

Problème d'harmonisation des mesures et des repères de crue sur la très longue durée

Les problèmes exposés ci-dessous n'ont pas toujours été traités clairement. Maurice Pardé lui-même, dans sa célèbre thèse sur le régime du Rhône, tout en rapportant des hauteurs de crues depuis le tout début du XIX^e siècle, les alignait en tableau avec celles de la fin du siècle et du début du XX^e siècle. Jusqu'en 1875 au moins, on pouvait considérer que les étiages adoptés à l'origine correspondaient aux zéros d'échelle et avaient été conservés malgré de minimes – ou considérés comme tels – changements de position. Certes, les nombreuses pièces du service spécial des Ponts et Chaussées distinguaient soigneusement ces positions le long des B.K (bornes kilométriques) de la vallée du Rhône, ainsi que leur "ordonnée", c'est-à-dire leur altitude. Mais là aussi régnait l'ambiguïté. On assimilait couramment les termes d'étiage ou même de "basses eaux" avec le zéro d'échelle. De même était-il courant de rencontrer l'expression "par rapport aux basses mers", sans plus de précision, sans dire si l'on se référait aux marées mesurées à Aigues-Mortes, à Bouc ou à Marseille. Il existe une pénurie d'archives aussi bien que de témoignages sur l'installation des marémètres comme des échelles dites rhônométriques. Les recoupements s'avèrent difficiles et périlleux. Les mesures de crues collectées avec constance depuis très longtemps n'ont été en France, et paradoxalement, jamais centralisées, dans un pays qui passe pour avoir cette tradition tenace. Au gré de la recomposition étonnamment fréquente et accélérée des services techniques, elles passaient de mains en mains et de lieu en lieu ou étaient stockées en des sites non accessibles¹. On soupçonne parfois, et non sans raison, une certaine dépréciation de ce patrimoine d'observations, de génération en génération, et à la mesure des évolutions techniques. Ces archives, devenues hétéroclites et dispersées n'ont été reconsidérées dans une perspective de "sauvetage" et conservation des données (*data rescue*)² que dans les années récentes depuis le XXI^e siècle. Ainsi, même si le rassemblement de toutes les données subsistantes est une œuvre longue et une quête jonchée d'obstacles, elle ne suffit pas si on ne peut éclairer ces données par le contexte scientifique et technique (métadonnées ou *metadata*). La nécessité d'éclairer autant que possible ce contexte n'est donc pas contestable a priori, mais aussi en considérant les enjeux.

Les données anciennes, enjeu d'une étude régressive des crues

Bref petit historique des référentiels modernes

Pour l'étude des crues du bas Rhône, nous disposons comme données de type "proxy" d'éléments anciens et de bonne qualité. Avant de remonter plus loin dans le temps, il faut mentionner l'étape majeure que constitua le nivellement par **Paul-Adrien Bourdalouë** (1798-1868) du fleuve Rhône et ses rives immédiates, d'abord rattachées en 1856-1857 au zéro dit des basses mers du marémètre du fort Saint-Jean à l'entrée du port (futur "vieux port") de Marseille (Annexe IV). Cependant, en janvier 1860 une décision ministérielle fixa le repère fondamental au trait 40 cm au-dessus de ce zéro, première étape vers la fixation définitive qui n'intervint, comme on le verra, qu'à la fin du siècle. Ce nivellement du Rhône exécuté par Bourdalouë était l'amorce d'un premier nivellement général de la France, processus de longue durée, qui ne prend vraiment corps qu'en 1864. Entre temps, les pièces d'archives s'en tiennent souvent aux basses mers en lieu et place des mers dites moyennes

¹ Ce fut longtemps le cas des archives des Ponts et Chaussées consultées jadis par Maurice Pardé avant 1920 qui ne furent versées aux archives départementales du Rhône, section moderne, que dans les années récentes et intégrées dans la série S.

² En ce qui concerne les données météo, voir par exemple :

http://entreprise.meteofrance.com/nous_connaitre2/activites_moyens/climatologie/memoire_climat?page_id=14168

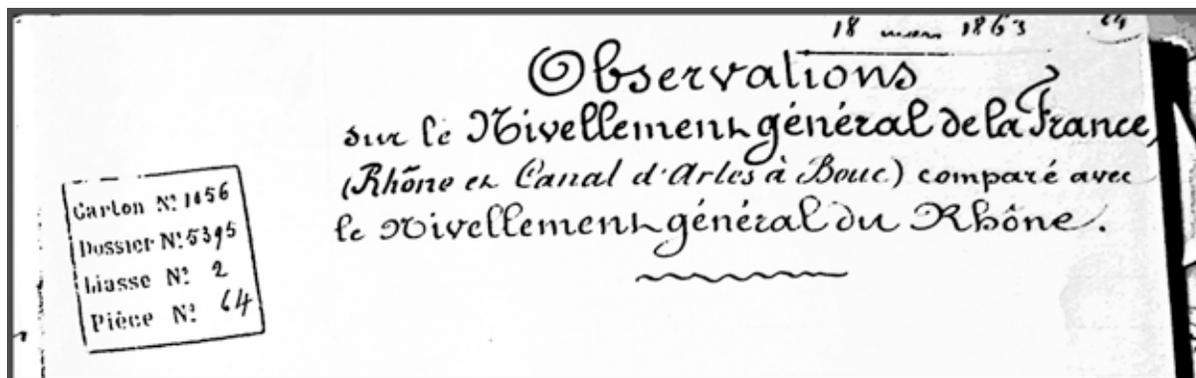
Auteur : Georges PICHARD



définies par la décision de 1860 mentionnée ci-dessus. C'est le cas, sauf mention explicitement contraire, de presque toute la volumineuse production des études de la crue de 1856. Le système Bourdalouë subsista comme référence durant presque tout le reste du XIX^e siècle et même au-delà.

Le nivellement général de la France confié à Bourdalouë suivit donc son travail sur le Rhône. Il en corrigea d'ailleurs les altitudes, mais de façon minime jusqu'à Avignon. C'est son équipe qui posa les repères de nivellement tout au long des cheminements depuis Marseille. Un dossier des archives des Ponts et Chaussées, aux archives départementales du Rhône (S 1463) détaille les corrections.

Fig. 1 : Détail du titre du mémoire de Bourdalouë (AD Rhône S 1463)



- Sur le petit Rhône : 52 repères, dont l'altitude fut augmentée en moyenne de 0 m 060.
- Sur le grand Rhône de Bouc à Arles : 19 repères, avec une augmentation des cotes de 0 m 050 en moyenne.
- D'Arles à Avignon : 52 repères d'altitude, avec une augmentation moyenne de 0 m 070.
- Enfin d'Avignon à Viviers [Ardèche] : 201 points de nivellement dont l'altitude aurait été augmentée en moyenne de 0 m 050.

Si la révision et le complément du système par Lallemand, dans le cadre du nouveau NGF, commença en 1884 et se poursuivit jusqu'en 1892, les publications officielles de ce dernier s'échelonnèrent jusqu'en 1920, prises notamment en relais par l'entreprise des Grandes Forces hydrauliques de la France s'attachant plus spécialement aux fleuves, rivières et cours d'eau alpins. Entre temps, l'installation, en 1883, d'un marégraphe totalisateur perfectionné à l'anse Calvo de la rade de Marseille, avait fourni une valeur plus certaine des mers moyennes. Elle corrigea donc la décision de 1860 citée plus haut **en abaissant le zéro de 71 millimètres (1891)**. Le système de nivellement NGF Lallemand recevait ainsi son point d'ancrage définitif, encore en vigueur aujourd'hui (Annexe III). Le Nivellement général de la France de Lallemand est dit orthométrique.

Pour conclure ce bref rappel : les hauteurs observées et les altitudes données ne peuvent être systématiquement alignées sur les dates de décision concernant la définition des nouveaux points fondamentaux de nivellement. Même durant cette période de progrès, il est nécessaire d'interpréter chaque cas, chaque pièce issue des services techniques. A plus forte raison, pour les périodes antérieures.

Auteur : Georges PICHARD



Le système Rhône ou "nivellement anciennement en usage dans le service"

Avant 1856 et le nivellement du Rhône par Bourdalouë, on ne disposait pas d'un véritable système de référence unifié. Pour le bas Rhône, les enseignements essentiels proviennent d'un auteur devenu célèbre dans le milieu des ingénieurs et même au-delà, **Charles-Alexandre Surell** (1813-1887). Non pas dans son admirable essai sur les torrents des Alpes, ou même celui sur les embouchures du Rhône, que l'on peut utiliser aussi, mais sur une autre œuvre bien moins connue, son *Mémoire sur le barrage du Petit-Rhône, pour servir à l'irrigation et au dessèchement d'une partie du delta*, publié en 1847³. A la page 50, la note N°2, reproduite ci-dessous donne une idée des tâtonnements de l'époque, même parmi les plus brillants ingénieurs.

Rappelons que **l'ingénieur Poule**⁴, dont il est question dans le texte, était depuis de très longues années l'ingénieur en charge à Arles et dans tout le delta, avant les grandes réorganisations du milieu du siècle. Il est l'auteur d'un Mémoire manuscrit sur la Camargue, édité confidentiellement depuis, d'un intérêt historique certain et l'auteur, également, d'un nivellement de la Camargue qui est le chef d'œuvre du genre. Surell fait référence à cet auteur mais aussi aux deux principales échelles du bas Rhône : celle de Beaucaire et celle d'Arles. Il est important d'observer que **l'échelle de l'écluse de Beaucaire**, en service régulier depuis 1816, fut d'une remarquable permanence, puisqu'elle resta en usage jusqu'au XX^e siècle, sous la gestion de la prospère Société du canal de Beaucaire à la mer. Celle d'Arles était installée **à l'écluse d'entrée du canal d'Arles à Bouc** qui venait d'être achevé après une longue période de gestation, qui fait ci-dessous l'objet d'une étude spéciale. Cette échelle ne fut définitivement adoptée par le Service du Rhône que **le 15 septembre 1854**. Elle remplaçait alors l'ancien rhônomètre, celui dit "du Pont d'Arles", dont il sera aussi question plus loin. Pour la compréhension du texte, il faut aussi préciser que le nivellement du chemin de fer "rapporté au zéro de la mer à Marseille" (marémètre Saint-Jean) est le chemin de fer vers Nîmes dont le nivellement fut aussi effectué par Bourdalouë, sous l'impulsion de Paulin Talabot.

Le but de Surell était de prouver l'utilité d'un barrage du petit Rhône pour assurer la régularisation des eaux dans les parties maritimes du delta, mais aussi l'irrigation conjointement à la poldérisation d'une grande partie de la Camargue inférieure.

³ SURELL Alexandre, *Mémoire sur le barrage du Petit-Rhône, pour servir à l'irrigation et au dessèchement d'une partie du delta*, Nîmes, imprimerie Ballivet et Fabre, 1847.

⁴ **François-Augustin Poule (17 avril 1789 – 9 décembre 1858)**, polytechnicien, promo 1807. Domine par son activité très intense l'histoire hydrologique du bas Rhône jusqu'après 1840, où se déroula toute sa carrière. Outre une production cartographique dont il existe encore de nombreux témoignages, il collabora notamment à l'œuvre "statistique" du Comte de Villeneuve, préfet des Bouches-du-Rhône. Son *Etude de la Camargue* date de 1817, et non de 1835, comme l'indique l'édition, par reproduction du manuscrit, en 1985 (René Baranger éditeur, 184 p.).

Auteur : Georges PICHARD



Reproduction de la page 50 du mémoire de Surell Note 2. Hauteurs du Rhône au-dessus de la mer.

— 50 —

NOTE 2. — Hauteurs du Rhône au-dessus de la mer.

J'ai suivi dans ce mémoire les altitudes de M. Poulle, qui sont rapportées à la basse mer de Bouc.

M. Poulle a trouvé :

Pour le zéro de l'écluse de Beaucaire.....	4 ^m 09
Pour celui de l'écluse d'Arles.....	1 88
	2 ^m 21
Différence.....	2 ^m 21

Les nivellemens du canal de Beaucaire, plusieurs fois répétés, ont donné pour la hauteur du zéro de l'écluse de Beaucaire, au-dessus du zéro de la mer à Aiguesmortes, 3^m 64.

Deux nivellemens m'ont donné pour la différence de niveau entre le zéro de Beaucaire et celui de l'écluse d'Arles, l'un 2^m 115, l'autre 2^m 119. Ce qui place le second à la cote de 1^m 52, en prenant 3^m 64 pour la cote du premier.

La différence entre ces hauteurs et celles de M. Poulle vient très-probablement de ce que le zéro d'Aiguesmortes est plus élevé que celui de Bouc. En effet, la basse mer à Bouc descend rarement au zéro, tandis qu'elle le dépasse très-fréquemment à Aiguesmortes, où ses abaissemens vont jusqu'à — 0^m 50.

Les nivellemens du chemin de fer, rapportés au zéro de la mer à Marseille, ont donné :

Pour le zéro de Beaucaire.....	3 ^m 61
Pour celui du pont d'Arles	1 49
	2 ^m 12
Différence.....	2 ^m 12

(Notice de M. Bourdaloue, page 206.)

Cette différence est à très-peu près la même que celle qui résulte de mes nivellemens.

En résumé, toutes ces cotes ne diffèrent entre elles que parce qu'elles se rapportent à des zéros différens. J'ai adopté de préférence celles de M. Poulle, parce qu'elles concordent avec les nivellemens que le même ingénieur a fait dans la Camargue, et qui sont tous rapportés au même zéro.

Pour la plaine du Languedoc, je me suis servi de la carte levée par M. Talabot pour le service du canal de Beaucaire, et dont les cotes sont rapportées au zéro d'Aiguesmortes. Elles sont donc trop basses relativement à celles de la Camargue. L'adoption de ces cotes introduit dans le projet plus de difficulté, en ce qu'elle augmente l'étendue des terrains à traiter en polders.

On comprend que Surell ait conclu ces notes en écrivant : "il conviendra, dans un projet définitif, de mettre de l'accord dans ces cotes, en les basant sur le même zéro, et en faisant des observations suivies sur les hauteurs de la mer, le long de ces plages, par rapport à ce zéro" (p. 51).

Auteur : Georges PICHARD



On possède les observations quotidiennes de la mer à Bouc de 1829 à 1841. L'idée de Surell était donc déjà mise en pratique.

Le Service des Ponts et Chaussées avait adopté un système de nivellement, antérieurement à 1856, dont on ignore le point origine, mais que les services ont ensuite comparé avec le système Bourdalouë, en premier lieu des basses mers à Marseille (zéro du marémètre), puis du point origine rapporté au trait 0,40 m sur ce marémètre (décision de 1860. voir plus haut). Nous reproduisons cette pièce interne au service, communiquée autrefois par le Service de la Navigation (prévision des crues), quai de la Quarantaine à Lyon.

Tableau 1 : Transcription de la pièce du Service Navigation de Lyon

COMPARAISON des NIVELLEMENTS en USAGE dans le Service du RHÔNE avec le nivellement Bourdalouë avant et après 1860											
Nivellement général du Rhône											
ECHELLES	PONTS	POSITIONS Kilométriques	NIVELLEMENTS			NIVELLEMENT GENERAL DU RHÔNE			NIVELLEMENT GENERAL DU RHÔNE		
			Anciennement en usage dans le Service (Ces cotes figurent sur les pièces d'étude de la crue de 1856, datées de 1857 et 1858)			passant par le zéro de l'échelle des marées à Marseille, exécuté en 1856 et 1857 Ces cotes figurent, en particulier, sur les pièces d'étude de la crue de 1856, datées de 1860 ou postérieures à cette date)			passant par le zéro de l'échelle des marées à Marseille, exécuté conformément à la décision du 13 janvier 1860		
			Altitude de l'étiage considéré comme correspondant aux zéros (a)	Hauteurs de la crue au-dessus de l'étiage (a')	Altitude de la crue de 1856 (a'')	Altitude des zéros des échelles (b)	Hauteur de la crue au-dessus des zéros (b')	Altitude de la crue de 1856 (b'')	Altitude des zéros des échelles (c)	Hauteur de la crue au-dessus des zéros (c')	Altitude de la crue de 1856 (c'')
Avignon	Avignon	242.180	12.88	7.83	20.71	13.02	7.83	20.85	12.69	7.83	20.52
Aramon (n ^{le} échelle)		253.590			16.80			16.94	8.31		16.60
Aramon (anc ^{me} échelle)		255.000	8.19	8.00	16.19	8.33	8.00	16.33	7.99	8.00	15.99
Vallabrègues		262.000	5.37	7.98	13.35						
Beaucaire	Beaucaire pont	267.610			11.66			11.90			11.57
	Beaucaire viaduc	267.690	3.69	7.95	11.64	3.93	7.95	11.88	3.60	7.95	11.55
	Beaucaire viaduc	268.000			11.55			11.79			11.46
Arles	Arles (viaduc)	282.000			7.47			7.61			7.27
	Arles-Trinquetaille	282.600			7.29			7.43			7.09
	Arles (Canal Arles-Bouc)	283.000	1.59	5.58	7.17	1.73	5.58	7.31	1.39	5.58	6.97
Tour Saint-louis		323.000									
Fourques			2.37		9.22	2.06	6.85	8.91	1.66	6.85	8.51

(a) (a') (a'')	1° Les cotes noires ont été relevées dans le dossier de la crue des 1856, cartons 1306 et 1307 Liasse 5, Pièces 2, 3, 4, 5, 6, 7 Liasse 15, Pièce 3
	2° Les cotes rouges ont été obtenues par interpolation
(b) (b') (b'')	1° Les cotes noires ont été relevées dans le dossier de la crue des 1856, Liasse 14, Pièce 3(2) et 3(3)
	2° Les cotes rouges ont été obtenues par interpolation
(c')	1° Les cotes noires sont la reproduction de celles (a') et (b')
	2° Les cotes rouges ont été prises sur les imprimés d'observation horaires des crues
(c'')	Ces cotes résultent, soit des cotes (c) et (c'), soit des cotes (b''), en tenant compte de la différence entre les nivellements

Auteur : Georges PICHARD



Nécessité d'un référencement unifié

Le vœu de Surell est encore aujourd'hui très actuel pour ce qui concerne un grand nombre de données de hauteurs de crues depuis le XVI^e siècle, mais sans support matériel (repères) qui ait pu parvenir jusqu'à nos jours. Pour apprécier l'importance de ces crues et celle des inondations concomitantes, il est essentiel, dans un premier temps, de connaître avec une bonne précision les hauteurs atteintes, avant de tenter d'apprécier les débits historiques des grandes crues ou des crues extrêmes. Peu importe au fond le choix de cette référence unique, qu'elle soit celle du système Bourdalouë, du NGF de Lallemand ou du NGF IGN de 1969 (orthométrique de précision). Pour la prévision des crues, il est évidemment préférable d'adopter un référentiel bien connu, le NGF, qui permettrait un passage aisé dans le plus récent.

Une bonne part des mesures effectuées sur les repères de crues (aujourd'hui disparus) nous a été léguée par les contemporains de systèmes de mesures qui paraissent avoir sombré dans l'oubli dès l'époque de Surell, au milieu du XIX^e siècle. L'idée de véritables échelles paraît naître avec ou peu après la naissance du système métrique introduit sous la Révolution, du moins sur le bas Rhône car la Seine à Paris connut des échelles depuis le XVII^e siècle. La navigation sur le Rhône a fait l'importance de la ville d'Arles, tout au long de l'année, mais surtout au mois de juillet, plus propice à cette navigation ancienne et lors de l'afflux d'un trafic intense pour les rendez-vous des foires de Beaucaire. On comprend donc que soit née très tôt l'idée d'un système de mesure de la hauteur des eaux à Arles, outre le fait que la surveillance des crues était une préoccupation de toutes les époques.

Avant d'examiner ces systèmes de mesure anciens, il faut en souligner l'intérêt primordial pour une base de données hydrologiques pluriséculaire. Une grande part de ces données mesurées provient d'un érudit qui fit la transition entre le siècle des Lumières, la Révolution et les premières années du XIX^e siècle. **Pierre Véran** (1744-1819)⁵, d'une famille de notaires arlésien, a laissé une quantité phénoménale d'écrits, des sommes de faits et de données tirées des archives civiles et religieuses de sa ville. Il finit par aboutir, presque naturellement, comme administrateur affecté à la statistique auprès de la préfecture des Bouches-du-Rhône et du célèbre préfet comte de Villeneuve. C'est donc bien une figure de transition entre l'érudition "patriotique" (la petite patrie locale) et la gestion des grands nombres et des faits exhaustifs qui triomphait dans les premières années du nouveau siècle, sous le terme de statistique. Justement, dans la série des volumes de la *Statistique de la ville d'Arles*, Véran aborde très fréquemment tous les problèmes territoriaux du vaste territoire arlésien et, parmi eux, avec une constance et une dilection particulière, ceux liés aux événements rhodaniens. Même si on le juge aujourd'hui insuffisant, son apport en ce domaine est, dans certaines parties, irremplaçable. Pourquoi ? Parce qu'il nous a laissé une quantité d'observations des crues de son temps et surtout de soigneuses mesures des repères qui existaient à son époque, repères remontant aux XVI^e et XVII^e siècles pour les premiers. Il s'agissait non seulement de repères matériels mais aussi des données quantitatives laissées dans les archives publiques ou familiales, notamment les livres de raison⁶.

⁵ http://www.patrimoine.ville-arles.fr/arles/ville.cfm?action=personnage_commune&id_personnage=4&id=1 6

⁶ Sur les livres de raison, notamment provençaux et arlésiens : PICHARD Georges, "Un grand corpus provençal : les livres de raison. De la raison patrimoniale à la raison économique (XVI^e-début XIX^e siècle)", in *Provence historique*, numéro spécial Les égotextes provençaux. Les écrits du for privé en Provence du XIV^e au XVIII^e siècle, t. 54, juillet-août-septembre 2004, p. 329-348. PICHARD Georges, "Perception et objectivation des faits d'environnement dans les livres de raison du Sud-Est méditerranéen français", in ARNOUL Elisabeth *et al.* (dir.), *Les écrits du for privé en Europe, du Moyen Age à l'époque contemporaine*, Bordeaux, Presses universitaires de Bordeaux, 2010.

Auteur : Georges PICHARD



Véran, outre ce travail sur les sources, ce véritable "sauvetage de données", a eu la lumineuse idée de rapporter la plupart des mesures sur une échelle qu'il nomma "hydraulique", en utilisant cependant le système ancien de mesures en pieds et pouces, au lieu du mètre encore trop peu familier. Cette **échelle hydraulique** (Annexe II) devait faire, selon ses idées, la transition entre le vieux système bi-séculaire adopté par les Arlésiens à l'embarcadère du Rhône, avec une véritable échelle régulièrement graduée. On était presque au début du Premier Empire et il existait une certaine conjoncture favorable avec le projet de canal d'Arles à la Méditerranée, pour éviter l'embarras des embouchures.

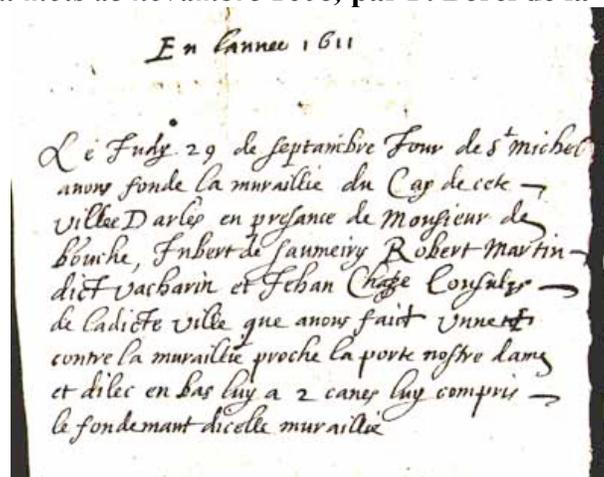
1. ECHELLES D'ARLES

Le Moyen Age arlésien a certainement connu un ou des systèmes d'évaluation de la hauteur des eaux, mais sans doute de façon très empirique et pratique dans le milieu des utilisateurs du fleuve. Les autorités consulaires ne pouvaient pas s'en désintéresser non plus, mais il faut pourtant attendre le XVII^e siècle pour que des témoignages d'un certain souci de mesures, encore empirique, deviennent de plus en plus pressants. Les grandes phases de poussée hydrologique et de fréquence de crues au XVI^e siècle avaient déjà obligé la commune et les associations à s'organiser collectivement en 1542-1543. Les guerres de religion amenèrent au contraire troubles et destruction, notamment en façade de la ville sur le Rhône. Au début du XVII^e siècle, au sortir des guerres civiles, il fallut non seulement faire face à un endettement gigantesque mais aussi à la nécessité de reconstruire les quais pour retrouver le trafic fluvial et organiser l'accessibilité et l'abordage de la ville. En outre, il fallait rétablir la jonction permanente avec le faubourg de Trinquette donnant accès à l'île de Camargue.

A. Du début du XVII^e siècle à 1806 : des systèmes de mesures empiriques mais mieux organisés

C'est en 1608, dans une période de prospérité des récoltes, que l'on peut suivre la reconstruction des quais et des murailles.

Fig. 2 : BM Arles, *Livre des mémoires des batimans de ville neuve a comancé de bâtir les murailles d'icelle le 11 du mois de novembre 1608*, par F. Borel de la ville d'Arles, 1612.



"En l'année 1611,

Auteur : Georges PICHARD



Le jedy 29 de septambre jour de St Michel avons fondé la muraille du Cay de cete ville d'Arles en presance de Monsieur de Bluche, Imbert de Saumeiry, Robert Martin dict Vacharin et Jehan Chaze Consuls de ladicte ville que avons fait unne + proche la muraille proche la porte Nostre Dame et dilec en bas luy a 2 canes luy compris le fondement dicelle muraille".

Pour les murailles, le carnet de notes de l'architecte F. Borel nous renseigne par le menu de l'avancement des travaux. Au devant des murailles, en bordure du Rhône, la ville fit construire les escaliers de l'embarcadère, comportant **17 marches**, destinées à devenir autant de repères de la montée des eaux. Sans doute y avait-il déjà quelques autres moyens de repérage comme l'anneau qui servit à mesurer l'extraordinaire abaissement des eaux de 1639. Il fallut cependant attendre **1696**⁷ pour que soit prise l'initiative d'installer des "marques" supplémentaires appuyées à la muraille latérale des escaliers, repères dont on verra la signification. Ces escaliers et ces marques demeurèrent tels quels jusqu'en 1789 au moins. En particulier, le sommet du quai, son couronnement, paraît bien avoir joui d'une stabilité séculaire⁸, sauf quelques réparations inévitables, jusqu'à la veille de la Révolution où il servit au médecin Bret de point fixe pour l'évaluation des hauteurs d'eau quotidiennes, en "négatif", du fleuve. Cette dernière façon de procéder montre jusqu'à cette date l'absence d'un repère de nivellement, même local, pour ce genre de mesures hydrométriques.

Comme nous l'avons annoncé plus haut, c'est à Pierre Véran que l'on dut l'apport décisif d'une échelle des crues, dite "échelle **hydraulique**", fondée sur les marques et les escaliers du port-embarcadère, mais une échelle "de papier", dont il n'est pas certain qu'elle inspira en tous points les premières réalisations matérielles que l'on va examiner (Reproduction-transcription de cette échelle en Annexe II et photo de l'original Annexe III).

Pour résumer ici l'apport essentiel de l'échelle de Pierre Véran, il faut souligner le fait qu'il disposait de nombreux indices matériels avant leur disparition au XIXe ou au XXe siècle. En rive gauche, côté ville d'Arles, il aligne sur son échelle les hauteurs de 27 repères de crue de 1529 à 1810. Sur la rive droite, – celle du faubourg de Trinquetaille –, il figure 17 repères de crues par rapport au seuil de la gardette du pont de bateaux et sur le moulin de la Roquette. Il renouvelle la même opération avec la gardette du pont de bateaux de Tarascon avec 23 hauteurs de crues relevées. Pour Trinquetaille, La Roquette et Tarascon, nous n'avons plus aucun moyen de connaître la base altitudinale sur laquelle ces hauteurs d'eau pouvaient se rattacher, d'autant plus que ces constructions (gardettes, moulins) n'ont plus laissé de traces. On ne dispose ainsi que des hauteurs relatives d'une inondation donnée par rapport à une autre. En revanche, les données de la rive gauche sont repérables sur l'échelle hydraulique de Véran et on peut tenter de rattacher ces repères à une base altitudinale connue.

Les principaux repères des escaliers du quai de l'embarcadère d'Arles mesurés et étalonnés par Pierre Véran

Le zéro de l'échelle de Véran était situé à 3 pouces sous l'"abaissement" (étiage) record – ou considéré comme tel par les arlésiens férus d'histoire – celui de l'année 1639. Sans essayer ici de déterminer l'altitude de cet étiage, nous donnons ci-dessous les hauteurs des marques et des escaliers

⁷ AC Arles, CC 716 En l'année 1696, la ville pose contre les murs du quai des repères pour indiquer la hauteur des eaux. Ces repères sont détaillés page suivante et par la suite, dans ce texte ici même.

⁸ Voir les deux vues, respectivement du XVII^e et du XVIII^e siècle, reproduites plus bas.

Auteur : Georges PICHARD



par rapport à ce zéro. Véran donne ces mesures en unités anciennes, pieds et pouces, or il existe une incertitude, commune à toutes les mesures d'Ancien Régime, entre deux étalons de mesure possible : celles dites du roi, dont la toise du Châtelet de Paris était l'étalon-type, ou celles un peu plus grandes utilisées à Arles. On peut cependant arguer du fait qu'au moment où Véran décrit son échelle (entre 1806 et 1810), ces mesures locales commençaient à tomber en désuétude, surtout avec la concurrence des nouvelles mesures métriques. Il vaut mieux, pourtant, raisonner sur cette double possibilité, puisque aucun indice n'est fourni par l'auteur.

Les incertitudes métrologiques

Le tableau ci-dessous n'offre qu'un aperçu sommaire. Les mesures locales arlésiennes étaient un peu plus longues que celles d'autres villes en Provence (comme Aix). On a parfois le sentiment que l'on se contentait d'approximation ou d'un compromis, que ce soit pour le pied ou pour le pouce.

Tableau 2

La canne d'Arles	=	2 ,0472 mètres
"	=	8 pans
"	=	6 pieds 3 pouces
La toise du roi à Paris	=	1,949 mètre (6 pieds)
Le pan d'Arles	=	25,59 cm
Le pan du roi à Paris	=	24,36 centimètres
Le pied d'Arles	=	32,75 cm = 12 pouces = 144 lignes
Le pied du roi à Paris	=	32,484 centimètres
Le pouce de Paris	=	2,707 centimètres
Le pouce, mesure d'Arles	=	2,729 centimètres
La ligne de Paris	=	2,25 millimètres
celle d'Arles	=	2,27 millimètres

Tableau 3

Les repères de l'échelle hydraulique de Pierre Véran et la conversion métrique proposée : à lire de bas (zéro) en haut (crues records connues à son époque) (Voir aussi Annexe II).

	<u>Repères</u>	<u>Mesures anciennes</u>	<u>Conversion en</u>	
			<u>mesures métriques selon</u>	
			<u>Pied du roi</u>	<u>Pied d'Arles</u>
•	Crue de 1651 et 1755	16 pieds 9 pouces	5,441 m	5,485 m
•	Ligne de la surface du quai	15 pieds	4,873 m	4,912 m
•	Anneau de fer	14 pieds 6 pouces (*)	4,710 m	4,749 m
•	Fleur de lys	13 pieds 10 pouces (*)	4,494 m	4,530 m
•	Petit bouton	13 pieds 5 pouces	4,358 m	4,394 m
•	Gros bouton	12 pieds 8 pouces (*)	4,115 m	4,148 m
•	17 ^e marche et dernière au bas de l'embarcadère	4 pieds 5 pouces	1,435 m	1,446 m
•	Etiages de 1781,1783, 1784	2 pieds 4 pouces	0,758 m	0,764 m
•	Etiage de 1750	1 pied 7 pouces	0,514 m	0,519 m
•	Etiages 1801, 1804, 1806	1 pied 4 pouces	0,433 m	0,437 m
•	Etiage du 01/01/1812	1 pied 1 pouce	0,352 m	0,355 m

Auteur : Georges PICHARD



• Etiage du 14 juillet 1802	0 pied 8 pouces	0,217 m	0,218 m
• Etiage extrême de 1639	0 pied 3 pouces	0,081 m	0,082 m
• Zéro adopté par P. Véran	0 pied 0 pouce	Zéro	Zéro

(*) Incertitudes sur le diamètre de ces objets et donc sur la position réelle à adopter. Voir plus bas les mesures prises par l'ingénieur Gorsse.

Toutes les marques matérielles posées en 1696 ou antérieures (anneau) ont disparu et l'on ne prit apparemment pas la précaution d'effectuer les mesures métriques qui auraient apporté des précisions supplémentaires. A une exception près, celle du travail de l'ingénieur **Raymond Gorsse** (1775-1843) qui, chargé d'expertise pour le creusement du canal Arles à Bouc, dont on rapporte au prochain paragraphe l'œuvre essentielle pour l'objet de cette recherche. Gorsse, en effet, prit quelques mesures sur ces anciennes marques, "une espèce de rhônomètre" comme il les appelle :

"Le petit bouton est plus haut que le gros, la distance prise entre les centres = 0 m 255. Il répond à 3 m 951 de l'échelle, je n'ai pas pris la fleur de lys parce qu'elle est dégradée".

N.B. : "l'échelle" à laquelle Gorsse fait allusion est une échelle (provisoire en 1806) installée par M. de Fougères⁹, en aval du pont de bateaux. Ce n'est donc pas l'échelle, toute virtuelle, de Pierre Véran. Voir paragraphe suivant.

Par rapport aux hauteurs données dans le tableau de conversion en mesures métriques, on voit qu'il existe avec les mesures de Gorsse une petite différence (12 mm) d'un demi pouce environ, ce qui tient, bien entendu au diamètre des objets, en particulier à celui du gros bouton que Véran ne donne qu'en mesures anciennes sur un graphique dessiné par lui et sans préciser ces diamètres.

Etant donné l'abondance des données de crues historiques qu'apporte Pierre Véran, il est bien entendu essentiel de pouvoir évaluer, le plus précisément possible, l'altitude de ces nombreux repères, et ceux qu'apportent aussi les archives d'Ancien Régime, par rapport aux escaliers du port d'Arles et des marques qui y avaient été fixées. Il y a deux façons d'aborder cette délicate et difficile question :

- Avoir recours aux témoignages, trop rares et trop allusifs, laissés par les contemporains,
- Essayer de retrouver les vestiges matériels laissés encore en place.

Le second moyen, quoique des plus improbables en raison des transformations apportées par trois siècles, a pourtant été tenté sur place : les escaliers du port ont disparu depuis les années 1840. Le "rhônomètre" qui servit jusqu'en 1854, près du pont de bateaux, a dû subir bien des péripéties, en raison des modifications multiples apportées aux murs du quai et aux alentours, dont ce qui suit donnera une petite idée. L'histoire des quais, des ponts et des écluses est à Arles comme ailleurs, indissociable de celle des échelles hydrométriques. Ce n'est donc pas une diversion que d'en faire ci-dessous un résumé le plus clair possible, de préférence à partir des documents essentiels qui devront supporter les conclusions.

B. Première période : le port, les escaliers et le quai du début du XVII^e siècle au début des années 1840

Ce qui suit est fondé essentiellement sur l'iconographie et sur les pièces techniques plus tardives des Ponts et Chaussées.

⁹ Christophe Defougères (13 novembre 1758 – 19 octobre 1839), ingénieur des Ponts et Chaussées.

Auteur : Georges PICHARD



L'iconographie relative aux escaliers de l'embarcadère, lieu des anciennes mesures des crues du Rhône

Fig. 3

Extrait de la vue de la ville d'Arles de Jacques Peytret, donnant la plus ancienne représentation du port et embarcadère d'Arles. La topographie des lieux fut étonnement pérenne jusqu'en 1840 au moins, si l'on excepte un prolongement des marches en retour sur le côté ici à gauche (voir le plan de 1840). Peytret a soigneusement représenté le plan incliné de l'abreuvoir bordé côté fleuve par un petit parapet en forme d'escaliers. En revanche, le quai n'est protégé par aucun parapet et donne directement sur la base des murailles, elles-mêmes au niveau de la rue qui est bordée à l'arrière des murailles par les maisons et la façade de l'église Saint-Martin, plus en retrait sur sa placette.



Fig. 4

Portrait de Jacques Peytret (vers 1620 – vers fin XVII^e siècle), l'auteur de la vue panoramique de la ville et cité d'Arles avec le fleuve et au premier plan le faubourg de Trinquetaille.

Auteur : Georges PICHARD





Fig. 5 Extrait plus étendu de la vue panoramique de la ville et port d'Arles par Jacques Peytret, avec, visible au premier plan, le faubourg de Trinquetaille et vers la droite le pont de bateaux (au nombre de 12). Le Nord est à gauche. Le Rhône coule de gauche à droite.



Fig. 6 Dessin anonyme du XVIII^e siècle montrant un état des lieux inchangé pour ce qui concerne les escaliers de l'embarcadère et les quais. Remarquer la gardette qui donne accès au pont de bateaux. Il est probable, cependant, que le dessinateur se soit inspiré, plus ou moins, de la gravure de Peytret.

Auteur : Georges PICHARD



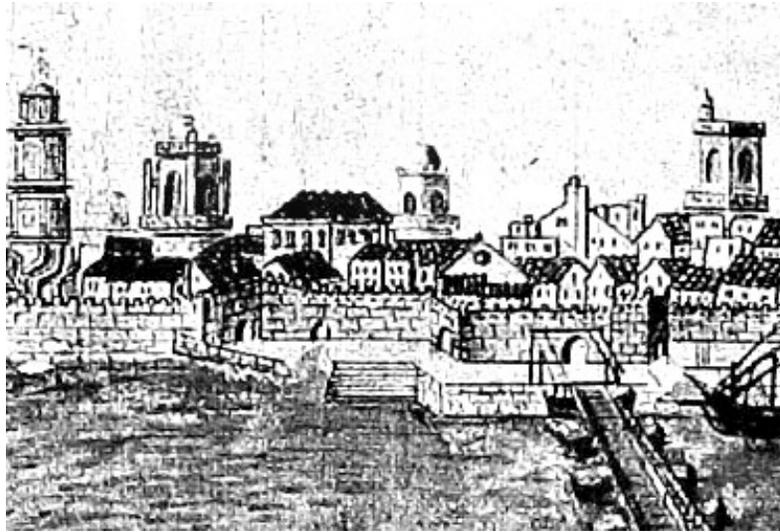
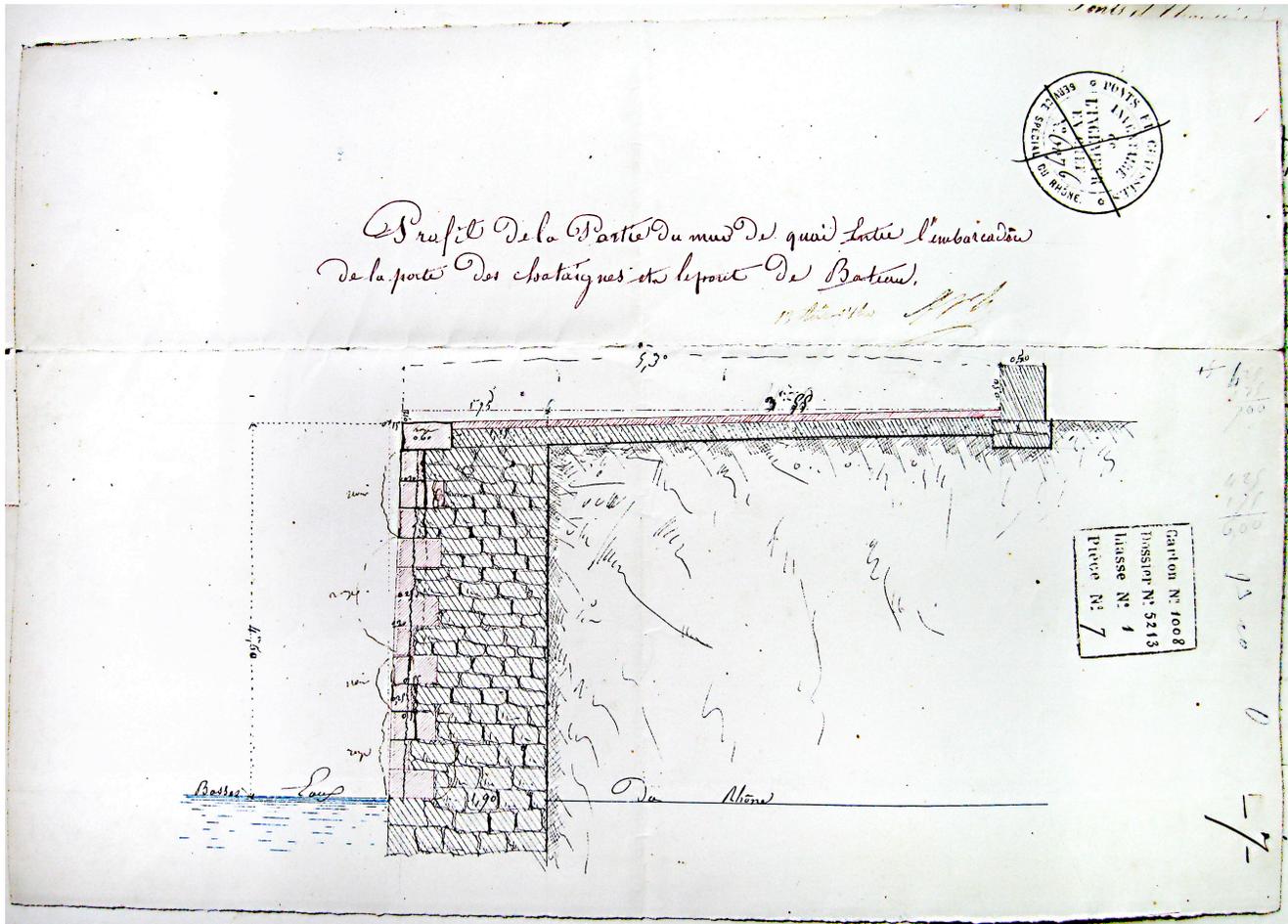


Fig. 7 Une coupe verticale du quai du port d'Arles, Porte des Châtaignes, vers 1840



Auteur : Georges PICHARD



Cette intéressante coupe, et le mémoire qui l'accompagne, nécessite pourtant quelques réserves. Outre qu'il s'agit d'un projet de réfection des murs du quai du port, la référence aux "basses eaux" à cette époque est des plus incertaines. Le couronnement du quai est donné comme étant à 4 m 50 de ce niveau. Si l'on accepte l'équivalence des basses eaux (ou étiage) avec le zéro de l'échelle alors en usage, c'est-à-dire le rhônomètre du pont de bateaux, c'est une indication qui servira à situer l'altitude de ce couronnement, l'un des repères les plus fondamentaux pour les données anciennes de crue. A noter la banquette, d'une hauteur de 50 cm., située à 5 m 30 en arrière sur le quai et destinée à bloquer les embarcations dans les cas assez fréquents où les crues dépassaient quelque peu la hauteur de ces quais (ici à 5 m 30 des "basses eaux") (AD Rhône, S 1453).

L'état des escaliers du port et des quais nécessitait en 1840 des réparations dont le petit texte ci-dessous dresse le projet, ce qui montre qu'à cette date (vers 1840) il n'était pas question de substituer d'autres structures plus adaptées. On était encore, mais plus pour longtemps, au seuil de bouleversements qui allaient leur être fatals, ainsi que la "mémoire" des crues qu'ils pouvaient encore conserver.

Embarcadère de la porte des Châtaignes

Art. 8. Dans l'embarcadère de la porte des châtaignes, on remplacera, en pierres de taille de 0 m 50 de largeur et 0 m 18 de hauteur, les marches qui ont disparu ou qui sont hors de service sur 145 m de longueur.

On remplacera de même, en pierres de taille, les couronnements du mur de rampe et du mur opposé, l'un sur 6 m de longueur, 0 m 60 de largeur et 0 m 40 de hauteur ; l'autre sur 4 m de longueur, 0 m 60 de largeur et 0 m 33 de hauteur.

Les parements dégradés de ces murs sur 23 m 50 de longueur, et 0 m 75 de hauteur réduite pour celui d'amont, et sur 6 m de longueur et 1 m 50 de hauteur moyenne pour celui d'aval, seront revêtus de moellons assemblés. *AD Rhône S 1453*

L'article 7 portait sur la "rampe d'abreuvement", dite de la Porte des Prêcheurs (laquelle porte monumentale était elle aussi condamnée à terme : voir la photographie de Charles Negre, un peu plus loin), rampe bien visible sur la gravure de Peytret, qu'il fallait aussi réparer, laquelle n'avait "plus qu'un couronnement en débris" sur 28 m 50 de longueur et 2 m 20 de hauteur.

La représentation en plan de tout ce secteur des escaliers du port, est sans doute le dernier témoignage, avant disparition, de ce témoin plus que bi-séculaire, des hauteurs du Rhône à Arles.

Fig. 8 Les quais tels qu'ils étaient encore en 1840 (août)

En fait, il est prévu une simple réfection (traits rouges). Les escaliers de la porte des Châtaignes demeurent mais avec un retour en équerre à gauche. Aussi un parapet en bordure (à pic sur le fleuve). En arrière, on avait construit une murette de butée empêchant les bateaux d'aller heurter les maisons en cas de très hautes eaux d'inondation (AD Rhône, S 1453).

Notons qu'une visite sur place en 2012, guidée par l'historien Philippe Rigaud, a permis d'apercevoir, au pied des superstructures plus récentes (après 1860) le vestige d'une des 17 marches de cet escalier, sans que l'on puisse déterminer laquelle.

Auteur : Georges PICHARD



C. Seconde période : le tournant des années 1840-1845. Une première adaptation des quais et la disparition des structures bi-séculaires

Entre 1840 et 1845 se placent les années cruciales. Les fameux repères des escaliers du port et les escaliers eux-mêmes vont disparaître. C'est le début de la navigation à vapeur et des chemins de fer. De plus, le cataclysme de l'inondation de novembre-décembre 1840 a complètement changé la donne. Les quais ne jouent plus exactement le même rôle. On a aussi créé le débouché du canal d'Arles à Bouc qui bouleverse la partie sud des quais. Les plans se succèdent pour aligner les façades de maisons en bordure des quais.

C'est bien en 1840 que la pression des sociétés de navigation à vapeur s'exerce de tout son poids, appuyée par les chambres de commerce. Comme le proclame l'une des plus puissantes d'entr'elles, fondée en 1829, l'emploi de la vapeur sur le Rhône, malgré les nombreux tâtonnements du début, est arrivé en 1840 à une première maturité, et de réclamer des infrastructures adaptées, "par tous les moyens", non seulement sur les quais mais aussi sur la hauteur des premiers ponts suspendus.

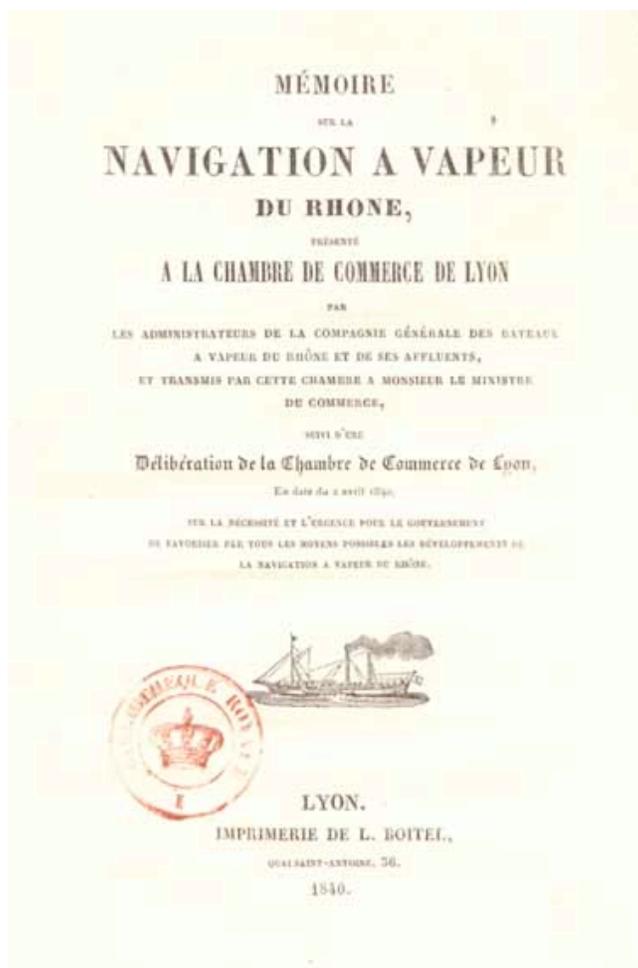
Ci-dessous, page de titre du mémoire de la Compagnie générale de la navigation à vapeur du Rhône et de ses affluents (1840) et un extrait concernant le trafic prétendu actif à cette date, entre Arles et Lyon et entre Arles et la mer.

Aujourd'hui, les bateaux à vapeur remontent d'Arles à Lyon, en commune, en 45 heures de marche, avec un chargement de 12 à 1,500 quintaux. Les transports de Marseille à Arles s'effectuent en quelques heures par d'autres bateaux à vapeur disposés pour la mer, et la marchandise partie de Marseille peut être rendue à Lyon, à sa destination, le quatrième jour, lorsqu'il n'y a pas d'encombrement à Arles, et qu'elle en est réexpédiée immédiatement. Dès à présent, on peut calculer, en commune, que deux bateaux à vapeur partent, chaque jour, de chacun des deux points extrêmes, soit de Lyon, soit d'Arles, ce qui donne en totalité environ 600 voyages par an, transportant 35 à 40,000 tonnes à la remonte.

Fig. 10 Page titre du mémoire

Auteur : Georges PICHARD





La création du chemin de fer n'eut que des conséquences indirectes sur l'évolution qui nous occupe ici mais des conséquences importantes sur un tout autre plan, en concurrençant la navigation fluviale, notamment entre Arles et Marseille. La difficile réalisation de la ligne Avignon-Marseille, de 1843 à 1848 (Compagnie de Paulin-Talabot), allait tout de même transformer en profondeur les mentalités et les habitudes locales, surtout sous le Second Empire. La voie fluviale à Arles se trouva marginalisée, mais l'ouverture du canal Arles-Bouc en 1836 créait de son côté de nouvelles conditions à l'observation du fleuve. L'ancien rhônomètre du vieux pont de bateaux, toujours en vigueur, allait être détrôné par une échelle située en aval (P.K 283,00) au débouché du canal, face au Pavillon dit des ingénieurs, près du bief, aujourd'hui comblé depuis la construction du pont autoroutier dans les années 1960. **Le transfert officiel des observations quotidiennes eut lieu précisément le 15 septembre 1854.** Cependant, nous savons que des mesures furent prises à cette échelle bien avant, mais elles n'ont pas été conservées.

Les nécessités liées aux nouvelles conditions de la navigation ne tardèrent pas à changer les orientations précédentes concernant les quais d'Arles et l'embarcadère lui-même. En quelques années, les réparations prévues, si même elles furent réalisées ou commencées, furent abandonnées. La célèbre photographie de Charles Negre, datée de 1845, témoigne du revirement réalisé.

Auteur : Georges PICHARD





Fig. 11 Photo de Charles Nègre (1845) L'embarcadère de la porte des Châtaignes. Plus d'escaliers descendant vers le fleuve. Au fond, le plan incliné de l'abreuvoir bordé d'une murette en escalier est toujours là. Mais à la place des escaliers du port on a créé un **bas port** qui a fait reculer le mur du quai bordé de son parapet. On y accède par un escalier latéral voisin du plan incliné de l'abreuvoir. Ce bas port sera ensuite coté à l'altitude de **3 mètres** du zéro de l'écluse d'Arles. La porte monumentale, quoique ébréchée au sommet, est encore debout. Les câbles sont ceux du

bac à traîlle qui abordait en bas du plan incliné de l'abreuvoir et permettait le franchissement du fleuve en absence du pont de bateaux. La présence du parapet, où sont assis ou appuyés les personnages, prouve que le "haut port" n'a plus du tout de fonction portuaire, ni de chemin de hallage, comme l'indiquait encore les plans de la fig. 9. C'est une rue de plein pied au niveau de l'ancien quai. Les bateaux à vapeur accostèrent désormais en aval de l'ancien pont de bateaux, toujours en rive gauche mais sur une plus grande longueur de quai.

Cette nouvelle disposition entraîna, bien entendu, des conséquences pour les mesures de hauteurs. On verra plus loin que le rhônomètre principal de ce nom, celui qui était en face, au pied du pont de bateaux, avait été mis en place entre 1806 et 1808. L'ingénieur Poulle fit ou fit faire des relevés quotidiens depuis 1829. On oublia les anciennes marques des escaliers disparus. La nouvelle conformation des lieux fut celle que rencontra Bourdalouë dans son travail de nivellement du Rhône en 1856-1857. Ses données seront reproduites en Annexe III. Il mesura le zéro du rhônomètre à partir de la division 3 m : c'était celle qui se trouvait au niveau du "bas port", visible sur la photo de Charles Nègre.

Un plan de 1860, pour de nouvelles réfections et transformations, rend compte de l'état des lieux que révélait dès 1845 le précieux document photographique. On doit souligner qu'à cette date de 1860 le lit du fleuve restait encore inchangé depuis l'époque où les remparts en bordaient le rivage. Mais ce même plan désigne déjà en amont du nouvel embarcadère, des empiètements envisagés, dont le document de 1863 (Fig. 13) illustre l'ampleur (coupes ou profils).

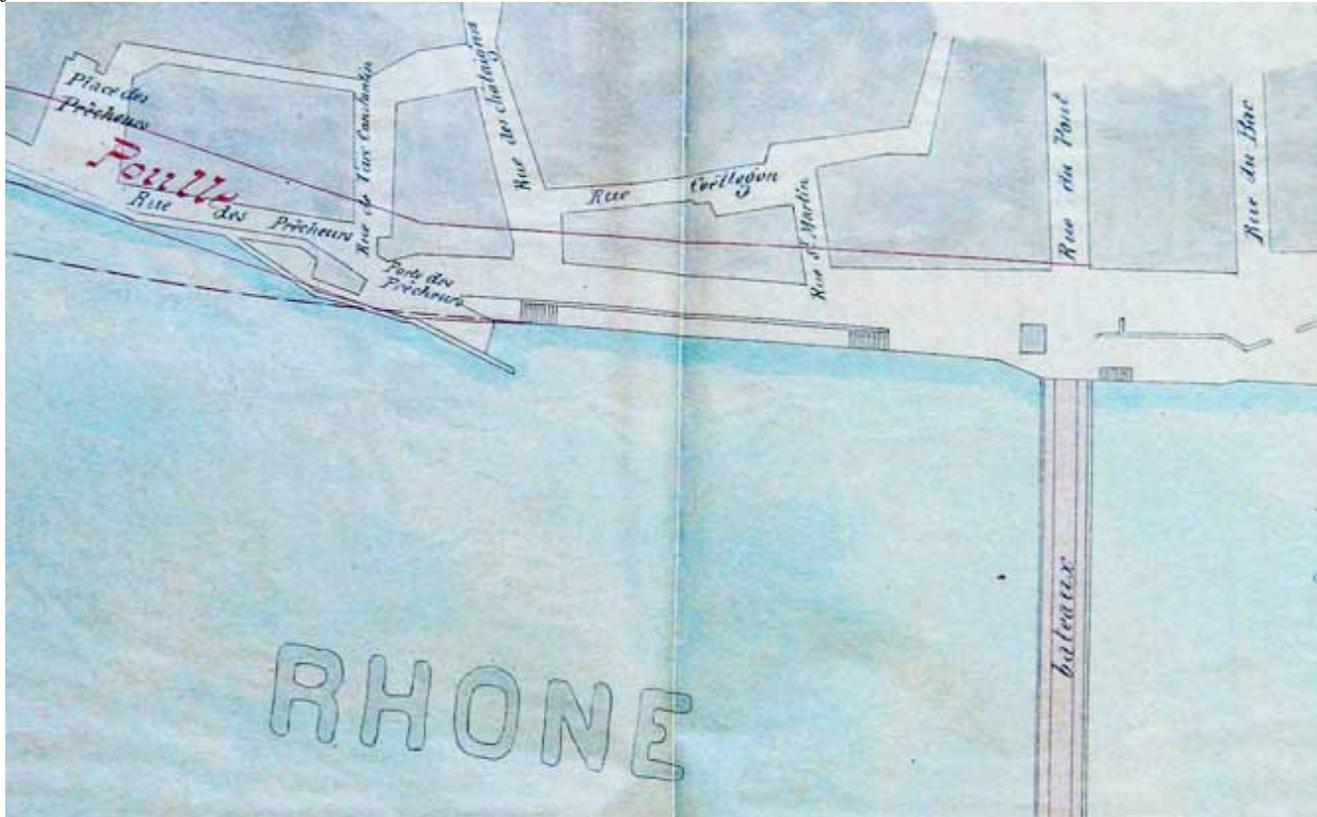
Fig. 12 Plan à joindre au rapport de l'ingénieur ordinaire, suite à une "demande formée par le Maire de la Ville d'Arles, domicilié à Arles-sur-Rhône en date du 9 juin 1860", Arles, le 30 juin 1860 (extrait)

Ce plan replace dans son contexte la photographie de Charles Nègre. On y voit en effet de gauche à droite l'extrémité des quais d'amont, la rampe dit de l'abreuvement et la nouvelle disposition du port avec entre deux escaliers d'accès aux extrémités, le "bas port" surmonté du mur de quai et du parapet (trait

Auteur : Georges PICHARD



double). Enfin, le pont de bateaux (rétabli). Moins d'une vingtaine d'années après ces transformations, le plan dresse le préalable à un nouveau projet. L'ingénieur Poulle, par deux traits rouges, rabote littéralement les façades et une bonne part des maisons riveraines proches du port (trait rouge supérieur) et en amont de l'abreuvoir le nouvel alignement des quais, destiné à mordre sur le lit du fleuve.



D. Troisième période : après 1863, les quais modernes (1863-2012)

Cette période n'intéresse plus que de loin la question des échelles arlésiennes et des mesures hydrométriques. Depuis 1854, on l'a vu, ces dernières ont migré en aval, 400 mètres plus loin que l'ancien rhénomètre "urbain" du pont de bateaux. La crue formidable de 1856 a rendu les défenses antérieures inadaptées à une crue qui a passé depuis, faute de documents anciens probants, pour la plus puissante connue, minimisant tant soi peu sa concurrente de 1840. On remarquera simplement que les travaux du Second Empire (digues et pont métallique) ne purent que nuire beaucoup à la stabilité de l'ancien rhénomètre. Celui qui était encore en place dans les années 1980 était un vestige que l'on avait dû, vaille que vaille, adapter aux nouvelles infrastructures de défense.

Il suffira, pour cette section, de reproduire ci-dessous les plans, élévations et coupes de ces infrastructures, digues dites insubmersibles et nouvel embarcadère à l'emplacement des structures antérieures ou superposées à elle. Construites entre 1864 et 1867, elles subsistèrent jusqu'à nos jours, avant nouvelle transformation au XXI^e siècle.

Auteur : Georges PICHARD



Fig. 13 Reconstruction du vieux port d'Arles entre la Porte des Prêcheurs et la rue Bandanoni. Dessin des ouvrages. Arles, le 27 juin 1863 (AD Rhône, S 1453).

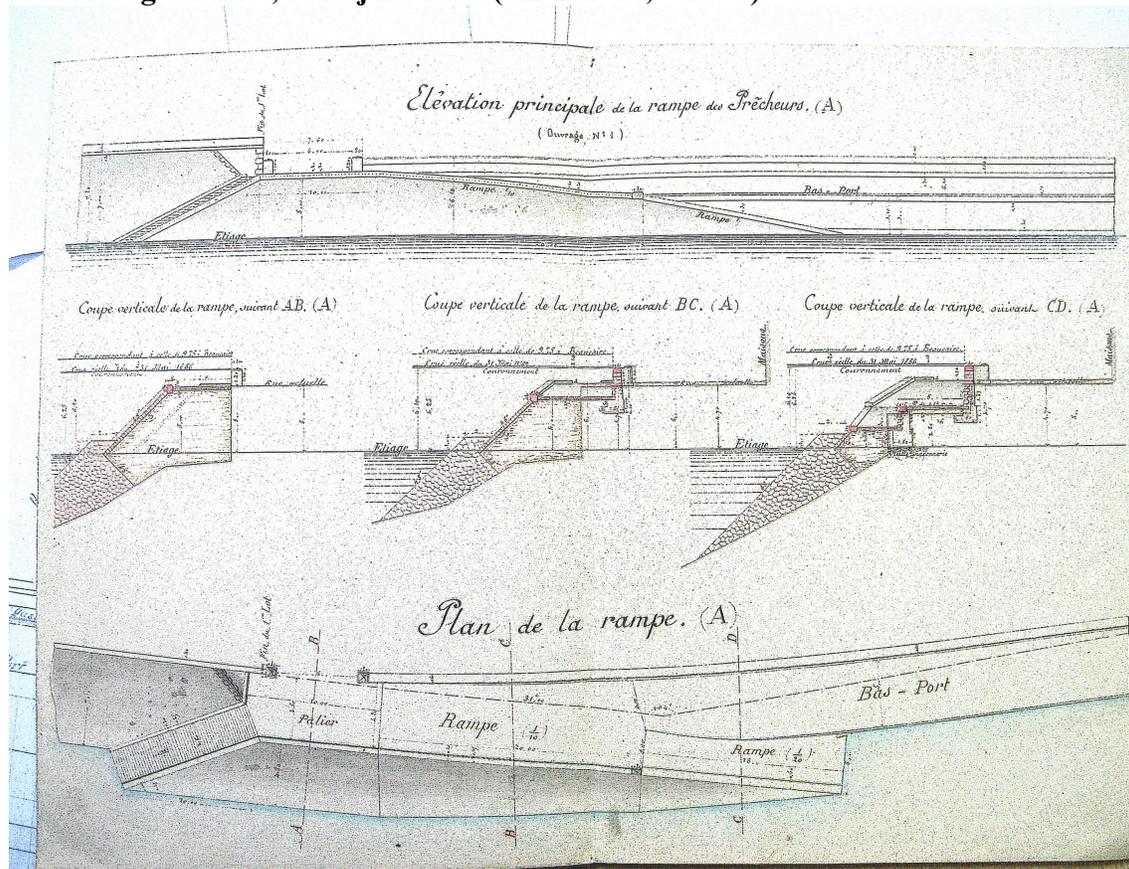


Fig. 14 La permanence, jusqu'à nos jours, des travaux d'endiguement du Second Empire. Section non encore rénovée à gauche, montrant l'état de la rampe des Prêcheurs et sous l'église Saint-Martin à droite, l'emplacement des anciens escaliers du port dont une trace subsiste au ras des eaux. Extrait d'une photo publiée dans *Les quais d'Arles. Un patrimoine face au Rhône*. Brochure d'une exposition organisée par la Ville d'Arles et le Symadrem.



Auteur : Georges PICHARD



E. Les altitudes relatives des diverses échelles d'Arles

Le préalable historique portuaire, comme des quais et digues d'Arles étant posé, dans ses lignes principales, il faut donc en tirer les conclusions les plus rigoureuses possibles quant aux rapports des différentes échelles mises en usage pour les mesures du fleuve, mais aussi des altitudes.

Comme on a pu les présenter rapidement au début de cet exposé, les systèmes de nivellement se sont succédé depuis le début du XIX^e siècle, jusqu'au plus récent encore en usage, le NGF.IGN 1969. Dès l'abord, il faut faire un choix afin d'éviter les confusions qui sont permanentes dans ces questions, surtout lorsqu'elles demeurent non explicites. La plus grande partie de nos sources du vingtième siècle s'en tiennent au Nivellement Général de la France dit de Lallemand, tout en mentionnant l'équivalence avec l'ancien nivellement Bourdalouë. Même si les plus récentes mesures sont données en rapport avec le nivellement IGN orthométrique et dynamique, **il a fallu s'en tenir au système Lallemand**, lui aussi orthométrique, mais reposant sur des évaluations théoriques de la surface équipotentielle. C'était un moyen terme, afin de rattacher les plus anciennes mesures à notre disposition à un nivellement général connu, quitte à passer par la suite au système en usage actuellement.

Pour passer directement au NGF69, il eut fallu pouvoir mesurer directement par G.P.S. les vestiges encore en place des anciennes échelles. Or ces vestiges ont soit disparu complètement, soit ont été déplacés à une date inconnue. Ainsi en a-t-il été du vieux rhônomètre en bois attaché au mur du quai près du pont d'Arles, sur l'emplacement approximatif de l'ancien pont de bateaux. Découvert par nous-mêmes sur le quai inférieur dans les années 1980, il a été depuis mis en sûreté dans les salles du Museon Arlaten à Arles. Grâce aux traces laissées sur la muraille et aux crochets, on a pu déterminer la position du zéro à l'altitude de 1 m 23, soit l'altitude NGF.IGN 69 de l'échelle et du limnigraphe C.N.R. en rive droite de Trinquetaille.

Fallait-il s'en tenir à cette conclusion et constater une très remarquable permanence des altitudes d'échelle de 1808 à nos jours ? Cela ne cadrerait pas du tout avec des indications précises fournies par les sources. Notamment, le décalage de 10 ou 12 cm, en contrebas, entre ce rhônomètre et l'échelle de l'écluse d'Arles qui lui succéda en 1854. Cette dernière, on va le voir, nous est connue avec précision par toutes les sources d'observations, de cette date jusqu'à la seconde moitié du XX^e siècle, avec une remarquable permanence et fixité de repérage du zéro.

Une autre hypothèse semble s'imposer. Ce fameux rhônomètre historique du pont de bateaux a tout simplement été mis en accord avec les mesures "officielles" des Ponts et Chaussées prises à l'écluse d'Arles (Canal d'Arles à Bouc) et avec les échelles ou limnigraphe de la C.N.R. Cette décision éventuelle reste encore à trouver. Mais il vaut mieux tenter de résoudre la question d'une autre manière, en s'appuyant sur les sources archivistiques et les témoignages, aussi rares fussent-ils.

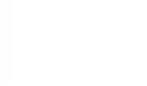
L'altitude du zéro des échelles : étude régressive

1. Limnigraphe C.N.R. et échelle "visuelle" du quai de Trinquetaille rive droite.

Mise en service : **1963** (date indiquée au témoignage d'un ancien employé du bureau d'affrètement Voies Navigables de France (VNF), anciennement Service de la Navigation. Sous réserve de confirmation)

On doit noter **qu'une échelle plus ancienne** a dû précéder l'échelle ci-dessus. Elle est mentionnée au P.K. 282,600 et l'altitude du zéro n'est déductible que par l'altitude de la crue de 1856 (voir tableau 1) : à 7 m 29 dans les plus anciens nivellements (soit 7 m 29 – 5 m 58 = 1 m 71) ; 7 m 43 dans le

Auteur : Georges PICHARD



nivellement Bourdalouë du Rhône de 1857 (soit zéro à 1 m 85) et dans le NGF Bourdalouë : 7 m 09 (zéro à 1 m 51).

P.K. 282,600

Altitude du zéro NGF.IGN 69 : **1 m 23**. Remarque : les plus récentes feuilles d'observations de l'échelles d'Arles (début des années 1970) indiquaient 1 m 27. La différence est imputable à la référence à l'ancien NGF Lallemand 1884.

Fig. 15 *Limnigraphe et échelle visuelle de la CNR face au pavillon VNF, quai Trinquetaille, en rive droite du grand Rhône, à Arles. L'échelle culmine à 6 m 00 au sommet. En 1994 l'eau surmonta le mur vertical d'une quarantaine de cm (témoignage oral). En 2003 périrent les belles archives d'observations hydrologiques en raison de la grande inondation. (photo K.F. juillet 2012).*



2. Echelle située au débouché du Canal d'Arles à Bouc, bief de l'écluse, face au pavillon dit des Ingénieurs.

Mise en service : **15 septembre 1854**. C'est la mise en service quotidienne effective. Mais l'échelle avait été installée bien avant puisque Surell en fait état en 1847 dans l'extrait encadré cité ci-dessus.

Fin de service : **1963**. Lors du comblement du bief, suite à la construction du pont autoroutier. Le nouveau bief plus en aval comporte une échelle qui n'est plus en usage.

P.K. 283,00

Auteur : Georges PICHARD



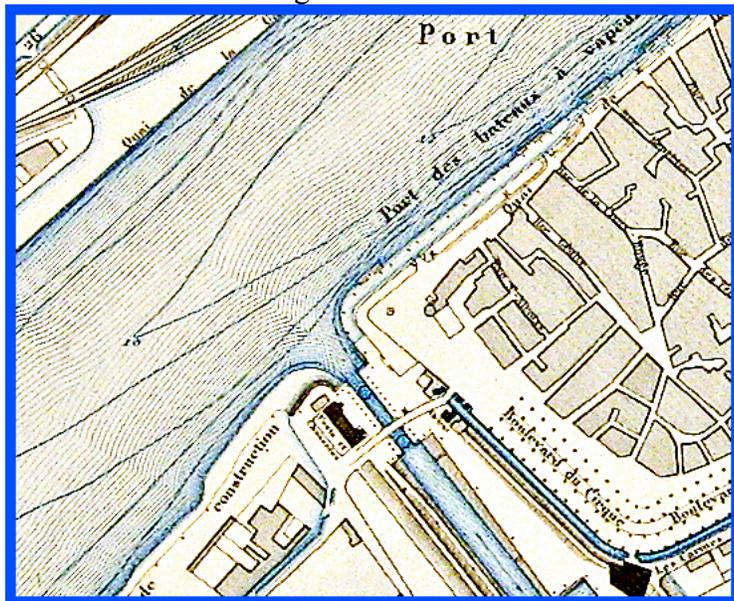
Altitude du zéro : **1 m 28** (Système NGF Lallemand). Auparavant, le zéro était évalué à **1 m 39** dans le NGF Bourdalouë (en rapport au trait 0 m 40 du marémètre de Marseille, selon la décision de janvier 1860). Le même Bourdalouë mettait ce zéro à **1 m 73** lors de son nivellement du Rhône en 1857, en rapport avec les basses mers à Marseille (zéro réel du marémètre situé sur une plaque de marbre au pied du fort Saint-Jean, rive nord du Vieux Port actuel, totalement disparue depuis). Des pièces d'études provenant des services des Ponts et Chaussées avaient auparavant situé ce zéro à **1 m 59**, selon un système de référence non connu. L'ingénieur Poulle affecté à la ville d'Arles et à la Camargue donnait, lui, l'altitude de **1 m 88**, en rapport avec les basses mers à Bouc¹⁰. On s'en tiendra donc, comme convenu précédemment, à l'altitude dans le NGF Lallemand.

Fig. 16

Le site de l'écluse du Canal d'Arles à Bouc. Le bief fut comblé dans les années 1960 et détourné vers un débouché situé plus en aval. Près du débouché, le pavillon dit des Ingénieurs, qui était dit "en face" de l'échelle, en fonction de 1854 aux premières années 1960.

Parallèle au canal, l'émissaire terminal du canal de Craponne, dit aussi canal de la Durance, souterrain dans son débouché au fleuve.

Réf. voir ci-dessous Fig. 17.



3. Echelle appelée rhônomètre du pont de bateaux.

Mise en service : entre 1806 et 1808. Les observations quotidiennes remontent aux années 1820.

Fin de service : le relevé des observations quotidiennes dura jusqu'au 14 septembre 1854.

P.K. : 282,000

Altitude du zéro : **1 m 38** (NGF Lallemand). Cette cote d'altitude a été obtenue par déduction, à partir de l'échelle précédente, celle dite de l'écluse du canal Arles Bouc. En effet, les feuilles d'observations nous apprennent que le 15 septembre 1854, on passa à cette échelle de l'écluse, dont le zéro était situé

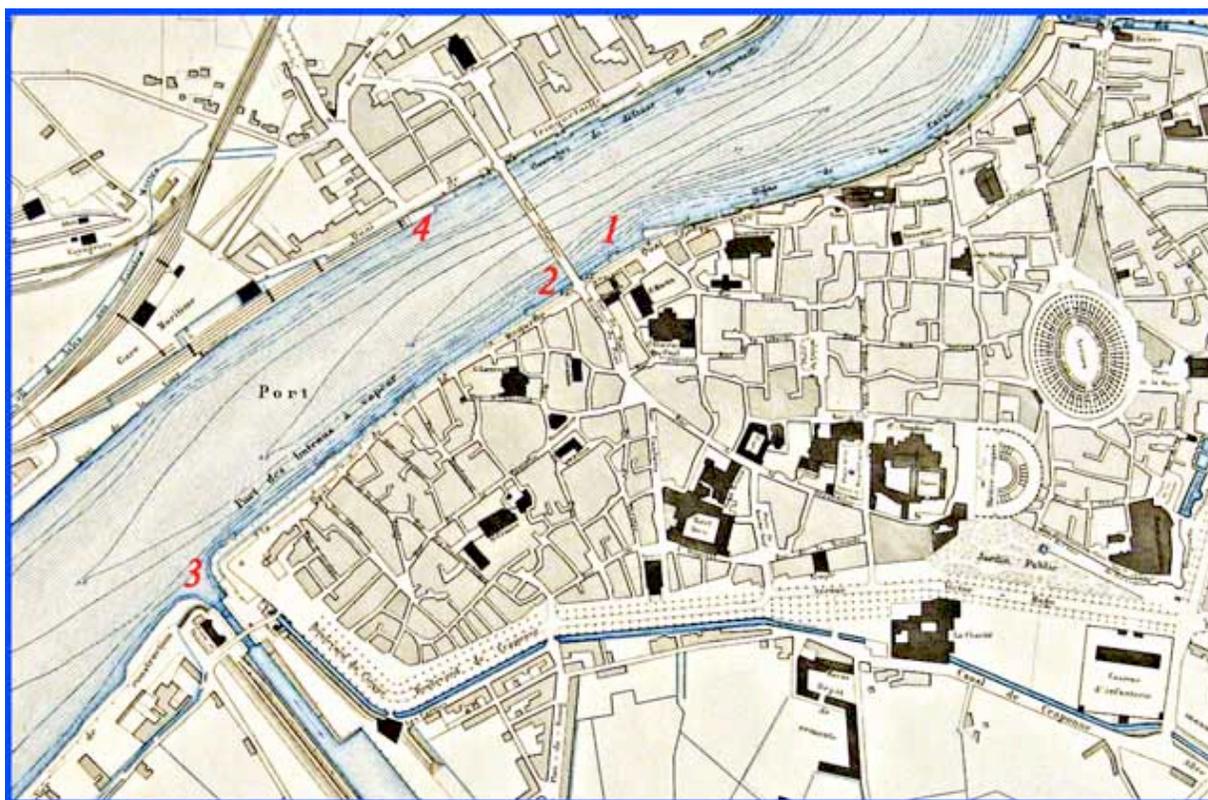
¹⁰ En 1857, Bourdalouë avait déterminé la différence entre les basses mers (zéro des marémètres) entre Marseille et Bouc et trouvé seulement 3 mm en contrebas à Bouc. On ne sait à quel "basse mer" ou quel repère du zéro se référait l'ingénieur Poulle pour trouver 1 m 88, contre les 1 m 73 trouvés par Bourdalouë lui-même, en 1857 par rapport au zéro des basses mers de Marseille, soit 15 cm de différence.

Auteur : Georges PICHARD

12 cm en contrebas et qu'il convenait d'augmenter d'autant toutes les mesures prises précédemment au rhônomètre du pont. Cependant, en 1857, Bourdalouë, dans son nivellement du Rhône ne trouva une différence de niveau que de 10 cm. C'est finalement ce dernier nombre qui a été choisi (1 m 28 + 0 m 10 = 1 m 38).

Comme il a été dit précédemment, l'échelle en bois encore en place dans les années 1980 paraît avoir été le vestige de cet ancien rhônomètre du XIX^e siècle, mais il y a de fortes probabilités pour que l'on ait, à une date inconnue, ramené son zéro à celui qui était en usage, soit à l'échelle du canal Arles-Bouc, soit à celle installée en rive droite, presque en face. Une mesure G.P.S. sur les traces murales, en rapport avec la photographie d'époque, a donné un zéro se situant à 1 m 23. Le pied de cette échelle reposait sur le bas port et une autre portion, mais métallique et qui subsiste, plonge dans le fleuve en bordure de ce bas port. Ce détail pourrait confirmer des remaniements postérieurs à l'utilisation régulière de cette échelle dans la première moitié du XIX^e siècle.

Fig. 17 Plan de situation des principales échelles à Arles (extrait du plan d'Arles dans *Atlas des Ports Maritimes de la France*, 1891). Numérotation des échelles par ordre chronologique.



1. Echelle des escaliers du port embarcadère
2. Echelle dite rhônomètre, en face de l'ancien pont de bateaux
3. Echelle dite de l'écluse du canal d'Arles à Bouc
4. Echelle et limnigraphe du pavillon des VNF en rive droite

Auteur : Georges PICHARD



4. Les escaliers du port-embarcadère d'Arles en tant que repères hydrométriques et l'"échelle hydraulique" virtuelle calculée par Pierre Véran (Annexe II).

Mise en service : les escaliers du port ont été mis ou remis en état autour de 1608. Les 17 marches servirent de repères, ainsi que l'anneau. Ce ne fut qu'en 1696 que furent apposés sur le mur latéral les repères métalliques dits petit bouton, gros bouton et fleur de lys.

L'échelle hydraulique de Pierre Véran qui s'attacha à fournir des mesures précises de ces objets et de leurs distances respectives est datable approximativement de 1805-1806. Elle n'eut pas, en tant que telle, de réalisation matérielle, mais conserve une grande importance pour la mesure des crues, en raison du soin que prit l'auteur à mesurer précisément les hauteurs de crues historiques connues par les marques, disparues depuis.

Fin de service : progressive entre 1806 et 1816. La Commission centrale des Associations territoriales d'Arles et des Saintes-Maries-de-la-Mer joua un rôle dans la préférence donnée depuis 1806 à l'échelle rhônométrique.

P.K. 282

Altitude du zéro (seul le zéro de l'échelle virtuelle Véran est ici en cause) : **1 m 13 (NGF Lallemand) ou 1 m 08, même référentiel, pour tenir compte des textes d'Eyminy.**

Justification – Preuves historiques – Données des mesures in situ

En absence de tout vestige, sauf un, de ce passé lointain des mesures hydrologiques du Rhône, il est nécessaire de tirer le meilleur parti des traces, elles-mêmes rares, laissées dans les archives et les journaux ou mémoires personnels.

Il a fallu plusieurs recherches pour démêler les contradictions apparentes de ces témoignages qui, en réalité, se rapportaient à des échelles différentes ou déplacées en raison de tâtonnements des débuts. En particulier, en 1806, entre l'échelle de l'ingénieur de Fougères, utilisée faute de mieux par son collègue R. Gorsse, et le vrai rhônomètre dit du pont qui, on va le constater, fut installé entre 1806 et 1808. En effet, la première mention du rhônomètre du pont est contenue dans un mémoire relatant des faits arrivés en 1808, lequel rhônomètre n'existait pas encore lors du mémoire de l'ingénieur Gorsse en 1806. Il s'agissait de faire le nivellement des marais de Salliers, près du petit Rhône, que l'on projetait d'assécher. Bien que peu enthousiastes pour ce projet, les responsables de la Commission centrale des Associations territoriales d'Arles firent l'éloge du soin pris à ce nivellement. On cite ci-dessous ce premier texte essentiel :

BM Arles, ms 866 (N°2) Mémoire sur la possibilité de dessécher les Marais de Salliers en Camargues, Territoire d'Arles, département des Bouches-du-Rhône, fol. 16-17, s.d. [1808]

Au moment de l'arpentage des Marais, le Rhône était à 7 décimètre au-dessus du zéro de l'échelle servant de rhônomètre contre le Pont du côté du quay d'Arles où que prenant une autre base à l'ancien rhônomètre, les eaux étaient à 3 mètres 6 décimètres 5 centimètres au-dessous du Gros Bouton contre le quay.

Si l'on s'en tient à ces rapports de hauteurs, le "rhônomètre" du pont en 1808 avait son zéro **25 cm (un pan) plus bas** que le zéro adopté par Pierre Véran pour son échelle hydraulique : le niveau du Rhône était à 0 m 70 pour le premier quand le second n'indiquait que 0 m 45. On était au tout début de l'installation d'une échelle métrique. Or, 8 ans plus tard, ce rapport était nettement inversé, le zéro du rhônomètre du pont se situait alors **25 cm plus haut** que le zéro Véran. Voici les textes qui confirment ce renversement, toujours pour le rhônomètre du pont de bateaux. Ils sont issus du journal météorologique du grand propriétaire Eyminy, lequel siégeait aussi à la Commission centrale des Associations :

Auteur : Georges PICHARD



BM Arles, ms 806 Journal d'Eyminy (1816)

10, mercredi et 11 Le Rhone grossissant toujours assez vite. 12 vendredi Il a fait des averses à 6 heures de matin. Le Rhone étoit a 4 travers de doit du petit bouton. Il croissoit toujours asses vitte. A 10 heures du soir, il étoit au-dessus de la fleur de lis et au second décimètre en dessus des 4 mètres du Rhonomètre, placé en dessous et contre le pont. A 10 heures il a fait une averse qui a asses duré et quelques tonnerres. 13 samedi A 6 heures du matin le Rhone avoit diminué d'environ 2 pouces il a diminué dans la nuit de 8 pouces. Le matin il étoit au petit bouton. 14 dimanche : le Rhone diminuant le soir a 7 heures il étoit a un quart de pan sous le gros bouton et à 3 mètres 8 décimètres au rhonomètre.

Seules nous intéressent ici les mentions du 12 et du 14 avril. La première, celle du 12, montre que le zéro de l'échelle Véran serait plus bas de près de 29 cm de celui du rhonomètre. Il est vrai que dès 1806, Gorse avait constaté que la fleur de lys était très dégradée (suite de la Révolution ?) et qu'on ne pouvait pas compter y prendre des mesures exactes. Le 14, la différence des deux échelles est d'environ 25 cm ou un pan : [411 cm – 6,25 (un quart de pan) = **404,7 cm** sur l'échelle Véran contre **380 cm** sur le rhonomètre]. Cette fois, le repère est le gros bouton, qu'on peut supposer en meilleur état. **Cette différence de niveau de 0,25 m a été finalement adoptée** comme plus conforme aux données obtenues par ailleurs, aussi bien les mesures effectuées par Bourdalouë en 1857 que celles obtenues sur le terrain concernant l'altitude des anciens quais, repère matériel qui se révèle le plus accessible.

Une mesure G.P.S. a été effectuée le 5 juillet 2012 sur la chaussée de la rue du quai Max Dormoy, juste en face du lieu où se trouvaient les escaliers du port. Elle a donné 6 m 10 NGF.IGN 69. Or, cette rue qui jouxte un vestige de l'ancienne muraille n'a pas pu surmonter considérablement l'ancienne rue qui prolongeait à niveau le quai mesuré par Pierre Véran sur son échelle. De vieilles maisons du XIX^e siècle et un peu plus loin l'ancienne église de la paroisse Saint-Martin ont leurs bases sensiblement au même niveau. On admet donc une surélévation de la chaussée de 10 à 15 cm seulement. L'altitude de l'ancien quai à son couronnement serait donc de 6 m ou 5 m 95. La cote donnée par Véran est à 4 m 87 de son zéro. On a donc :

Pour 10 cm en trop $6,00 - 4,87 = 1,13$ mètre

Pour 15 cm en trop $5,95 - 4,87 = 1,08$ mètre

La cote d'altitude de 1 m 13 pour le zéro de l'échelle Véran confirme donc la même cote donnée au début de ce paragraphe, obtenue en abaissant de 25 cm la cote établie auparavant pour le zéro du rhonomètre ($1\text{ m }38 - 0\text{ m }25 = 1\text{ m }13$). L'incertitude sur le niveau précis de l'ancien quai dissimulé par la rue actuelle fait qu'une différence de 3 à 4 cm demeure, laquelle correspond aussi à la différence moyenne à Arles entre les cotes NGF Lallemand et celles du NGF.IGN 69. Cette incertitude portant seulement sur quelques centimètres ne doit pas empêcher de prendre en considération toutes les données mesurées qui se rapportent aux anciennes marques des escaliers du port.

Sur l'altitude de l'ancien quai on dispose d'ailleurs d'autres confirmations anciennes. Les ingénieurs qui rédigèrent le long chapitre consacré à Arles dans *Les Ports maritimes de la France*, tome VII (1897) donnaient comme hauteur du quai supérieur 4 m 80 par rapport au zéro de l'échelle de l'écluse d'Arles. Soit une altitude NGF de $1\text{ m }28 + 4\text{ m }80 = 6\text{ m }08$. On le voit, on est très proche de ce qui vient d'être déduit d'une mesure G.P.S.

Malgré les difficultés inhérentes à l'éloignement dans le temps, à la perte des écrits éventuels associés aux échelles, l'utilisation des données hydrométriques laissées par les plus anciennes archives qui nous sont parvenues, trouve une justification.

Auteur : Georges PICHARD



Les autres échelles : Beaucaire, Avignon et échelles secondaires

En dehors d'Arles, aucun autre site de données hydrométriques ne peut livrer autant d'informations directes sur les hauteurs d'eau du Rhône avant même leur prise en charge par les services publics. Cela n'a pas empêché certains historiens ou même des organismes techniques locaux d'attribuer sinon des hauteurs, du moins des débits, en projetant dans le passé très lointain, jusqu'à la crue et inondation de 1226, des évaluations ne reposant sur aucun élément réel. Entre Orange et la mer, plusieurs sites seront passés en revue. Beaucoup d'échelles ne sont documentées que pour le XX^e siècle. Mais à l'égal d'Arles, le site le plus important est évidemment celui de Beaucaire.

Echelle(s) de Beaucaire

Maurice Pardé, on le sait, commença par approfondir l'étude de ce site hydrologique, pour en tirer une monographie modèle, même s'il revint ensuite sur certaines interprétations. Avant la diffluence à Fourques, Beaucaire enregistre les plus forts débits du bassin du Rhône. La documentation chiffrée y est aussi précieuse et abondante qu'à Arles, mais cependant toujours aussi dispersée et accessible la plupart du temps par copie et non par les feuilles d'observations originales que les organismes gérants n'ont pas su conserver, en raison de transferts permanents d'attributions.

L'échelle de l'écluse du canal de Beaucaire à Sète puis échelle dite du Pont de Beaucaire

Contexte historique : la grande œuvre du canal navigable depuis Beaucaire jusqu'à la mer intéressait depuis très longtemps, depuis l'aube même des temps modernes, les Etats comme l'intendance du Languedoc. La réalisation avait débuté seulement en 1773, interrompue sous la Révolution, reprise en l'an IX et l'ouverture à la navigation effective le 10 Frimaire an XIV (1er décembre 1805). La jonction d'Aigues-Mortes à Sète fut achevée en 1811. Quelques années plus tard commencèrent les observations quotidiennes du Rhône à l'écluse de Beaucaire, du moins celles qui ont été conservées. La Société du Canal de Beaucaire à la mer eut ses heures de gloire, notamment sous la direction de Paulin Talabot. Les archives de l'Hérault conservent le fonds d'archives – très riche – de cette société (série 5 F). On y trouve spécialement les albums donnant les courbes de hauteurs du Rhône, observées à l'échelle de l'écluse de Beaucaire, des années 1820 aux années 1920. En revanche, les observations dites "Etats des eaux" concernent principalement les hauteurs en divers points du canal sur son cours.

Début des observations : 1816

Fin de fonction de cette échelle : fin XX^e siècle. Même si dans la dernière décennie de ce siècle, les observations deviennent discontinues et perdent leur caractère de quotidienneté, le coup de grâce est venu, comme dans le cas du canal d'Arles à Bouc, par la décision d'urbanisme et d'aménagement consistant à combler le bief d'accès au Rhône, à l'entrée de la ville (fig. 18 bis), pour le détourner vers l'aval (Voir photo satellite, fig. 18). La longévité et la stabilité de cette échelle est évidemment exceptionnelle pour le bas Rhône. Au XXI^e siècle, les mesures se font désormais en rive gauche, station de Beaucaire-Tarascon ?

P.K. 267,900

Altitude : **3 m 345** (NGF Lallemand). Auparavant : avant le nivellement Bourdalouë : 3 m 69. Nivellement du Rhône de Bourdalouë (1857) : 3 m 93. NGF Bourdalouë : 3 m 60.

Auteur : Georges PICHARD

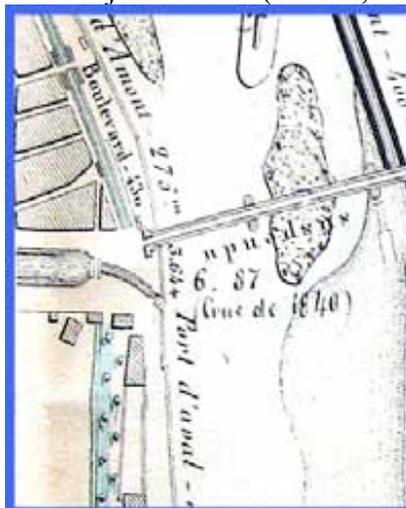


Fig. 18 Photo *Google map satellite*

En haut, partie sud de la ville de Beaucaire bordée du canal du Rhône à Sète. Le débouché dans son prolongement a été comblé et la prise rejetée en aval.



Fig 18 bis : sur l'extrait de plan à droite, côté gauche, l'embranchement du canal de Beaucaire à la mer avec son bief incurvé. D'après un plan du 8 juillet 1857 (ADBR, 5 S 5/10).



Une certaine simplification est faite sur la station dite "historique" de Beaucaire. Dans les milieux professionnels (CNR), on dénomme ainsi l'échelle dite du pont de Beaucaire (P.K. 267,700). Outre qu'il faudrait préciser quel est ce pont (celui du XIX^e siècle ou le pont actuel ?), il faut surtout remarquer que la station historique est bel et bien celle citée ci-dessus, constamment dite "de l'écluse"

Auteur : Georges PICHARD

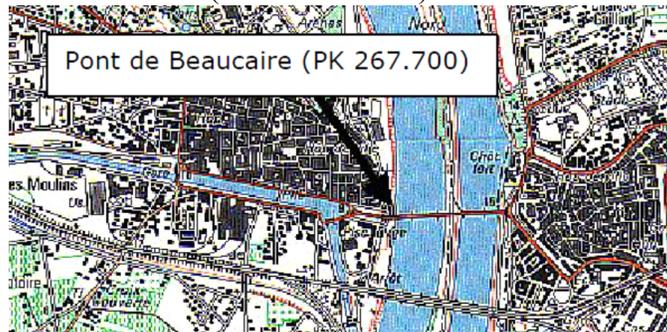


(du canal Beaucaire à la mer), avec l'altitude du zéro constante depuis 1840 au moins, n'ayant changé que le point origine de nivellement.

Aujourd'hui (2013), l'échelle dite du pont de Beaucaire est en effet située près du pont et le zéro paraît inchangé (3 m 38 dans le système NGF IGN69). Le déplacement a dû être effectué lors du comblement et disparition du bief incurvé d'origine (en 1970 ?) et il est vrai que ce déplacement fut minime, mais il resterait à vérifier si une rupture n'est pas perceptible dans la stationnarité des observations. La construction du barrage de Vallabrègues a relégué l'échelle de l'écluse du canal de Beaucaire, devenue échelle du pont de la même ville, à un rôle subalterne non significatif de l'hydrologie du fleuve en cette branche devenue celle dite du "Vieux Rhône". Les mesures sont faites depuis plus en aval, en rive gauche, au lieu dit Restitution.

Station historique : Echelle historique du pont de Beaucaire PK 267,700 de 1840 à 1960 – Relevés de trois cotes par jour (archivés depuis 1845 par le Service de la Navigation) et observation des crues. Cité dans *Conférence de consensus sur le débit du Rhône à Beaucaire pour la crue de Décembre 2003*. Contribution CNR. Pièce 2, Annexe B Historique des stations pages 99/149

Fig. 18 ter Echelle du pont de Beaucaire (document CNR).



Le site de l'échelle de Beaucaire. L'échelle à vue plaquée sur le massif semi circulaire est-elle celle d'origine ou, plus probablement, un matériel plus récent ?

Sur le mur latéral, le limniographe de la CNR.

Auteur : Georges PICHARD

Ce document indique le P.K. à 267,700 alors que les anciens documents indiquent pour le même point 267,600 pour le pont suspendu, situé exactement au même endroit. En réalité, le pont est bien 100 m en amont de l'échelle, là où débouchait l'ancien bief du canal.

L'échelle et limnigraphe de restitution

P.K. 269,600

Altitude du zéro non communiqué, de même que les documents techniques et les relevés d'observations, sinon les débits estimés.

Echelle du pont suspendu

P.K. 268,000

Signalée pour mémoire car elle n'eut pas de réelle fonction hydrométrique. Les journaux de la première moitié du XX^e siècle mentionnent les hauteurs de cette échelle en parallèle avec l'échelle dite "officielle", celle de l'écluse du canal. Certains documents mentionnent une échelle dite "du pont" (de bateaux ?), au P.K. 267,610.

Echelle dite du pont de Beaucaire

P.K. 267,700

Echelles d'Avignon

Pour l'administration des Ponts et Chaussées, l'échelle d'Avignon, bien que périodiquement informée et observée quotidiennement, n'a semble-t-il, jamais été hissée au rang de station fondamentale. Il y avait deux bras entre Avignon et Villeneuve : le "Petit Rhône" d'Avignon et le bras de Villeneuve. A-t-il existé un système rudimentaire de mesures des hauteurs d'eau avant l'introduction d'échelles métriques ? Les archives, comme la documentation manuscrite et imprimée, surabondantes, n'en offrent nulle trace. Des repères beaucoup plus nombreux que ceux qui subsistent de nos jours marquaient les inondations à l'intérieur de la ville. On ne peut que constater, en l'état actuel des recherches, l'absence d'un système ressemblant de près ou de loin à celui existant à Arles. On imagine mal, pourtant, l'absence d'un tel système. Il y avait bien le pont de pierre (Saint-Bénézet) et ses arches, celles qui subsistaient au fil du temps et des effondrements successifs. On observait la montée des eaux jusqu'au niveau de la chapelle Saint-Nicolas (trompe, coquille ...).

Cette curieuse absence de traces dans les archives se double d'allusions, au XIX^e siècle cette fois, à une échelle qui paraît fantomatique, en face est-il dit, du Rocher de la Madone où figurent des marques de crues, d'ailleurs accueillies aujourd'hui avec réserve car toutes du même style et donc non contemporaines des crues elles-mêmes. Cette échelle pouvait-elle échapper en 1856-1857 à l'attention du conducteur Bourdalouë lors de son nivellement du Rhône ? On n'en trouve pourtant pas la trace dans ses tableaux très soignés.

Il existe aux Archives municipales d'Avignon une pièce rapportant les hauteurs d'eau d'une échelle bien répertoriée, celle du pont suspendu. En parallèle, les hauteurs observées "au pont de pierre" qui ne peut être que le pont Saint-Bénézet ou au moins ses environs. Or, l'échelle supposée face au rocher de la Madone se trouve 200 mètres en amont. Ces hauteurs de crues ne sont d'ailleurs pas datées et s'écartent assez les unes des autres dans les cotes inférieures (jusqu'à 3 mètres) pour se rapprocher entr'elles au-dessus de ces cotes, jusqu'à se confondre presque.

Auteur : Georges PICHARD



possible que ces cotes de 1840 aient été ainsi rapportées – après coup – à l'échelle posée sur une des piles du pont construit en 1845.

Ce pont suspendu de 220 m depuis le rivage d'Avignon, se poursuivait vers Villeneuve par le pont de bois, que l'on conserva ainsi jusqu'en 1906 ou 1907 (ci-dessous).

Fig. 19 Vue du pont de bois "à chevalet" lors d'une inondation en 1907. Côté Villeneuve. L'épreuve est endommagée. Source : AC Avignon.



Fig. 20 Vue du pont suspendu sur une carte postale.



Auteur : Georges PICHARD



La mention des événements historiques est totalement hors de propos pour ce pont, dont la construction est très postérieure (1845) aux faits invoqués, surtout à une époque où aucun pont n'était encore construit à cet endroit. La photo est évidemment datable du XX^e siècle.

Le pont suspendu fut détruit en 1940. On le remplaça après la guerre par le **pont de pierre Daladier**. Actuellement, un autre pont en aval est aussi en phase de restauration et d'aménagement sous le nom de **pont de l'Europe**, par la communauté d'agglomération et les Conseils généraux des départements riverains.

Mise en service : des dates précises ne sont pas accessibles dans les documents.

Fin de service : chaque nouveau pont entraîna bien entendu le remplacement de nouvelles échelles, à des altitudes du zéro conservées.

P.K. 242,180

Altitude : **12 m 549** (NGF Lallemand). Dans l'ancien référentiel avant Bourdalouë : 12 m 88. Dans le nivellement du Rhône (1857) du même Bourdalouë : 13 m 02. Dans le NGF Bourdalouë : 12 m 69. En 1857, l'échelle était placée sur la culée droite, côté aval, sur le bras gauche.

Fig. 21

Exemple de feuille d'observations originale, avec en haut à droite les indications d'échelle et d'étiage.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES TRANSPORTS
PONTONS ET CHAUSSEES
SERVICE HYDROMÉTRIQUE et de l'aménagement des crues
DÉPARTEMENT DE VAUCLUSE

Bassin inférieur du RHONE et Bassin de la DURANCE

ANNÉE 1907
Mois de MARS

ALTITUDE NORMALE du zéro de l'échelle. **12 m.549**
de l'étiage **12 m.700**
Le débordement commence à la cote **4 m.00**

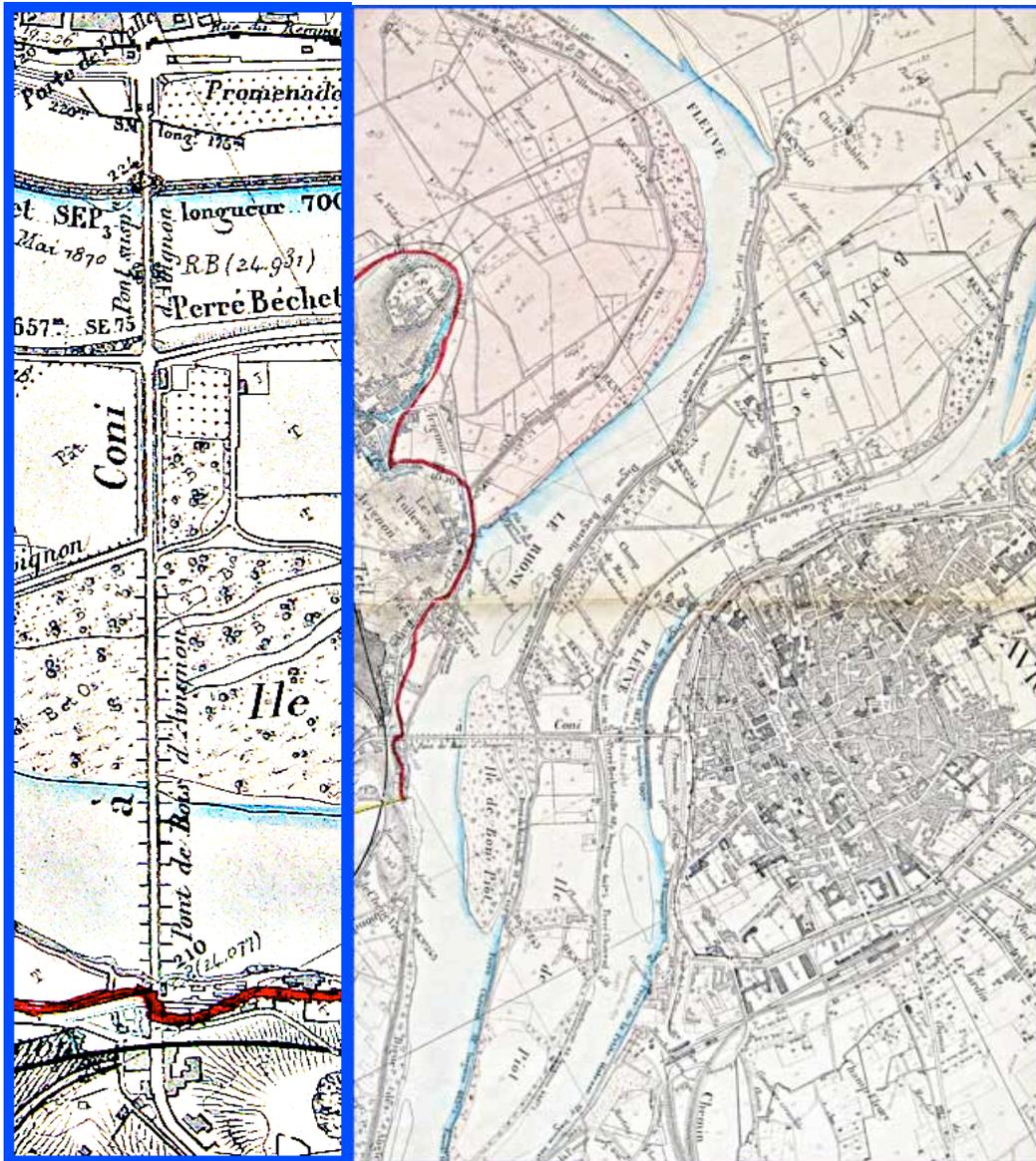
OBSERVATIONS HYDROMÉTRIQUES
Echelle d'AVIGNON sur le RHONE

DATES	OBSERVATIONS ORDENAIRES HAUTEUR D'EAU				ÉTAT DU CIEL	VENT		RENSEIGNEMENTS DIVERS (On mettra sur l'autre page les observations des crues)
	7 heures	12 heures	17 heures			DIRECTION	FORT. MOYEN OU FAIBLE	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	3.22	3.15	3.10		Nuageux	0	Faible	- COTES EXTRÊMES -
2	3.23	3.30	3.32		Clair	N	d	

Fig. 22 et 23 : Plan d'Avignon et ses environs avec, à gauche, le pont suspendu et le pont de bois qui le prolonge. Les cotes sont encore dans le nivellement de la France de Bourdalouë.

Auteur : Georges PICHARD





Sites d'échelles secondaires

Chaque échelle a un rôle essentiel pour la ville ou les riverains. Cependant, la conservation des observations, toujours très partielles, discontinues ou même absentes, rend ces échelles d'un intérêt historique de second plan. Certaines, non citées ci-dessous, eurent des présences épisodiques. D'autres, comme celle de Fourques, auraient mérité une plus grande continuité dans le récolement ou la conservation des observations anciennes. A titre de simple rappel, on peut signaler en dehors et au-delà des limites convenues de la base HISTRHONE, une échelle majeure, celle de **Pont- Saint-Esprit aval** (P.K. 192,4) dont le zéro était à 37 m 08 dans le NGF de Bourdalouë et 36 m 78 dans le NGF Lallemand.

Auteur : Georges PICHARD



Echelle du pont suspendu de **Roquemaure**

P.K.

Altitude : **21 m 48** (NGF Lallemand) et 21 m 67 (NGF Bouedalouë).Echelle d'**Aramon pont**

P.K.

Altitude : **8 m 19** (NGF Lallemand) et 8 m 31 (NGF Bourdalouë).Echelle d'**Aramon village**

P.K.

Altitude : **7 m 79** (NGF Lallemand) et 7 m 92 (NGF Bourdalouë).Echelle de **Vallabrègues village**

P.K.

Altitude : **5 m 71** (NGF Lallemand) et 5 m 92 (NGF Bourdalouë).Echelle de **Vallabrègues Bac**

P.K.

Altitude : 4 m 55 (NGF Lallemand) et 4 m 66 (NGF Bourdalouë).

Grand RhôneEchelle de **Mas Thibert**

P.K. 300,000

Altitude : **0 m 48** (NGF Lallemand) et 0 m 66 (NGF Bourdalouë).Echelle de **Barcarin**

P.K. 316,2

Altitude : ? 0,00 dans le NGF Bourdalouë.

Echelle de la **Tour Saint-Louis**

P.K.

Altitude : **-0,576 m** (NGF Lallemand) et -0,59 m (NGF Bourdalouë).**Petit Rhône**Echelle du **Pont de Fourques**Contexte : première station sur le petit Rhône, Les observations anciennes ont été conservées pour quelques années au XIX^e siècle et de façon plus continue au XX^e siècle.

P.K. 281,015

Altitude : **1 m 234** (NGF Lallemand) et 1 m 36 (NGF Bourdalouë).Echelle du **Pont de Saint-Gilles**P.K. 297,245 Altitude : **-0,226** NGF Lallemand et -0,006 m (NGF Bourdalouë).Echelle du **Château d'Avignon**

P.K.

Altitude : **-1 m 17** (NGF Lallemand) et -0 m 33 (NGF Bourdalouë).**ANNEXES DOCUMENTAIRES****ANNEXE I : Les recherches de l'ingénieur Gorsse**

Auteur : Georges PICHARD



Présentation des extraits

Trouver le bon étiage du Rhône et le bon zéro d'échelle

Le problème qui est énoncé pour ce paragraphe se posa dans les premières années du XIXe siècle et, par ricochet, c'est aussi le nôtre, en raison de la pénurie de documents adéquats qui a déjà été signalée.

Les années 1806 et immédiatement suivantes furent le tournant essentiel vers la définition d'une véritable échelle du Rhône. Les circonstances y poussaient avec insistance. Non seulement la persistance des crues, dont celle de 1801, qu'observa avec beaucoup de soin Pierre Véran, mais aussi en raison de la vigoureuse réorganisation des Associations territoriales d'Arles et des Saintes- Maries-de-la-Mer, ainsi que leur direction centralisée dans une Commission centrale. La bonne gestion des digues territoriales exigeait une définition précise des altitudes de crues, donc un nivellement soigneux tout au long, par exemple, de la cinquantaine de kilomètres du petit Rhône jusqu'à la mer. Une deuxième circonstance imposa des études topographiques et altitudinales avec des techniques modernes, par rapport aux anciens grands travaux de la tradition d'Adam de Craponne et de Jean Van Ens, au début des temps modernes. Après tant d'années de gestation et d'indécision, il semblait que le projet d'un canal évitant les embouchures toujours incertaines, pouvait entrer dans une phase de réalisation. Il était indispensable de mener d'abord les travaux d'approche et d'expertise de terrain et pour cela disposer de repères fondamentaux alors inexistantes. Deux ingénieurs furent au centre des études : Ange Alexandre Bondon (1753-1840) qui s'occupait plus spécialement des problèmes de dessèchement des marais et surtout Raymond Gorsse (1775- 1843) qui a laissé de longues études sur ses travaux de nivellement, dont il présente ainsi les objectifs :

"Le projet du Canal d'Arles exige des observations sur la pente générale du terrain sur lequel il doit être établi, sur les inondations auxquels ce terrain est sujet, sur les différences de niveau qui existent entre l'étiage du Rhône et l'étiage des eaux qui commandent ce fleuve vis-à-vis les points projetés de débouché du canal sur le chemin que les bâtiments parcourent dans le lit du Rhône, sur les variations de ce chemin, sur le temps employé à parcourir les différentes longueurs du Rhône, sur les difficultés que l'on éprouve en descendant et en remontant le fleuve, sur l'époque de la plus grande activité de la navigation, sur les moyens de reconnaître quels sont les affluents qui occasionnent les crues du Rhône, sur les vents dominants, sur la quantité de navigation qui se fait sur le Rhône, &c, &c¹¹".

L'apport de l'ingénieur Gorsse étant essentiel et le seul d'une assez bonne précision que l'on possède, il est indispensable de reproduire exactement les opérations qu'il rapporte pour cette période qui reste encore celle des tâtonnements. Il rapporte l'existence en 1806 de trois échelles du Rhône :

- **L'échelle des escaliers du port** en rive gauche, celle de la ville
- **Une échelle en aval du pont de bateaux, installée par M. de Fougères** sur cette rive gauche, que Gorsse utilisa. Le zéro est connu : il se situait à 41cm 4 au- dessus de celui de l'échelle virtuelle de P. Véran, soit à l'altitude NGF Lallemand de 1 m 54. Evidemment trop élevé, le plus haut en altitude de toutes les échelles historiques et présentes à Arles.
- **Une échelle dite en pans**, mesure encore familière en 1806, installée par les entrepreneurs du pont de bateaux, mais en rive droite, côté faubourg de Trinquetaille, que préféraient les marins.

¹¹ "Rédaction de plusieurs faits d'observation relatifs au projet de canal d'Arles" (ADBR, 5 S 10/10).

Auteur : Georges PICHARD



Voici de très larges extraits du mémoire de Gorsse, dont on essaiera de tirer les principaux apports à la suite :

Etiage du Rhône

Les inondations du Rhône ont forcé le lieu à avoir une espèce de rhônomètre pour le mettre en garde contre les irruptions du fleuve. Ce rhônomètre est placé au 1er escalier en amont du pont. Il est composé d'une barre de fer verticale sur laquelle sont deux boutons et une fleur de lys.

Le gros bouton désigne ou désignait le moment où le Rhône était au niveau des ségonaux, c'est-à-dire le moment où il affleurait le terrain qui est entre son lit et les chaussées.

Le petit bouton indiquait le moment où il fallait faire des préparatifs pour surveiller les chaussées.

La fleur de Lys désignait celui où l'on donnait les ordres pour renforcer les parties de chaussée qui auraient pu être surmontées par le fleuve. Alors, on faisait travailler nuit et jour afin d'éviter l'irruption.

Le gros bouton d'après les Arlésiens est à 14 pieds et demi au-dessus des plus basses eaux.

Niveau au dessus duquel on établit les prises d'eau

L'escalier contre le mur duquel est établi le gros bouton sert encore d'indice aux Arlésiens pour l'établissement de leurs prises d'eau au Rhône. La 17e marche est le niveau au-dessous duquel ils les établissent. J'ai vu le Rhône à 0 m 81 au-dessous de ce 17e escalier qui m'a servi pendant longtemps de repère.

Mr de Fougère a fait placer une échelle en aval du pont de bateaux sur la gauche de la rivière et du pont, elle a 4 m 60 de longueur, il m'a dit qu'il fallait encore abaisser cette échelle pour parvenir au zéro au niveau de l'étiage ; quoi qu'il en soit, je vais donner mes résultats de nivellement par rapport à cette échelle, et je ferai part des renseignements qui m'ont été donné pour la mesure de son abaissement.

Point sur l'échelle du gros bouton

J'ai trouvé le milieu du gros bouton plus bas que la tête de l'échelle¹² de 0 m 904, puisque l'échelle a 4 m 60, le gros bouton répond à 3 m 696 de l'échelle, rapport concordant avec celui de 14 pans et demi à 14 millimètres près.

Le petit bouton est plus haut que le gros, la distance prise entre les centres = 0 m 255. Il répond à 3 m 951 de l'échelle, je n'ai pas pris la fleur de lys parce qu'elle est dégradée.

Arès avoir fait cet [sic] opération, j'ai été chez l'ouvrier chargé d'ouvrir ou de fermer, suivant les circonstances, la vanne ou Martelière au Rhône de la Roubine du Roi. Je lui ai demandé si le niveau du radier sur lequel repose la vanne lorsqu'elle est fermée, répond au niveau des plus basses eaux du fleuve. Il m'a répondu que le niveau de ce radier était environ un pan plus haut que le Rhône bas à son extrémité.

Niveau du radier de la Roubine du Roi par rapport au zéro de l'échelle

J'ai pris la différence de niveau de ce radier au zéro de l'échelle. J'ai trouvé le radier plus haut de ce zéro de 0 m 343, d'après le rapport ci-dessus je n'aurais dû le trouver plus haut que de 0 m 255.

¹² L'échelle dont parle Gorsse est celle de M. de Fougères (voir ci-dessus), la seule qu'il avait sous les yeux, malgré les défauts qu'il dénonce. Le rhônomètre du pont n'était donc pas encore installé.

Auteur : Georges PICHARD



Mr Bray [sic pour Bret] **Etiage du Rhône d'après Mr Bray** Il reste à discuter de combien il faut baisser l'échelle pour avoir le zéro réel. J'ai consulté pour cet objet Mr Bray qui fait des observations physiques sur tous les phénomènes qui se présentent à Arles. Nous avons parcouru ses registres du Rhône depuis 1783 jusqu'en 1806. Il m'a donné pour les plus forts abaissements du Rhône observé, 14 pieds au-dessous de la surface du quai¹³.

Etiage de Mr Bray rapporté à l'échelle

Cette hauteur de 14 pieds rapportée à notre échelle exigerait qu'on abaissât le zéro de 0 m 091 millimètres.

Avis du capitaine du port d'Arles

Le Capitaine du port m'a dit qu'on pourrait encore baisser l'échelle de 4 pouces ou de 0 m 108, ce qui se rapporte avec l'observation de Mr Bray. Je n'ai pu encore consulter Mr Astruc sur cet objet. Du reste, il est encore un moyen de vérifier l'exactitude du zéro à Arles. C'est de comparer notre zéro actuel avec celui que l'on a pris à Beaucaire pour la détermination du projet du nouveau canal.

Moyen de vérifier le zéro de l'échelle

Le Rhône se soutient quelquefois pendant plusieurs jours dans un état permanent. Je profiterai de l'un de ces jours pour faire une contre vérification de notre zéro en observant en même temps la hauteur du Rhône à Beaucaire et à Arles. En attendant que cette vérification soit faite, je rapporterai toutes les hauteurs des eaux au zéro actuel.

Etiage du Vigueirat

Les eaux du Vigueirat à la hauteur d'Arles, intéressant le projet du Canal, j'ai cherché à déterminer la différence de niveau entre le radier de la Martelière Enz sur le Vigueirat et celui du débouché de la Roubine du Roi dans le Rhône. Ma cote sur ce dernier radier a été 2 m 67. Celle sur le 1^{er} a été 2m51.

Différence de niveau entre l'étiage du Vigueirat et l'étiage du Rhône

La différence de niveau entre ces deux radiers = 0 m 16, il y a toujours sur le radier d'Enz au moins 0 m 30 d'eau de plus d'après le nivellement le radier de la Roubine du Roi serait plus haut que le zéro de l'échelle de 0 m 343, donc la différence de niveau entre les basses eaux du Vigueirat prises à la Martelière Enz, et les basses eaux du Rhône prises au zéro de l'échelle égale 3 m 803 (Voyez le profil N° 2). D'après les renseignements que l'Eygadier m'a donné, on ferme la martelière du roi lorsque l'eau est à 0 m 80 au-dessus de zéro.

Canal de Craponne

Un autre nivellement intéresse le projet du Canal d'Arles à la hauteur de la ville d'Arles. C'est celui qui fixe la différence du zéro de l'échelle et le plafond du Canal dérivé de la Durance qui alimente le moulin de la Rouquette.

Différence de niveau entre le plafond du Canal de Craponne et l'écluse du Rhône

¹³ 14 pieds = 453,6 cm = 4 m 54. Si Gorsse avait pu consulter les écrits de Pierre Véran, il aurait certainement constaté des "abaissements" plus importants. Ces 4 m 54 expliquent la hauteur des quais donnés [Cf. fig. 7].

Auteur : Georges PICHARD



J'ai trouvé de ce plafond pris contre la vanne du moulin et par conséquent sur le radier immédiat à la chute une hauteur de 2 m 953 au-dessus du zéro de l'échelle. Il y aurait sur le plafond du Canal 1 m 49 d'eau (Voyez le profil N°3).

Inconvénient de l'échelle

Le canal dérivé de la Durance ne fournit pas assez de limon pour que les bords du fleuve s'en ressentent encore sur elle. Ces différentes saillies occasionnent un regonfle et un remous tels que, lorsque les eaux du Rhône sont élevées, on ne peut prendre la hauteur de l'eau qu'à un décimètre près. L'échelle est adossée au quai, et comme le quai est incliné, elle offre encore dans cette position une autre source d'erreur qui donne environ sur la longueur totale de l'échelle 22 millimètres de différence. Cette différence nécessiterait une correction au zéro de l'échelle et aux calculs faits d'après ce zéro. Mais les profils que je donne n'étant relatifs qu'à des nivellements partiels que je dois refaire, je ne tiendrai compte de la correction que lors du Nivellement Général.

Echelle à pan

L'Entrepreneur du pont a fait placer sur la rive droite du Rhône une échelle en pans dont le zéro n'est pas le même que celui de l'échelle placée sur la gauche ; tous les marins observent l'échelle en pans et tant qu'elle subsistera, ils ne s'accoutumeront point aux nouvelles mesures pour estimer les hauteurs du Rhône. Cette échelle est du reste mieux placée que la première pour les observations exactes et pour la commodité de l'observateur.

J'ai parlé de l'étiage du Rhône et du Vigueirat vis-à-vis Arles, je vais donner mes opérations pour faire l'étiage du Rhône, et de l'étang de Meyranne vis-à-vis la Roubine de ce nom.

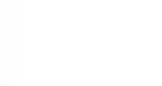
Commentaires

1. Le rhônomètre installé par M. De Fougères, lequel exerça des fonctions d'ingénieur, et dont le zéro est pris en compte et cité par R. Gorsse, n'est pas le rhônomètre qui fut ensuite fixé en face du pont de bateaux, en rive gauche. Lorsque ce dernier fut en usage, il ne fut plus guère question de celui de M. de Fougères dans les textes. D'ailleurs R. Gorsse reconnaît que cette échelle n'était pas très bien placée et affectée par l'inclinaison du quai. Elle était peut-être située, mais ce n'est pas clair, à l'extrémité des eaux dites de Durance dans leur déversoir dans le Rhône, donc pas très loin de la future échelle de l'écluse du canal d'Arles à Bouc, mais loin du pont de bateaux où fut installé le nouveau rhônomètre.

2. Le rhônomètre Fougères avait une longueur de 4 m 60 et son auteur reconnaissait qu'il fallait encore abaisser le zéro pour rejoindre le véritable étiage du Rhône. *Remarque* : cette longueur était sans doute due au fait que, plaqué contre le mur du quai, il ne pouvait dépasser beaucoup son couronnement. Les annexes du mémoire de Gorsse indiquent qu'il dépassait de 0 m 17. La Commission centrale signale que l'extrémité est dépassée lors des crues les plus importantes. Ces mêmes annexes (Profil N° 1, ci-dessous) situent le zéro de ce rhônomètre Fougères à 0 m 414¹⁴ au-dessus de celui de l'échelle

¹⁴ Ce niveau a été calculé, selon les indications du profil ci-dessous, par la hauteur du "gros bouton" des escaliers du port : 3,696 mètres de l'échelle de Fougères, contre 4,11 mètres pour l'échelle Véran. La hauteur de la 17e marche ne peut être prise en compte car on ne sait s'il s'agit du plat de la marche ou de sa base. Une marche n'est pas un repère certain à ce point de vue. La hauteur de la crue de 1801 pourrait être comparée avec celle indiquée par Véran (5 m 15 sur son zéro), ce qui fait une différence de seulement 20 cm avec le zéro de l'échelle de Fougères. Mais l'on ne sait si les deux indications se réfèrent au même repère et au même endroit, puisque l'échelle de Fougères était située bien plus en aval. De ce point de vue, le profil N°2 donné par Gorsse situe le niveau de **la même inondation de 1801 à la Porte de la Cavalerie, au nord de la ville, à 5 m 60 du même zéro de l'échelle de Fougères, soit une différence de 45 cm avec ce qu'il indique dans le profil N°1.**

Auteur : Georges PICHARD



hydraulique virtuelle de Pierre Véran (Annexe 2, ci-dessous), soit à l'altitude de 1 m 544, qui le situe, comme on l'a déjà remarqué, à une altitude la plus élevée parmi les échelles historiques arlésiennes.

Profil N° 1 de Gorsse



Les indications de l'ingénieur Raymond Gorsse sont très précieuses. Elles datent de 1806, à l'époque où Pierre Véran élaborait son échelle hydraulique. Elles confirment l'altitude du couronnement de l'ancien quai : il était à 4 m 43 de l'échelle de M. de Fougères, auquel il faut ajouter les 41,4 centimètres pour la différence du zéro avec celui de l'échelle Véran : $4 \text{ m } 43 + 0 \text{ m } 414 = 4 \text{ m } 844$. On trouve 4 m 87 d'après les indications de l'échelle Véran. Le zéro Véran a été ci-dessus situé à l'altitude 1m13 NGF Lallemant. Le quai serait donc, d'après le profil ci-dessus à 5 m 97 au lieu de 6 mètres exactement pour Véran. Cette légère différence demeure dans des limites acceptables pour les procédés de nivellement de l'époque.

Auteur : Georges PICHARD



ANNEXE II : L'échelle hydraulique de Pierre Véran

Pierre Véran, dont il a été souvent question dans le corps du texte sur les échelles, fut un inlassable rassembleur de données géographiques, géologiques, topographiques et historiques sur son pays, Arles, la Crau et la Camargue. Il s'intéressait véritablement à tout, bien dans l'esprit des Lumières. Mais il a été déjà signalé qu'il fit aussi la liaison avec la période suivante, le début du XIX^e siècle et la naissance d'une certaine conception de la "statistique", celle qui rassemblait sous ce terme, l'ensemble des connaissances "positives" sur la vie matérielle, la démographie, la topographie et bien entendu la naissante météorologie. Les volumineux et inépuisables manuscrits de Pierre Véran reviennent constamment sur ces derniers aspects et il faut bien dire qu'il est rarement pris en défaut, même si l'exigence de rigueur sur l'utilisation des données est celle de son époque.

Parmi les données climatiques figurent en bonne place les données historiques et contemporaines de l'auteur concernant le Rhône, fleuve arlésien au centre de la vie de la ville et du delta. D'où la construction de l'échelle hydraulique qui l'occupa dans les toutes premières années du XIX^e siècle. Il proposa, dit-il, son projet de matérialisation d'une échelle qui, avant 1806, n'existait pas, si ce n'est sous la forme des vieilles marques métalliques sur le mur latéral des escaliers du port, mais aussi ces escaliers eux-mêmes, sorte d'échelle en pierres que les Arlésiens, n'en doutons pas, examinaient d'un œil rien moins qu'indifférent dans leur démarches quotidiennes. De même, les gens du fleuve dans leur navigation. Pierre Véran ne fut pas témoin de la crue de 1755, mais il étudia avec grand soin celles de 1801 et 1810, bien que n'ayant pas alors de fonctions officielles. Ses grandes connaissances lui assuraient un regard critique et lui-même fit entreprendre des nivellements locaux pour déterminer les hauteurs des repères et des marques, à défaut de l'altitude, quasi inaccessible à cette époque.

On a transcrit avec soin le dessin de Pierre Véran, dont les reproductions sont peu lisibles (voir celle-ci à la suite). Le long de son échelle – qui resta virtuelle – il indique à la base les étiages historiques et ceux dont il fut témoin. Puis, en s'élevant, les différentes marques matérielles, jusqu'au couronnement du quai, que l'on peut considérer comme un repère fondamental. Il servit d'ailleurs aux toutes premières mesures quotidiennes, celle du médecin aériste, Pierre Bret (futur maire d'Arles), correspondant de la Société Royale de Médecine pour ses observations médicales (nosographiques) et météorologiques. Au-dessus du couronnement du quai, Pierre Véran plaça à bonnes hauteurs tous les repères des crues historiques dont il avait pu mesurer les situations respectives.

Signalons aussi que ce qui confère à cette échelle une valeur incontestable, ce sont les nombreuses mentions de ces hauteurs relatives que l'on trouve chez les mémorialistes, auteurs d'annales locales et livres de raison, lors des crues dont ils furent les témoins. On peut avec un assez grand degré de confiance rapporter ces hauteurs à l'échelle Véran, même s'il faut garder constamment à l'esprit les modifications probables du lit. La présupposition de sa stabilité relative, au moins jusqu'aux années précédant 1875 est en effet une tout autre question.

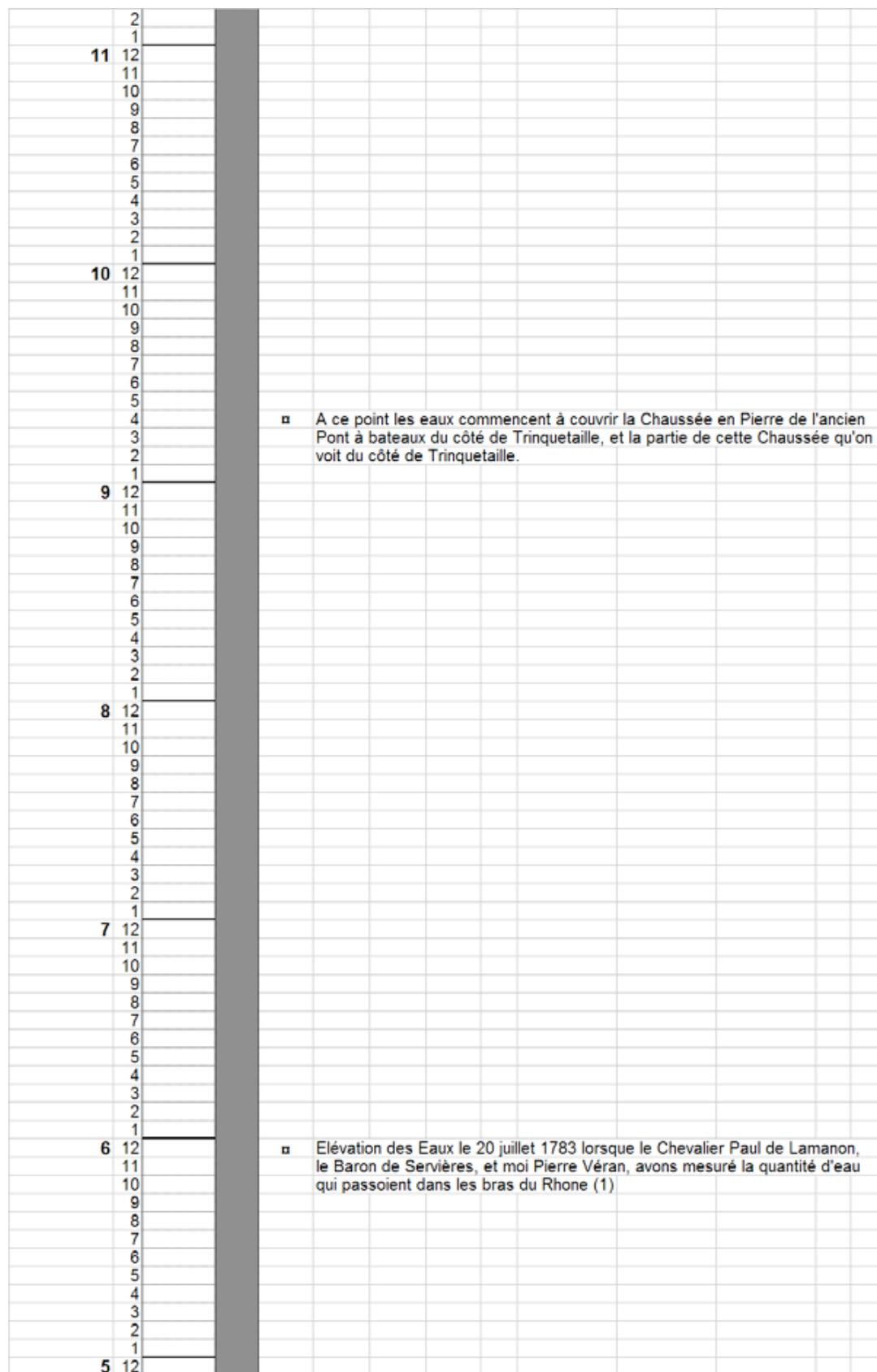
Pages suivantes : l'échelle Véran, à dérouler vers le bas ou de bas en haut. Elle est en **pieds et pouces**. Voir les équivalences dans le corps du texte, tableau 2, page 9.

Auteur : Georges PICHARD



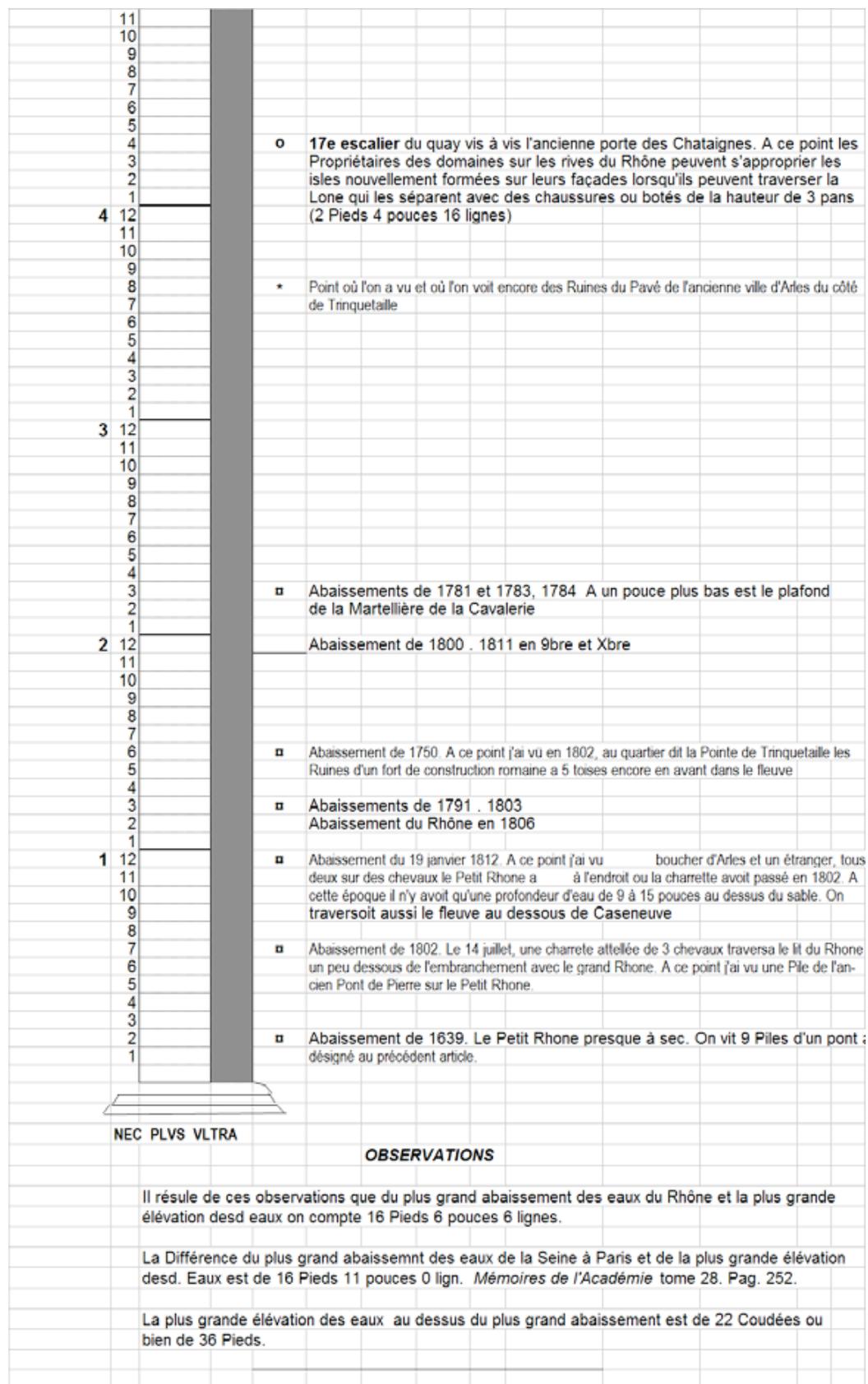
		ECHELLE HYDRAULIQUE DES GRANDS ABAISSEMENTS ET DEBORDEMENS DES EAUX DU RHONE			
		Par le Sr Pierre VERAN D'ARLES			
		NEC PLVS VLTRA			OBSERVATIONS
Pieds	Pouces				
17	12				
	11				
	10				
	9	1651 (1)		1755	D'après le nivellement que j'ai fait faire le 20 juin 1810 par Imbert Arpenteur, il s'est trouvé du coin du quay sur le mur de face au Rhone jusqu'à la marque d'arrivée des Eaux du Rhon en 1755 qu'on voit sur l'ancien rempart de la Ville maison Uzac, une élévation de 21 Pouces _ Pour celle de 1810 de 12 Pouc et pour celle de 1801 de 9 Pouces
	8				
	7	1636	1647	1674	
	6				
	5				
	4	1745			
	3	1595			
	2	1529			
	1	1530	1583		
16	12	1790		1810	
	11	1570	1708	1774	
	10	1795			
	9	1596		1801	
	8	1711			
	7	1709	1765	1811	
	6	1763			
	5	1748			
	4	1710			
	3	1694	1754		
	2	1808			
	1	1816			
Ligne de la surface du quay					
15	12				<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Mode de transcription sur fichier Excel : En suivant exactement le dessin de Pierre Véran, on a placé les chiffres indiquant les mesures en pieds, immédiatement au-dessous de la barre supérieure limitant chacune de ces unités. Les chiffres et nombres des pouces sont placés dans l'intervalle entre leurs limites inférieures et supérieures. Il en est de même des dates (années de crue), ou des marques diverses. </div>
	11				
	10				
	9				
	8				
	7				
	6				
	5				
	4				
	3				
	2				
	1				
14	12				Fleur de Lys C'est à ce point que l'on commence à faire garder les chaussées de la Cor <div style="background-color: yellow; width: 100px; height: 20px; margin: 5px 0;"></div> C'est à ce point appelé le Petit Bouton que les eaux du Rhône entrent dans les Ségonna
	11				
	10				
	9				
	8				
	7				
	6				
	5				
	4				
	3				
	2				
	1				
13	12				Gros Bouton
	11				
	10				
	9				
	8				
	7				
	6				
	5				
	4				
	3				
	2				
	1				
12	12				
	11				
	10				
	9				
	8				
	7				
	6				
	5				
	4				
	3				

Auteur : Georges PICHARD



Auteur : Georges PICHARD

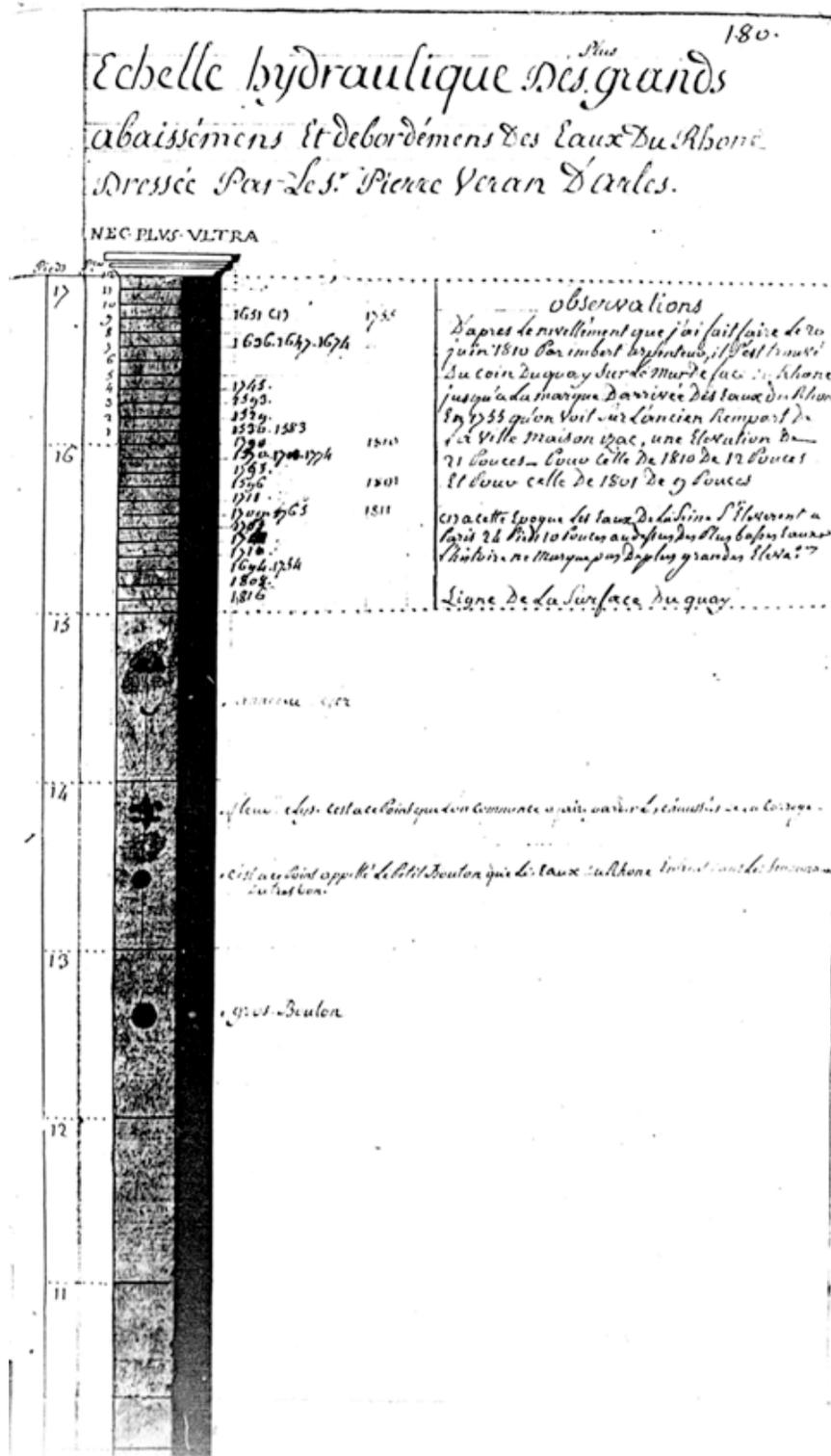




Auteur : Georges PICHARD



Photo de l'original de l'échelle hydraulique de Pierre Véran (partie haute) **Référence** : BM Arles, ms 491.



Auteur : Georges PICHARD

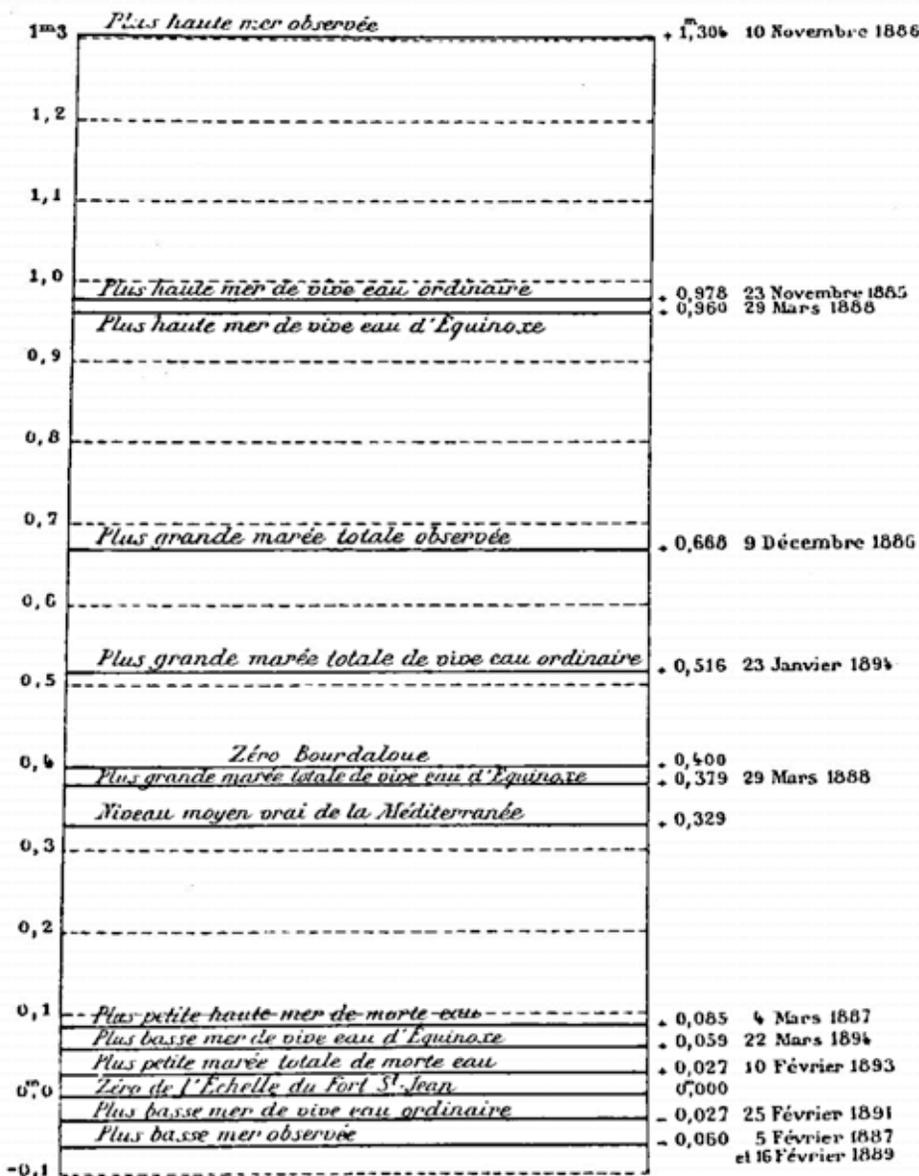


ANNEXE III : Tableau des niveaux remarquables de la mer à Marseille après l'installation du marégraphe

28

MARSEILLE.

Fig. 7. — Résultats des observations faites pendant 11 années, de février 1885 à décembre 1895.



Les hauteurs sont représentées à l'échelle de 1/10 par mètre

Auteur : Georges PICHARD



ANNEXE IV : Page sur Arles dans le Nivellement du Rhône de Bourdalouë-Kleitzi (1857)

3^{me}. TABLE. — Paris de Bouc à Arles. (Suite.)

N ^o . des REPÈRES.	DÉSIGNATION DES REPÈRES PRIS DANS L'OPÉRATION, ET DES POSITIONS DES PLAQUES SERVANT DE REPÈRES DÉFINITIFS.	DIFFÉRENCE DE NIVEAU entre les REPÈRES DES PLAQUES ET CEUX D'OPÉRATION.		ALTITUDES, par rapport au zéro de Marseille, DES REPÈRES		OBSERVATIONS.
		EN PLUS.	EN MOINS.	D'OPÉRATION.	DES PLAQUES.	
R.	R. k. N ^o . 4 du canal de Bouc.....	"	"	4,719	"	
R. 37.	Sur la plinthe aval, à l'angle sud, de la culée, rive gauche, du pont levé d'Arles, dit pont de Réginel, sur le canal de Bouc.....	0,200	"	8,197	8,397	
R.	Zéro (déduit de la division 6 ^{me}) de l'échelle placée dans la chambre de la porte de gauche, tête amont de l'écluse d'Arles, en face du barrage de l'Agénieur de la navigation du Rhône.....	"	"	4,732	"	
R. 38.	Sur la pierre arrondie du bajoyer, rive gauche et côté amont, de l'é- cluse d'Arles, sur le canal de Bouc.....	"	0,200	8,045	7,845	
R. 39.	Seuil, jambage gauche, du magasin de M. Dismard, négociant, sur le quai, à Arles.....	0,400	"	7,008	7,408	
R.	Zéro (déduit de la division 3 ^{me} 00) de l'échelle placée sur le quai, à Arles, en face du pont de bateaux.....	"	"	4,832	"	
R.	Zéro (déduit de la division 2 ^{me} 50) de l'échelle de la porte Chiavary, à 30 ^{me} en aval de la pompe d'Arles.....	"	"	4,878	"	
R.	Croix du Rhône, le 31 mai 1856, indiquée à l'angle de la rue Saint Martin, sur une plaque de marbre blanc, à Arles.....	"	"	7,683	"	
R.	Rails de la station d'Arles, en face du repère ci-dessous, N ^o . 40.....	"	"	9,567	"	
R. 40.	À l'encoignure nord du hangar servant de dépôt des rails et des coussinets, à la gare d'Arles.....	0,200	"	9,896	40,096	R. 165 du chemin de fer.
R. 25.	Sur le socle, angle est, de la maison du sieur Arzac, Joseph, la per- mètre à droite en arrivant à Fourques. par le pont suspendu.....	0,200	"	7,522	7,722	T. 3. 2.

Auteur : Georges PICHARD



Région
Provence
Alpes