points les événements de 1840, 1755, 1801 ou 1827 sont inférieurs à 1856.
- la cartographie précise du périmètre inondé par la crue de 1856 à partir de relevés effectués sur le terrain dans les semaines qui ont suivi l'événement. Outre une carte générale de l'ensemble du cours du Rhône depuis le lac de Genève (voir extrait en annexe 3g), les dossiers contiennent deux autres cartes des limites de la submersion : l'une à l'échelle 1/20 000^e, l'autre plus détaillée encore à l'échelle 1/5000^e, cette dernière ayant servi à l'établissement de la « carte des parties submersibles du Rhône » au cours des années 1860-1870.

² Nous renvoyons à ce sujet à la communication que nous avons faite en janvier 2004 lors du colloque de la Société Hydrotechnique de France tenu à Lyon : Cœur D. [2004] – Les inondations de mai-juin 1856 en France : de l'événement hydrométéorologique au nouvel engagement de l'Etat, in *Etiages et crues extrêmes régionaux en Europe – Perspectives historiques*, actes du colloque de la Société Hydrotechnique de France (Lyon, 28-29 janvier 2004), 113-124.

Conclusion 3 – La crue historique de référence

ρ La définition de la crue historique de référence nécessite la prise en compte d'une fenêtre chronologique d'au moins 200 ans pour les petits et moyens cours d'eau et 500 ans pour les grands fleuves et rivières.

ρ La reconstitution de chronologies qualitatives d'événements peut compter aujourd'hui sur le développement de premiers outils critiques issus de la recherche. Ces derniers permettent d'améliorer la prise en compte de la variabilité climatique dans la définition des données hydrométéorologiques de base et de tenir compte aussi de l'impact des aménagements successifs sur la formation des crues.

ρ La définition locale de l'événement de référence demande une analyse particulière afin d'intégrer la spécificité historique et géographique des lieux.

ρ L'inondation de 1856 peut servir de crue de référence sur le bas Rhône en matière de hauteurs d'eau maximales atteintes.

ANNEXE 1

Tableau chronologique des crues du Rhône dont le débit maximal a été égal ou supérieur à 8500m³/s à BEUCAIRE entre 1800 et 2002

Origine	DATE / m ³ s	Sault Brenaz 15 380 km ² amont Ain	Lyon Pont Morand 20 500 km ² aval Ain & Bourbre amont Saône	Givors Ternay 51 400 km ² aval Saône	Valence 65 800 km ² aval Isère +Gère, Oron, Galaure +Cance, Doux	Le Pouzin Le Teil 70 200 km ² aval Drôme & Eyrieux	Pont-St- Esprit 73 400 km ² aval Ardèche +Roubion	Avignon 79 000 km ² aval Cèze, Eygues, Ouvèze amont Durance	BEAUCAIRE 96 000 km ² aval Durance & Gardon			
									Pardé	Banque Hydro	CNR (mars 2004)	Fréquence Bq Hydro
	2003-XII			2260	5550	8000 Viviers			11 000 (Duband)		12 à 13000	
Pardé	1840-XI-04	1960	3500	5000	8000	9500	10000	10500	13000			
Pardé	1856-V-31	2800	4500	6000	8660	9500	10500	10500	12500		11640	
**	1994-I-08	1450	2100	3300	5380	7000		8200	10800 (?)	10500	11000	>50
CNR	2002-IX-10								10500 (?)		10500	
CNR	2002-XI-26								10200 (?)		10200	
**	1993-X-10	1750	2800	4700	6700	7500			9800		9800	
Pardé	1935-XI-14			4100	5470	6000		8200	9600	9240	9600	50
Pardé	1886-XI-11/12	1770	2760	3740	5840		5960	6600	9470		10200	
Pardé	1886-X-27	730	1480		3620	4500	5140	6300	9400			
**	1951-XI-22			3320	4650	6660			9170	9180	9170	>20
CNR	1872-III-21								9080		9080	
Pardé	1843-XI-03			2400	4900		6500	7500	9000			
**	1955-I-20			5100	6300				9000 (?)	7230		
CNR	1996-XI-13								8980		8980	
Pardé	1900-IX-28/30	600	900	1130	2260	4000	8580	8160	8880		8940	
EDF	1994-XI-06			1160	2570	3800			8870	8860		
Pardé	1910-XII-07/08		700	1970	3130	4000	6930	7000	8800		8660	
CNR	1889-I-01								8780		8780	
Pardé	1896-XI-02			5670	6800				8760		9060	
CNR	1976-XI-11								8690	8090	8690	20
Pardé, I, 877, Ta 176	1841-X-27								8500			
Pardé	1907-XI-10/11			800	1530	3000	4680	6000	8440		8500	
Pardé	1872-X-21			3000	3950	5000	5310	6500	8430			

ANNEXE 2

Tableau chronologique des principales crues du Rhône à Avignon et Beaucaire entre 1500 et 2002

Pour Info

Réf.	Date	AVIGNON		BEAUCAIRE		Observations
		Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits	
		m	m ³ /s	m	m ³ /s	
(1) (2)	1433-XI-30	6.79				Réunion des eaux du Rhône, de la Durance et de la Sorgue Avignon, Arles (hauteur reconstituée par Kleitz d'après manuscrit et terrain)
(2)	1529-XI-11					Débordements extraordinaires en Camargue, les habitants de Chateaurenard venaient en barques à Arles
(2)	1543-XI					Camargue sous les eaux (Montlong , Corrège, Salliers)
(1) (2)	1544-XI					Pluies 8jrs et 8 nuits - Avignon
(2)	1548-XI	7.00 ?				Pluies pendant 3 jours et 4 nuits à compter du 12-XI Inondations du Rhône et de la Durance A Avignon, eaux à 1 m en dessous de 1856 (d'après reconstitution Kleitz via texte et levées de terrain c/ Champion qui l'annonce supérieure)
(1)	1557					Avignon
(1)	1561					Beaucaire
(1)	1562-X					Caderousse
(1)	1566-VIII-25					Avignon
(2)	1570-XII					Arles
(1)	1573-X					Beaucaire
(1) (2)	1578-X					Arles : Kleitz conclut que d'après les témoignages cette inondation se serait étendue plus loin que celle de 1856
(1) (2)	1580-VIII-26					Avignon : eaux au-dessus des repères des grandes crues (sans précision)
(1)	1581-I-05 & II-06					Avignon (Rh. + Du.)
(2)	1583-VIII					Camargue
(1)	1586-IX-18					Avignon
(1)	1590					Avignon, Pont-St-Esprit
(1)	1602					Avignon
(1)	1605-XII					Avignon
(1)	1616-VIII					Avignon
(1)	1624					Avignon
(1)	1633-IX ?					Bas Rhône, Provence

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Réf.	Date AA/MM/JJ	AVIGNON		BEAUCAIRE		Observations
		Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits	
		m	m ³ /s	m	m ³ /s	
(4)	1636					Arles, 5.24 m
(1)	1637					Arles
(1) (2)	1647-XI-04					Avignon, débordement Durance Arles, à Fourques eaux au 1 ^{er} étage des maisons, pont de bateaux emportés
(1) (4)	1651-XI-29					Beaucaire, Rh.+ Du. Arles, 5.30 m
(1)	1657					Avignon ; Arles 5.24 m
(1)	1669					Avignon, partie pont St-Bénézet emportée
(2)	1673-III					Arles
(1) (2) (4)	1674-XI-12	6.45				Avignon : 4 jours de pluie continue ; Rhône + Durance en crue ; 6.33 m au-dessus du 0 de l'ancienne échelle à l'amont du pont St-Bénézet (rapport Kleitz, 1857) ; ville sous l'eau du 12 au 16-XI ; eau monte encore toute la journée du 16 et commence à baisser le 17 à partir de 22h00 ; au moins 1.25 m au-dessus du niveau de 1586 dans secteur des Minimes. Arles : 5.24 m, pont de Crau emporté, Camargue inondée
(1) (2)	1679-XI-29					Avignon, Arles
(1)	1685-X-06					Avignon
(1)	1689-X-21					Avignon
(1) (2)	1694-XI-24/25					Avignon, Arles
(2) (4)	1705-XI					Arles, 4.8 m (ou 5.16 m ?)
(1) (2)	1706-I-03					Avignon
(2)	1710-IX					Arles
(2)	1711-II-26					Arles
(1) (2)	1711-III-12					Avignon (inférieure à 1433 et 1674)
(2)	1719-XI					Arles
(2)	1724					Arles
(1) (2) (4)	1745-XI-5, 13, 21					Avignon (inférieure à 1711) ; Arles 5.16 m

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Réf.	Date	AVIGNON		BEAUCAIRE		Observations
		Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits	
		m	m ³ /s	m	m ³ /s	
(2)	1747-XII-12					Avignon (inférieure à 1711)
(1)	1747-IX-28/X-04					Avignon (Durance ?)
(2)	1748-XI					Arles, 4.30 m
(1)	1751					Avignon (sans précision)
(1) (2)	1754-XI-12					Arles, 4.56 m (cote relevée par l'ingénieur Poulle) ; type de crue fréquente selon Champion
(2)	1755-XI fin / XII début	7.25			10 000 ?	<p>Conditions générales : Vent du sud très fort faisant remonter les eaux de mer dans les terres et retardant l'écoulement de la crue (dépassement des levées d'Arles et Tarascon) Fonte des neiges Durance en crue Importance de la crue sur haut bassin (cf. en Franche-Comté, rivières Doubs, Loue, Louve le 30-XI +3m, /Champion, IV, note 5, p. 59)</p> <p>A Viviers, le père de l'astronome Flaugergues décrit la crue comme « la plus forte dont ont ait conservé la mémoire. Ce fleuve entrainait plus de 20 pas dans la ville par la porte de la Roubine (...) » / Champion, IV, note 4, p. 59</p> <p>Déjà inondation les 11 et 12-XI-1755 comparable à celle de 1745</p> <p>Avignon : inondation Rhône commence dans la nuit du 29-XI, elle reste au niveau des « inondations ordinaires jusqu'au 30-XI, 17h00 ; rapide croissance ensuite jusqu'à 02 heures le 1^{er}-XII ; « (...) il y a eu dans la ville un 1/3 plus d'eau qu'en 1433 » ; niveau maximum maintenu pendant 24 heures ; seul le palais et ses environs furent épargnés par les eaux ; eau pendant 4 jours en ville et environs ; cote 7.25 m prise sur la Maison de la Madone à 200 m en amont du pont St-Bénézet, en face ou était disposée l'échelle « rhénométrique » avant 1840. Enregistrement le 1^{er}-XII</p> <p>[VOIR REPRODUCTION REPERES 1841,1827, 1843, 1801, 1755,</p>

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

						1840 et 1856 A AVIGNON, DANS RAPPORT KLEITZ SUR événement de 1856]. Arles : 5.26 m (cote relevée par l'ingénieur Poulle) ; pertes immenses évaluées à 925 000 livres
(1)	1756-I-18					Avignon
(1)	1758-VII-mi					Beaucaire
(1)	1760-XI					Avignon, Arles
(1)	1763-XII-12					Arles, Avignon, Rh. + Du.
(1) (4)	1765-XI-3/11					Pluie continue pendant 5 jours (déjà épisode sur Du. & Rh. fin octobre) Avignon ; Arles, 4.70 m (ou 5.20m)
(1) (2)	1774-IV					Arles, 5.06 m, relevée au bureau du pont d'Arles par l'ingénieur Poulle
(1)	1776-III-12/13					Avignon
(1)	1777-XI-1/2					Avignon
(1)	1790-XI-12/13					Arles
(1)	1791					Avignon, Arles (sans précision)
A partir de 1801, sélection uniquement des événements > 6 m et/ou > 6500m³/s à Beaucaire						
(2)	1801-XI-09	6.95			7 000 ?	Avignon : repère maison de la Madone Arles, 5.27 m, relevée au bureau du pont d'Arles par l'ingénieur Poulle
(2)	1810-V-25					Arles, 5.13 m, relevée au bureau du pont d'Arles par l'ingénieur Poulle
(2)	1811-V-19					Arles, 5.38 m
(2)	1825-XI			>5.5 m		Arles, 5.86 m ; trois jours >5.5 m à Beaucaire
(2) (3)	1827-X-10/11	6.53		6.17	7500 ?	Avignon, Beaucaire : crue 3 jours > 5.5 m, provoquée par l'Ardèche ; Beaucaire : échelle de à 0.67 le 9-X, elles s'élevèrent « presque instantanément » à 5.58 m le 10-X ; Arles : 5.10 m
(2) (3)	1836-X-09	5.45		6.00	6700 ?	Avignon : seulement 1 jour > 5 m ; crue importante de la Durance (3.8 m, échelle canal Crillon, le 9-X à 17h00, débit max. estimé à 4000 m ³ /s) ; coïncidence max. Rh. & Du. Arles : 4.40 m le 10-X

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

(2) (3) (4)	1840-XI-04	8.30 gauche 8.65 droite	10500	6.87	13000	Avignon : max. le 4-XI à 17h00 ; crue > 6 m pendant 12 jrs (30X-10-XI) Beaucaire : max le 3-XI à 02h 00 (sic d'après Kleitz) Max. de la Durance (3.4 m échelle Crillon/Bompas; 3500 m ³ /s) coïncide avec celui du Rh. Pas de crue sensible du Gard Digues presque toutes endommagées (brèches et autres) Arles : 5.05 m le 2-XI (ou 5.23 m) >> Voir synthèse hydrométéo. dans thèse M. Pardé
(2) (3)	1841-X-27	6.40		6.10	8500	Avignon : max le 28-X à 07 h00 Beaucaire : max le 27-X à 05h00 Crue de la Durance : max 26-X matin, seulement 2000 m ³ /s (2.5 m /Bompas) lors du max. du Rh. à Avignon le 28. Arles : 4.41 m le 26-X
(2) (3) (4)	1843-XI-03	7.04	7500	6.79	9000	Plus forte crue connue de la Durance (4.5 m à Bompas le 2-XI midi pour 6000 m ³ /s. Devance le Rh. d'un jour. Rhône 3 jours > 5.5 m à Beaucaire (et 4.5 m à Arles) Importants dégâts. Arles : 5.15 m le 2-XI (ou 5.33 m)
(2) (3)	1846-X-19	5.80		6.45	7600	Max de la Du. (2.94 m / Bompas le 17-X pour 2500 m ³ /s) précède un peu celui du Rh., mais encore 2000 m ³ /s lors du max du Rh. Arles : 5.04 m le 19-X
(2) (3)	1856-V-31	7.83 gauche 8.45 droite 31-V,17h00	10500	7.95 31-V,17h00	12500	Beaucaire (6) = 11640 m ³ /s Pendant 4 jours eaux > 6 m à Avignon et Beaucaire. Max de la Durance le 31-V à midi (3.21 m/Bompas, 3000 m ³ /s). Les hauteurs d'eau enregistrées à l'aval de Viviers sont presque toute supérieures à celles de l'événement de 1840 (+0,5m à +1m). A mettre au compte des ouvrages et aménagements réalisés entre 1840 et 1856 (cf. voie ferrée, ponts, digues). La submersion des ouvrages et l'écoulement différencié dans le lit majeur expliquent en partie la faiblesse relative des cotes à Avignon. Compte tenu des variations topographiques, les Hmax atteintes au long du lit majeur nécessitent une analyse au cas par cas, tronçon par tronçon. « Entre Pont-St-Esprit et Tarascon le débit max. a varié de 11000 à 13900 m ³ /s » (Kleitz) ; M. Pardé situe le débit max. entre 12 et 13 000 m ³ /s. Max du Rh. arrive à l'embouchure 3 heures après celui de la Du. Importance des dégâts aux ouvrages dans partie aval de Pont-St-Esprit :
>> Voir dossier documentaire tiré de l'enquête Kleitz						
>> Voir synthèse hydrométéo. dans thèse M. Pardé						

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

						1.8 millions j>Arles et 0.8 en aval pour réparations (+ dégâts canal Arles>Bouc et embouchures) Arles : 5.58 m le 31-V à 18h00
(3)	1864-X-28			6.25	7200	Beaucaire (6) = 8100
(3) (6)	1872-III-21				9080	
(3) (4)	1872-X-21		6500	6.87	8430	Arles 5.37 m
(3)	1872-XII-04			6.57	7800	
(3)	1882-X-29			6.60	7500	Beaucaire (6) = 8390
(3)	1886-X-27		6300	7.48	9400	
(3)	1886-XI-11/12		6600	7.55	9470	Beaucaire (6) = 10200 ; Arles (4) 5.42 m
(3) (6)	1888-XII/1889-I-01		5800	6.81	?7800 / 8780	
(3)	1890-IX-23			6.04	6570	
(3)	1891-X-23			6.34	7200	Beaucaire (6) = 7800
(3)	1896-XI-02			7.00	8760	Beaucaire (6) = 9060
(3)	1900-IX-28/30		8160	7.08	8880	Beaucaire (6) = 8940
(3)	1907-X-11			6.68	8120	
(3)	1907-X-18			6.70	8160	
(3) (6)	1907-XI-10/11		6000	6.83	8440	
(3)	1910-XII-02			6.63	7970	
(3)	1910-XII-07/08		7000	7.02	8800	Beaucaire (6) = 8660
(3)	1910-XII-13			6.36	7420	
(3)	1914-XI-04			6.34	7080	
(3)	1917-V-21			6.56	7520	Beaucaire (6) = 7850
(3)	1917-V-31			6.05	6520	
(3)	1919-I-06			6.80	8000	Beaucaire (6) = 8280
(5)	1923-XII-02				6600	
(6)	1924-X-06				7600	Beaucaire (5) = 7090
(5)	1926-XII-01				6830	
(5)	1928-X-29				6440	
(5)	1933-XI-21				6880	
(3)	1935-XI-14		8200		9600	Beaucaire (5) = 9240
(6)	1936-I-03				7820	

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Réf.	Date AA/MM/JJ	AVIGNON		BEAUCAIRE		Observations
		Hauteurs	Débits	Hauteurs	Débits	
		m	m ³ /s	m	m ³ /s	
(5)	1944-XI-29				6760	
(5)	1948-I-29				6550	
(5) (6)	1951-XI-22				9170	
(5) (6)	1955-I-22				7230	
(6)	1958-XII-22				7920	
(5)	1960-III-12				6610	
(6)	1960-X-08				7960	Beaucaire (5) = 7760
(5)	1963-XI-07				6980	
(6)	1976-XI-11				8690	Beaucaire (5) = 8090
(6)	1977-X-24				8125	
(5)	1977-XII-09				7220	
(6)	1978-II-27				7800	
(6)	1982-XI-09				8025	Beaucaire (5) = 7350
Duband	1983-V				6750	
(5)	1986-IV-09				6580	
(4)	1992-IX					Arles 5.10 m
(6)	1993-X-10				9800	Beaucaire (5) = RIEN ; Arles (4) 5.40 m
Duband	1994-I-08		8200		10800	Beaucaire (5) = 10500 ; (6) = 11000
(5) (6)	1994-XI-06				8870	
(6)	1996-XI-13/14				8980	Beaucaire (5) = 6980
(6)	1997-XII-19				8020	Beaucaire (5) = 6520
(5)	2001-III-24				6650	
(6)	2002-IX-10				10500	
(6)	2002-XI-26				10200	

Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

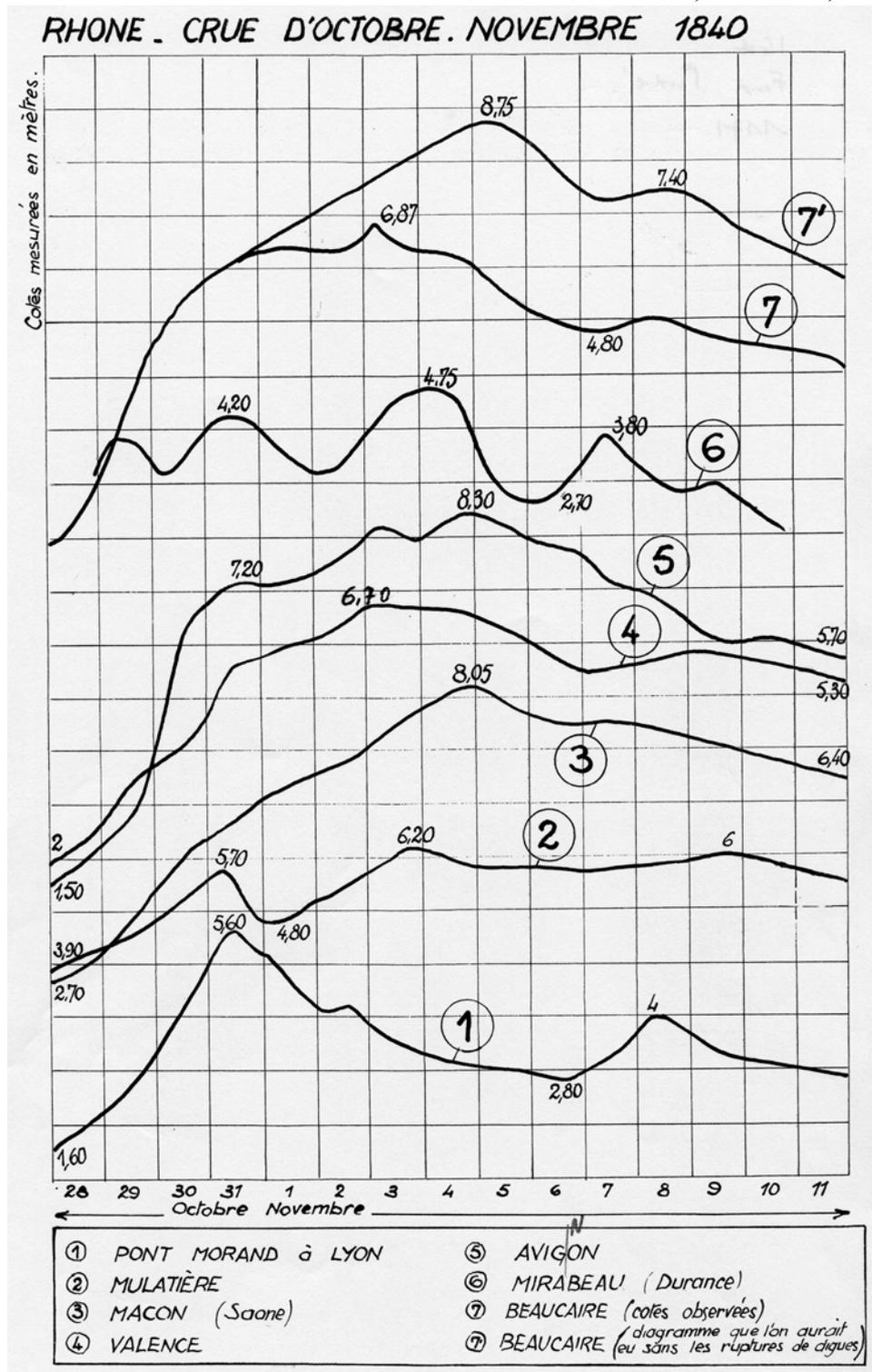
ANNEXE 3

Documents sur les crues de 1840 et 1856

Annexe 3a

Hydrogrammes de la crue du Rhône en 1840

Source : IGA, Fonds Pardé, 1171



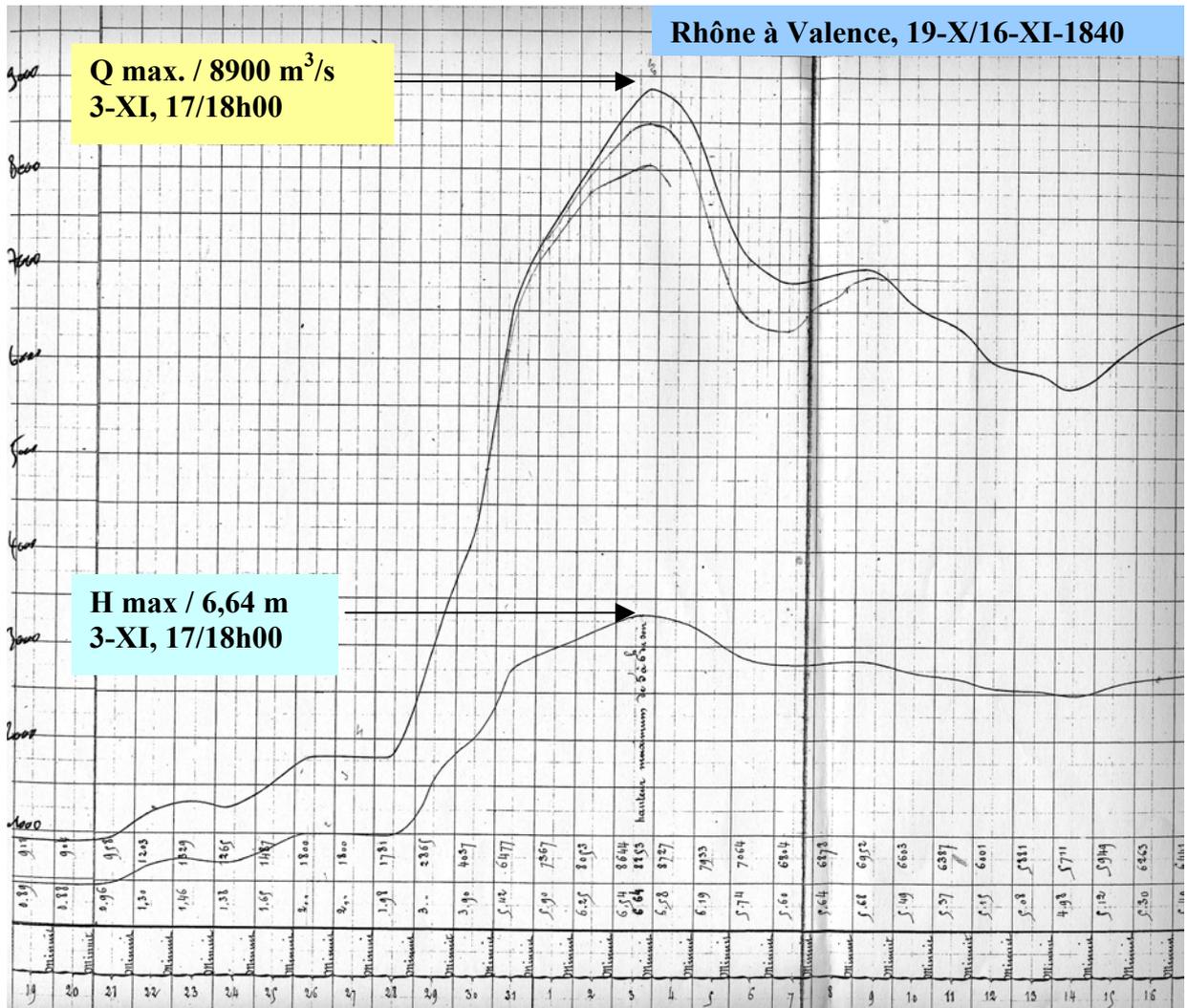
Sources :

(1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
 (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3b

Hauteurs et débits du Rhône à Valence pendant la crue de 1840

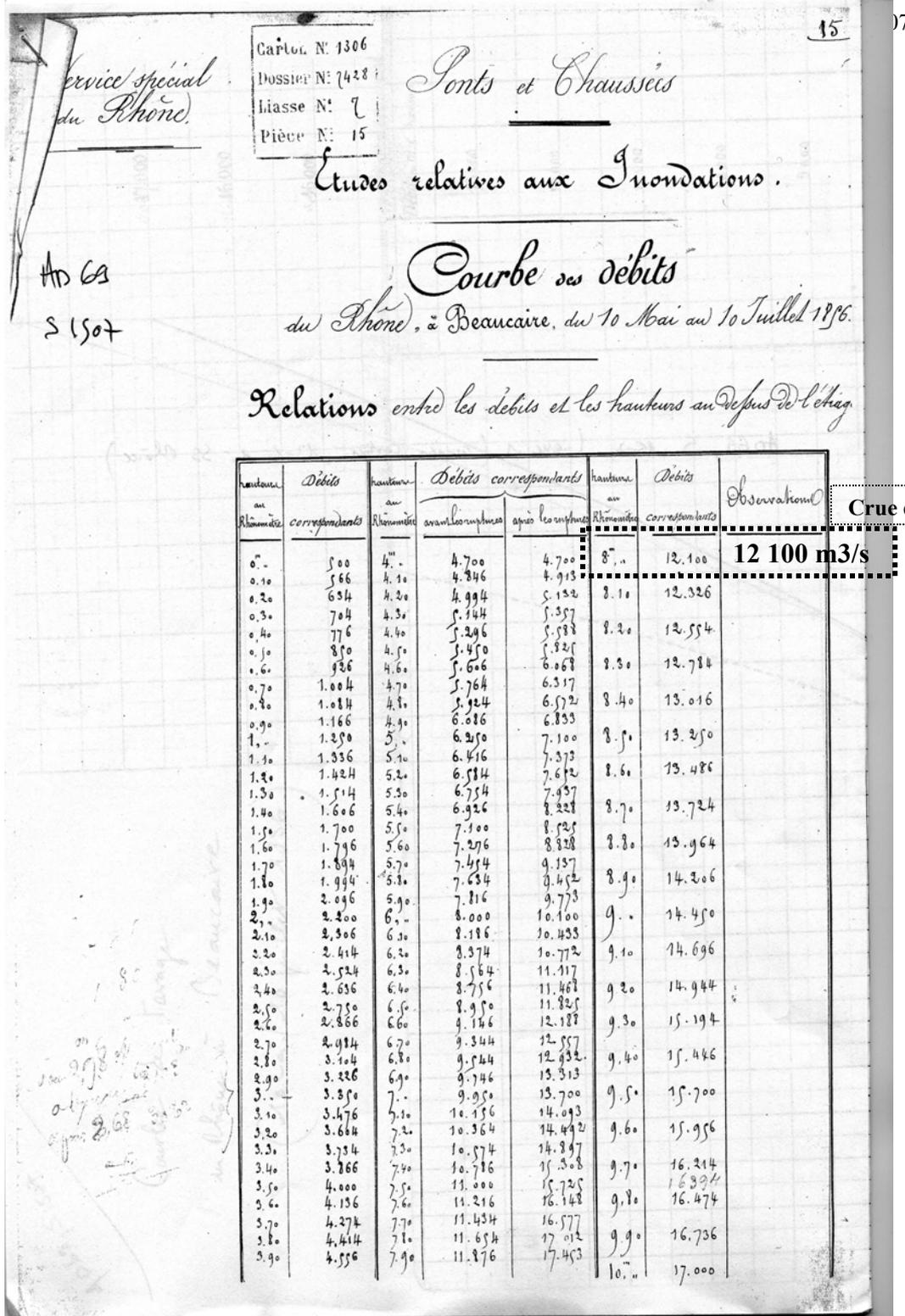
Source : AD Rhône, S 1507



Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3c
Courbe de tarage du Rhône à Beaucaire (1856)



Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
- (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3d

Hauteurs des crues du Rhône aux échelles hydrométriques en 1840 et 1856

Source : AD Rhône, S 1278

		1840		1856		1856					
Hauteurs des plus importantes crues du Rhône		Nov ^{br} 1840	Nov ^{br} 1856	Dec ^{br} 1882	Nov ^{br} 1886	Oct ^{br} 1888	Sept ^{br} 1890	Nov ^{br} 1896	Janv. 1899		
Sections	Echelles										
de Genève à l'Ain	Scyssel	4.18	4.78	3.90	3.40	4.80			4.33		
	Culoz		2.50	2.65	2.80	3.10			3.08		
	S ^t -Blaise		4.10	3.95	3.51	4.20			4.07		
	Cordon	3.51	3.65	3.46	3.51	3.82			3.83		
	Le Saulx	4.80	4.90	4.09	3.95	4.27			4.57		
de l'Ain à la Saône	Loyettes			4.72					4.64		
	Thil		2.58	2.25	1.85				2.28		
	Horibel			3.35	3.28				3.50		
	Pont Morand	5.60	6.25	5.77	4.52				5.53		
	Ecluse de la Mulatière	10.04	9.50	3.28	8.38				9.55		
de la Saône à l'Isère	Givros	6.25	6.81	6.34	5.24				6.64		
	Vienné	7.19	7.25	6.50	5.11				6.75		
	Condrieu	7.08	7.62	6.95	5.70				7.35		
	Chavanay		6.46		5.60				6.75		
	S ^t Pierre de Boeuf	5.30	5.21	5.10	4.55				5.48		
	Sac de S ^t Pierre de D.										
	Servières	6.29	6.46	6.00	4.96				6.33		
	Andance	7.32	7.67	6.80	5.54				7.10		
	S ^t Vallier	7.36	7.46	6.85	6.03				7.35		
	Tournon	6.70	6.55	4.90	4.50				5.74		
de l'Isère à l'Ardèche	Valence	6.70	7.00	5.66	5.77		3.50	6.11			
	Pont du Souzin	5.75	6.35	4.78	5.37		4.05	5.77			
	Rochemare	5.40	5.66	4.16	4.50		3.26	4.88			
	Pont du Teil	6.11	5.58	4.45	4.80		3.46	5.25			
	Douzière	5.50	6.62	4.52	4.74		3.26	5.14			
	Bourg S ^t Andéol	6.15	6.25	5.16	5.60		4.00	5.88			
	Pont S ^t Esprit	6.30	6.77	5.92	6.15		6.88	6.39			
de l'Ardèche à la Durance	Rochemare		8.82	6.37	6.47		6.40	6.77			
	Arignon	8.30	7.83	6.07	6.55		5.44	6.64			
	Aramon		8.00	7.16	7.70		5.79	7.30			
	Vallabrigues	6.94	7.98	7.70	8.45		7.05	8.10			
de la Durance à la mer	Beaucaire	6.87	7.95	6.60	7.55		6.04	7.00			
	Arles	5.05	5.58	4.81	5.42		4.57	4.99			
	Fourques (S ^{ur} Rhône)			5.87	6.50		5.15	5.95			
	S ^t Gilles (à)		6.10	5.62	6.31		5.31	6.04			

4069, S 1278

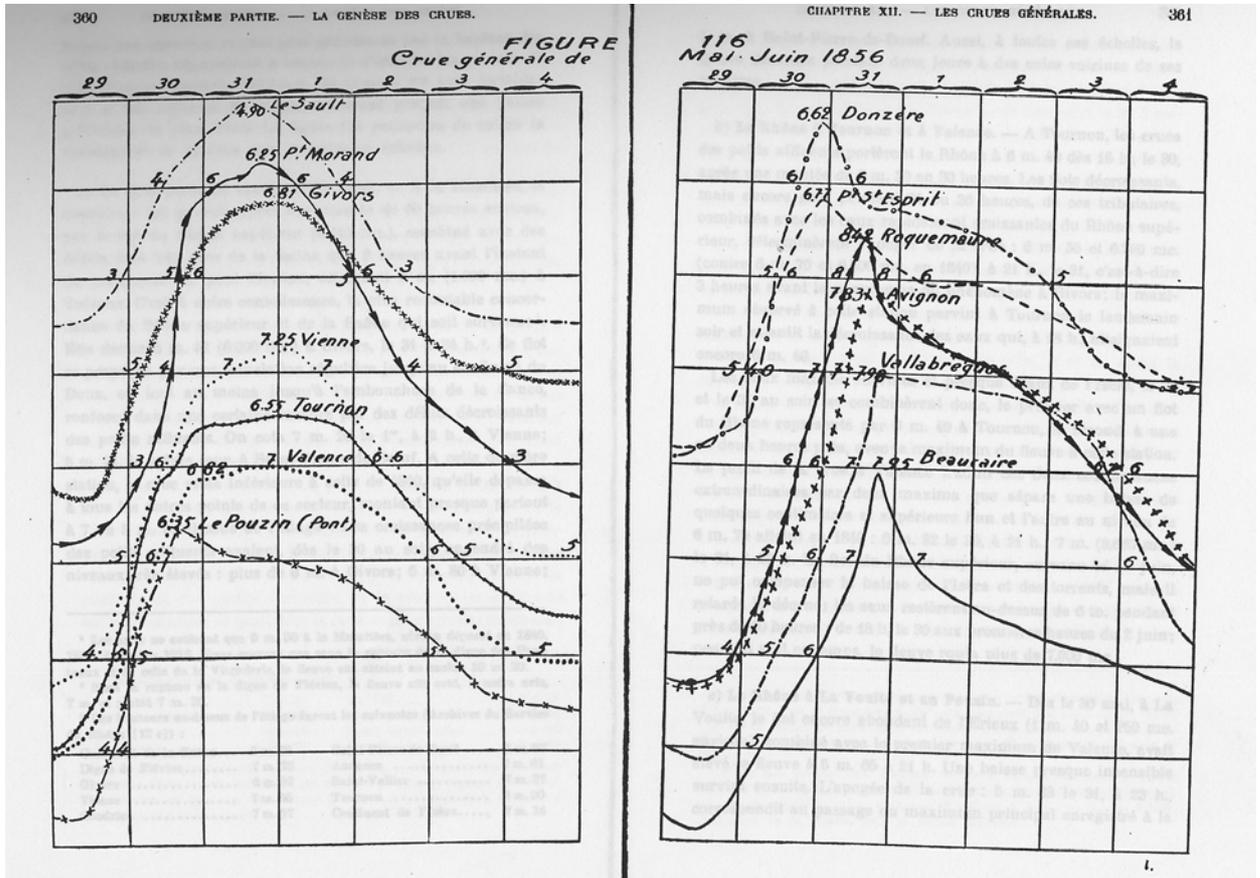
Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507) (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours*; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3e

Hydrogrammes de la crue de 1856 sur le Rhône

Source : M. Pardé, *Le régime du Rhône...*



Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
 (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

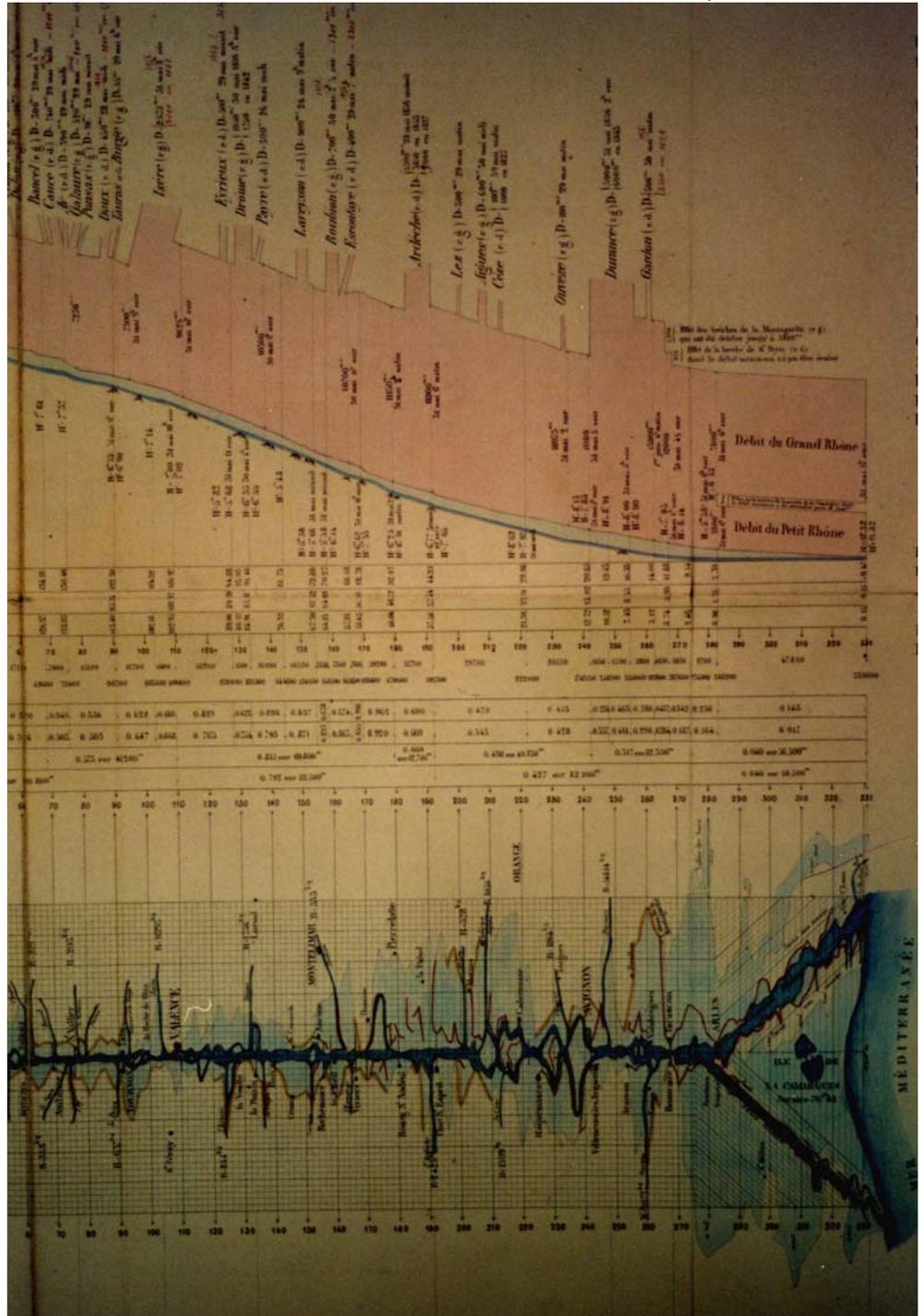
Annexe 3f
 « Tableau synoptique » de la crue de 1856 sur le Rhône (extrait)

Source : AD Rhône, S 1507

⊗ débits max. des affluents
 en 1856 (jour & heure)

⊗ altitude de la crue, zéros
 des échelles, étiages

⊗ périmètres inondés /
 état de l'endiguement

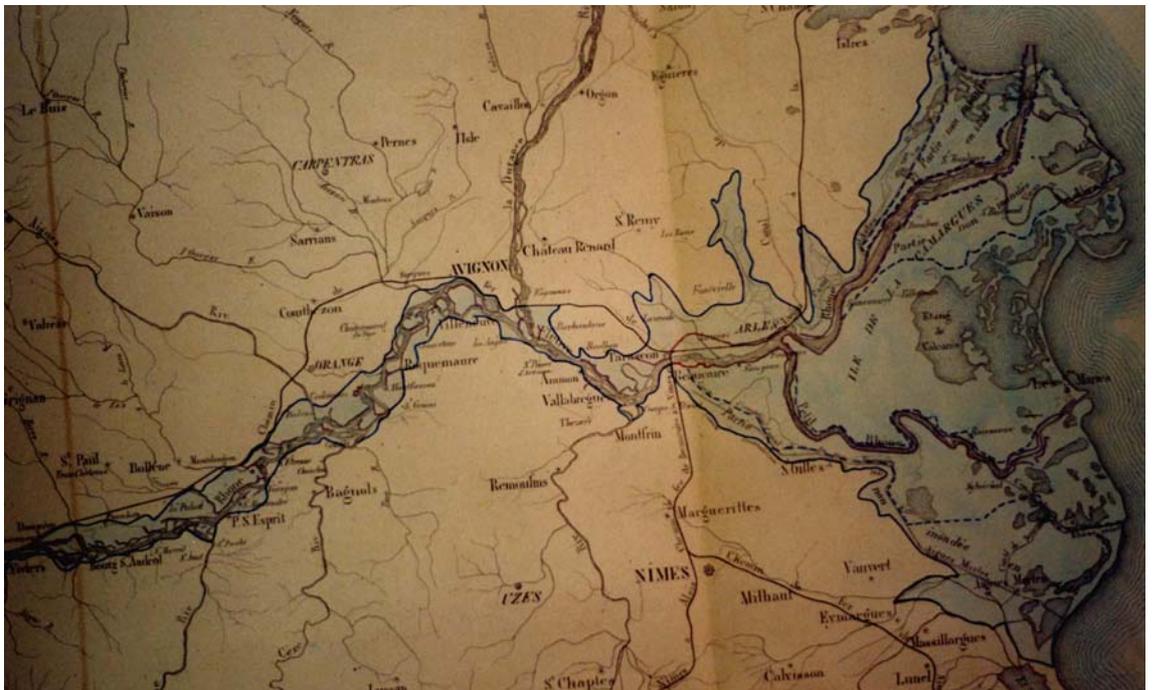


Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
- (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ; b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)

Annexe 3g
Carte du périmètre de l'inondation de 1856 à l'aval de Viviers (extrait)

Source : AD Rhône, S 1507



Sources :

- (1) - Champion (1858-1864, *Les inondations en France...*) (2) - Kleitz (1861, *Tableau des plus grandes crues observées sur le Rhône*, AD69 / S 1507)
 (3) - Pardé (1925, *Le régime du Rhône...*, dont TAB 175 & 176, I, pp. 870 & 877) (4) - Pichard (a-1995, *Les crues du Bas Rhône de 1500 à nos jours* ;
 b-1999, *Espace et nature en Provence 1540-1789...*) (5) - BanqueHydro (avril 2004) (6) - CNR (mars 2004, Décembre 2003 une crue historique)