

## LES BRECHES DES LEVEES DE LA LOIRE - BRECHE DE JARGEAU 1856

Article a été présenté au Congrès SHF : «Evènements extrêmes fluviaux et maritimes», Paris, 1-2 février 2012

MAURIN J.<sup>1</sup>, BOULAY A.<sup>2</sup>, PINEY S.<sup>3</sup>, LE BARBU E.<sup>4</sup>, TOURMENT R.<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> Ministère de l'écologie (MEDDTL) direction régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement (DREAL) du Centre - [jean.maurin@developpement-durable.gouv.fr](mailto:jean.maurin@developpement-durable.gouv.fr), [arnaud.boulay@developpement-durable.gouv.fr](mailto:arnaud.boulay@developpement-durable.gouv.fr)  
<sup>2</sup> Ministère de l'écologie (MEDDTL) Centre d'étude techniques de l'équipement (CETE) Laboratoire Régional de Blois - [stephane.piney@developpement-durable.gouv.fr](mailto:stephane.piney@developpement-durable.gouv.fr), [erwan.le-barbu@developpement-durable.gouv.fr](mailto:erwan.le-barbu@developpement-durable.gouv.fr)  
<sup>5</sup> Cemagref - Aix en Provence - [remy.tourment@cemagref.fr](mailto:remy.tourment@cemagref.fr)

**Résumé :** Les études de dangers de digue demandent de préciser le risque lié à l'aléa de rupture pour les enjeux protégés. Une modélisation 2D de l'onde de rupture dans le val requiert des conditions d'injection d'un hydrogramme de brèche. Pour leurs réalisations sur les levées de la Loire, il est nécessaire de disposer des conditions d'ouverture, de géométrie et de débit d'une brèche. Les dernières qui se sont produites remontent au XIXe siècle. Il a, dans un premier temps, été envisagé de reconstituer le phénomène par un modèle physique, mais le délai imparti ne l'a pas permis. Par chance la découverte d'archives a permis de reconstituer la brèche qui s'est produite à Jargeau lors de la crue de mai et juin 1856. L'événement a été si bien décrit qu'il a été possible de reconstituer l'hydrogramme de cette brèche, sa géométrie précise, la profondeur et la dimension de la fosse d'érosion ainsi que les temps de propagation de l'onde de submersion dans le val. Celle-ci est assez représentative des brèches qui pourraient se reproduire aujourd'hui en cas de crues exceptionnelles.

**Mots-Clés :** modélisation, brèches, modèle physique, hydrogramme

**Abstract :** The studies of levee dangers require to specify the menace linked to the risk of rupture for the protected stakes. A 2D modeling of the rupture wave requires conditions of injection of a breach hydrogram.

For their carrying out on the levees of the Loire, it is necessary to have the conditions of opening, the geometry and the debit of a breach. The last breach occurred in the XIX century. At first, it was considered to reconstitute the phenomenon by a physical model but the allotted time did not allow it. Fortunately, the discovery of archives has permitted to reconstitute the breach that occurred in Jargeau at the time of the rise in the water level of May and June 1856. The event was so accurately described that it was possible to reconstitute the hydrogram of this breach, its precise geometry, the depth and the dimensions of the erosion pit, as well as the times of propagation of the wave of submersion in the valley. This breach is rather representative of the ones that could reproduce today in case of exceptional rises in the water level.

According to the report, the phenomenon that occurred in 1856 is far from the given models. The maximum debit of the breach was 2,400 cubic meters per second, the total opening occurred in 5 hours and the total volume that passed through the breach of 230 million cubic meters.

**Keywords :** modeling, breaches, physical model, hydrogram

### INTRODUCTION

La levée d'Orléans, longue de 51 km, protège un val de 160 km<sup>2</sup>, long de 30 km et large de 5 km. Les enjeux exposés en arrière des digues sont très importants : 70 000 habitants, la voie ferrée Paris-Toulouse, l'autoroute A71 et de nombreuses activités.

La réglementation impose la réalisation, avant le 31 décembre 2012, d'une étude de dangers pour toute digue de classe A (plus de 50 000 habitants protégés).

Pour réaliser l'étude de dangers de la levée d'Orléans, la connaissance du phénomène de rupture de la digue, et en particulier de sa dynamique, est essentielle. Sur la Loire, les plus récentes brèches historiques remontent au XIX<sup>e</sup> siècle. Trois grandes crues (1846, 1856 et 1866) ont entraîné la rupture du système d'endiguement qui protège le val d'Orléans. Depuis, les crues les plus fortes (1907, 1923 et 2003) n'ont provoqué aucun dégât majeur. Au niveau du val d'Orléans la crue de 1907 a mis en charge les levées et a atteint le niveau du déversoir, par contre celles de 1923 et 2003 ont à peine touché les pieds de digue.

La réalisation d'un modèle physique, envisagé dans un premier temps, a été abandonnée par manque de temps et de disponibilité des acteurs de l'étude. Les espoirs de disposer de données pertinentes ne reposaient donc sur les archives historiques et les dossiers de l'ouvrage.

Le travail a essentiellement consisté à rechercher et interpréter les documents des Archives Départementales du Loiret et de la médiathèque d'Orléans notamment le « fonds Guillon » qui possèdent une documentation très riche concernant la Loire. Les dossiers retrouvés complètent les cartes du cours de la Loire réalisées après la crue de 1846. Ces cartes historiques apportent des informations précieuses sur l'état du lit, des ouvrages de l'époque et surtout sur les brèches de la crue de 1846 et de celles du XVIII<sup>e</sup> siècle. Sur certains secteurs, les brèches et les limites des crues de 1856 et 1866 y sont décrites ainsi que les surverses et les infiltrations au travers de la digue, pour la crue de 1866.

## 1. LES BRECHES DU VAL D'ORLEANS

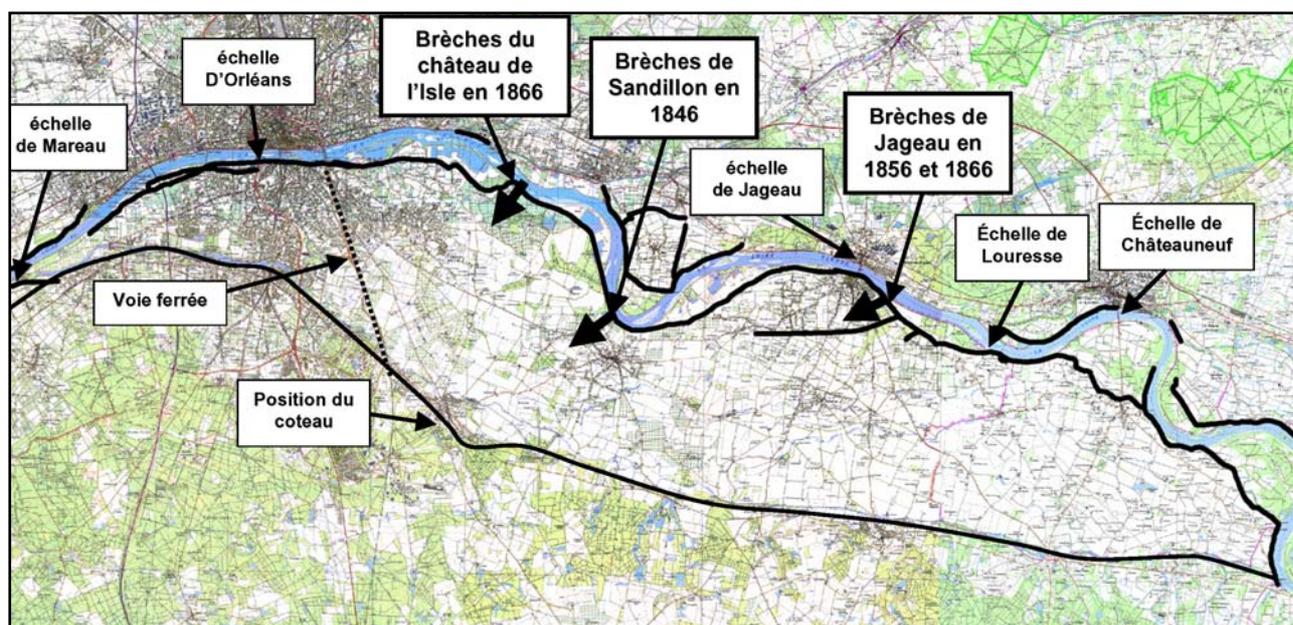


Figure 1 : Val d'Orléans, la levée, le coteau et la position des brèches de Jageau en 1856 et 1866

L'exploitation des archives et des cartes, réalisée par le Laboratoire Régional de Blois [GAULLIER, PINEY, 2011], a permis d'identifier pour le XVIII<sup>e</sup> siècle : quatre brèches lors de la crue de 1755, deux en 1789 et deux en 1790 et pour le XIX<sup>e</sup> siècle : sept brèches en 1846, trois en 1856 et quatre en 1866.

Les causes ne sont pas connues pour celles du XVIII<sup>e</sup> siècle, par contre au XIX<sup>e</sup> siècle, des rapports permettent de connaître les conditions dans lesquelles se sont produites les brèches. En 1846, cinq sur les sept, en 1856 deux sur trois et en 1866 toutes les quatre ont été provoquées par des surverses.

Les dimensions caractéristiques des brèches varient de 50 m à 800 m de longueur et de 5 m à 19 m de profondeur à partir du sommet de la digue.

Pour chacune des crues, la zone protégée a été entièrement inondée à l'aval des brèches.

Quatre brèches, bien renseignées, ont permis de dresser une typologie de brèche pour les levées de la Loire. Il s'agit des brèches de Sandillon en 1846, de Jageau en 1856, de Jageau et du château de l'Isle à St Denis-en-val en 1866. Pour chacune d'entre elles, nous aboutissons à des durées de formation d'au mieux quelques heures.

Crue	Brèche	Revanche ligne d'eau /crête hors banquette	Longueur	Profondeur de la fosse d'érosion	
				moyenne	maximale
1846	Sandillon	- 0.20 m	400 m	-	5,00 m
1856	Jargeau	0.00 m	650 m	6 m	18,70 m
1866	Jargeau	0.20 m	250 m	6,30 m	8,65 m
1866	Château de l'Isle	0.25 m	300 m	6,80 m	11,15 m

Tableau 2 : brèches caractéristiques de la levée d'Orléans, seule la levée de Sandillon n'a pas été submergée

Les informations sur la brèche de Jargeau en 1856 ont permis de reconstituer l'hydrogramme du débit d'eau qui a traversé la brèche ainsi que la propagation de l'onde de submersion dans le val.

Les dimensions des fosses d'érosion de chaque brèche ont pu être mises en évidence grâce à l'exploitation du modèle numérique de terrain [MNT Lidar, 2002]. L'analyse des dépressions derrière les levées donne une idée de l'étendue de la fosse d'érosion, la profondeur n'étant bien sûr plus d'actualité mais le contour reste souvent bien visible [Descamps, Maurin, 2007].

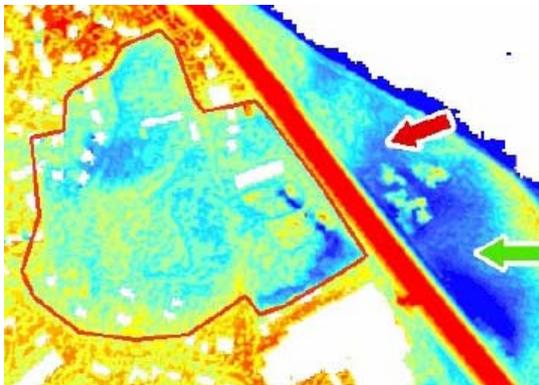


Figure 3 : MNT Lidar – développement de la fosse d'érosion de la brèche de Jargeau - 1856 - 1866.

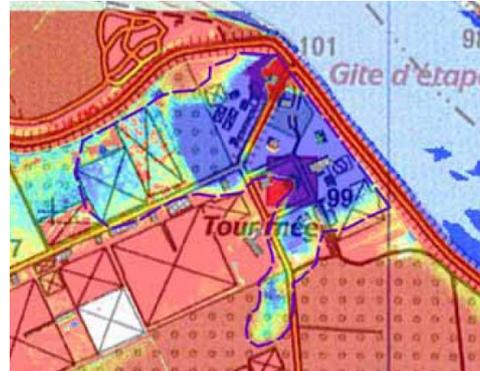
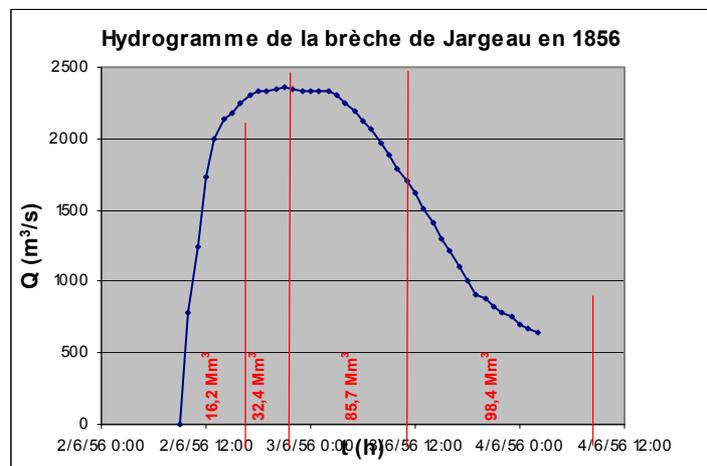
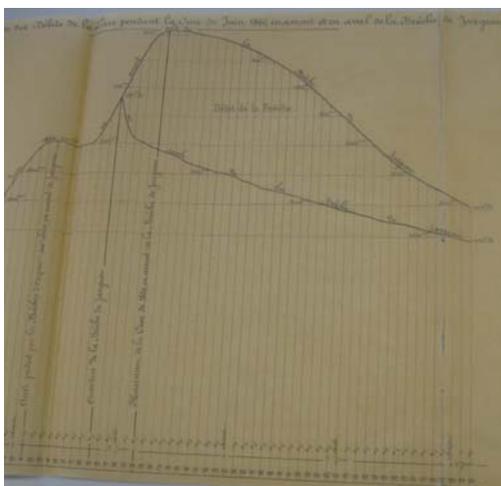


Figure 4 : MNT Lidar – brèche du château de l'Isle – 1866. Scan 25 © IGN

## 2. LA BRECHE DE JARGEAU EN 1856

La figure 5 ci-dessous présente les hydrogrammes amont et aval de la brèche de Jargeau issus du fond Guillon de la médiathèque de la ville d'Orléans [Sainjon, 1870]. L'hydrogramme aval correspond à l'application de la loi établie par Sainjon pour l'échelle de Jargeau ( $Q=296x(h+0.41)^{3/2}$ ).



Figures 5 et 6 : hydrogrammes de la Loire en amont et en aval de la brèche de Jargeau et reconstitution de l'hydrogramme de la brèche (volume total 270 Mm<sup>3</sup>)

Les valeurs de débit de brèche connues à ce jour étaient issues des études faites par les ingénieurs du XIXe siècle. La valeur de  $1800 \text{ m}^3/\text{s}$  [Dion, 1929] pour la brèche de 1856 à La-Chapelle-sur-Loire (val d’Authion, Indre-et-Loire) était la plus souvent citée. Certaines valeurs étaient beaucoup plus fortes puisque le débit de la brèche de Jargeau a été estimé à  $3700 \text{ m}^3/\text{s}$  dans le rapport des « Réponses aux questions du programme Ministériel du 26 juillet 1856 » [Collin, 1857]<sup>1</sup>, pour un débit en Loire estimé à  $6900 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il restait donc à tenter de « valider » les ordres de grandeur du débit de pointe et du volume précédents ( $Q = 2\,400 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $V = 270 \text{ Mm}^3$ ).

### 3. LA VALIDATION DU DEBIT DE POINTE ET DU VOLUME DE BRECHE

La brèche de Jargeau s’est produite le 2 juin à 9 heures. L’analyse de la presse [Journal du Loiret, 4 juin 1856] nous montre que l’onde a atteint le bourg de Sandillon vers 15 heures. Son retour à la Loire par le Loiret a été constaté le même jour à 20 heures. Le temps de propagation de la pointe de crue s’établit quant à lui à environ 17 h (le débit maximum passant dans la brèche ayant lieu le 2 juin à 14 h, la pointe étant observée le 3 juin à 7 h à Mareau). Par ailleurs, pour cette même crue, nous disposons d’un nombre conséquent de repères de crues sur l’ensemble du val.

Depuis le milieu du XIXème siècle, l’urbanisation du val d’Orléans s’est fortement développée sur la partie aval, de part et d’autre de la voie ferrée. Aussi, nous nous sommes attachés à utiliser les données précédentes sur des secteurs pour lesquels l’urbanisation actuelle, sur la base de laquelle a été construit le modèle, avait peu évolué, soit de Jargeau à St Denis-en-val.

L’utilisation du modèle Telemac 2D, via l’injection de l’hydrogramme numérisé de Jargeau nous a permis de constater la forte sensibilité du temps de parcours du front d’onde aux valeurs retenues pour le coefficient de frottement (Strickler) en zone rurale.

Par ailleurs, l’utilisation de ce même modèle nous a permis de constater que la valeur du débit de pointe retenue avait un impact plus limité sur le temps de parcours du front d’onde.

Valeur du coefficient de Strickler en zone rurale	Temps de parcours du front d’onde entre Jargeau et Sandillon
K = 5	10 h 45 mn
K = 10	7 h 45 mn
K = 15	6 h 30 m

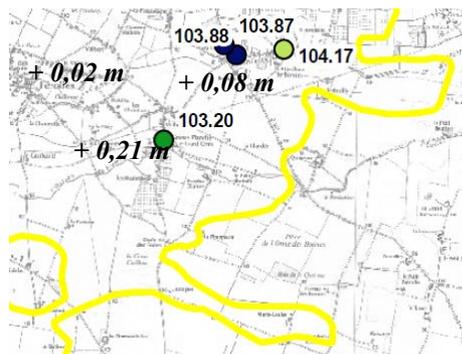
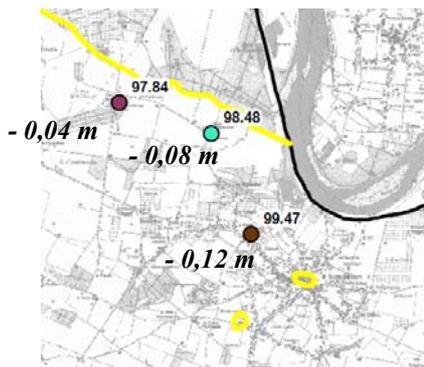
Tableau 7 : test du Strickler en zone rurale

Hydrogramme injecté	Temps de parcours du front d’onde entre Jargeau et Sandillon
$Q_p = 2\,500 \text{ m}^3/\text{s}$	7 h 45 mn
$Q_p = 1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$	8 h 45 mn

Tableau 8 : pour K = 10 en zone rurale, impact de la valeur du débit de pointe sur le temps de parcours du front d’onde de Jargeau à Sandillon

Sur la base de ce constat, il a donc été retenu de caractériser les secteurs ruraux, en prenant une valeur de Strickler de  $K = 15$ , valeur qui conduit à un temps de parcours du front d’onde le plus proche de celui effectivement constaté entre Jargeau et Sandillon. Enfin, sur la base de ce coefficient, nous avons comparé, sur les secteurs peu concernés par une modification de l’urbanisation, les niveaux atteints aux repères de crue. Ces résultats nous ont permis de valider les ordres de grandeur établis.

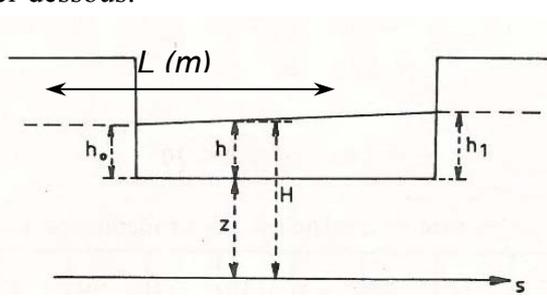
<sup>1</sup> On trouve cependant en note : « le débit par la brèche ne mérite pas une grande confiance en raison de la mobilité de ses dimensions et de l’incertitude de ces éléments.»



Figures 9 et 10 : comparaison entre les niveaux maximum atteints calculés par le modèle bi-dimensionnel et ceux correspondant aux repères de crues (1856), (PHE calculées - PHE observées)

#### 4. INTERPRETATION

Une fois calés ces ordres de grandeurs, nous avons cherché à approfondir la description « des différentes phases » de l'hydrogramme de brèche précédemment mises en évidence, en tentant de les interpréter, en utilisant notamment la formule de Dominguez (adaptée au déversoir latéral), rappelée ci-dessous.



$$Q_{\text{brèche}} = \varphi m L h_1 \sqrt{2gh_1} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

avec  $\varphi = f(h_0/h_1)$

( $\varphi = 1$ , pour  $h_0 = h_1$  -  $\varphi = 0,4$  pour  $h_0 = 0$ )

Figure 11 : déversoir latéral (régime fluvial  $h_0 < h_1$ ), notations utilisées dans la suite de la note – figure extraite de Carlier, Hydraulique générale et appliquée - Formule de Dominguez (écoulement dénoyé)

Nous pouvons distinguer :

a) une première phase de durée 4h, où le débit dans la brèche progresse très rapidement passant de 0 à 2000 m<sup>3</sup>/s, traduisant son développement rapide. Cette phase « transitoire » se traduit aussi par une chute rapide de la hauteur aval de - 0,60 m en 2 heures, alors que le débit en amont continue d'augmenter : l'entonnement créé par l'écoulement dans la brèche se traduit aussi par un impact sur la ligne d'eau à l'aval, cette chute n'étant pas liée à la réduction du débit vers l'aval, qui elle ne se traduit qu'ultérieurement ;

b) une progression plus lente dans les 4h suivantes, où la brèche continue à se développer en profondeur et latéralement (le débit augmente toujours dans la brèche, alors que le débit amont est constant). Elle est suivie d'un « plateau » de 10 h pendant lequel le débit de la brèche ( $Q \approx 2350$  m<sup>3</sup>/s) apparaît indépendant du débit amont : il est quasi constant, tandis que le débit amont diminue. La brèche continue donc à se développer : pour peu qu'elle ait déjà atteint sa longueur finale, son creusement compense la perte de hauteur de la lame d'eau surversée liée à la baisse de débit de la Loire ;

c) enfin, une fois la brèche ayant atteint sa dimension finale, et la fosse d'érosion formée, ses dimensions ne variant plus, le débit dans la brèche suit alors la loi de déversoir latéral. L'écoulement est aussi susceptible de devenir noyé, le débit de la brèche dépendant alors non seulement de  $h_1$  (m), et du rapport  $h_0/h_1$ , mais aussi des conditions d'écoulement dans le val.

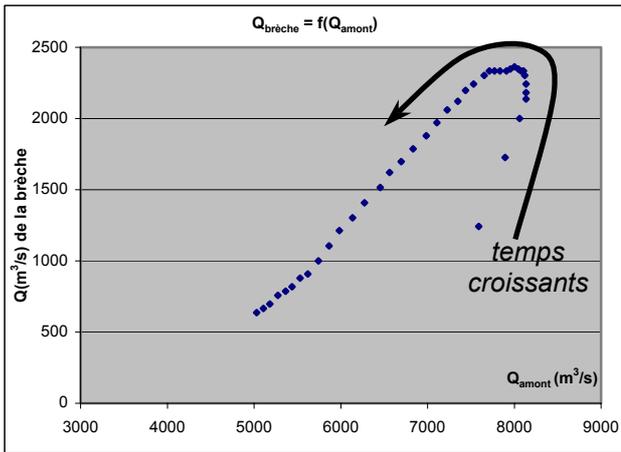


Figure 12: débit de la brèche fonction du débit amont

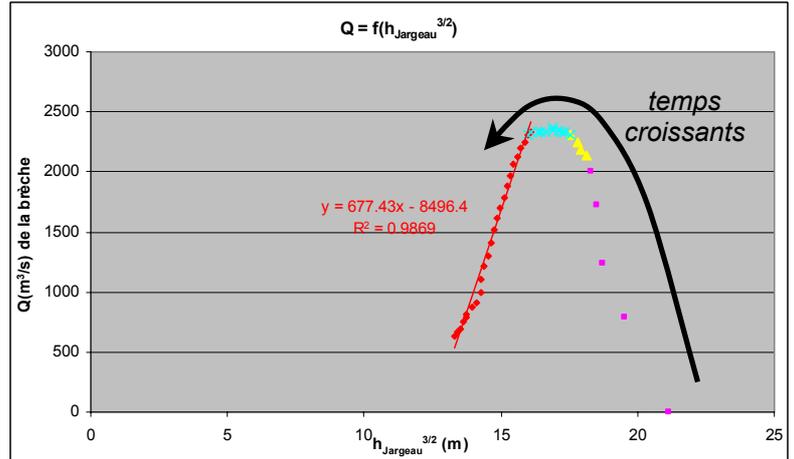


Figure 13: débit de la brèche fonction de  $h_{\text{Jargeau}}^{3/2}$

Nous présentons ci-dessus (figure 13) le tracé du débit de la brèche fonction de la hauteur mesurée à Jargeau. Ce graphique permet de mettre en évidence les différentes phases précédentes, et nous permet de mettre en évidence la possibilité de caler le coefficient «  $\phi mL$  » de la formule de Dominguez dans le cas particulier de la brèche de Jargeau en 1856.

En sélectionnant les points correspondant à cette phase de décroissance, nous avons calé la valeur  $\rho$  (m), différence à appliquer à la hauteur mesurée à Jargeau de façon à obtenir une droite  $Q_{\text{brèche}} = f((h_{\text{Jargeau}} - \rho)^{3/2}) = \phi mL(h_{\text{Jargeau}} - \rho)\sqrt{2g(h_{\text{Jargeau}} - \rho)}$  passant par zéro, avec  $h_1 = h_{\text{Jargeau}} - \rho$  correspondant à la lame d'eau aval au-dessus du seuil. On obtient alors une valeur de  $\rho = 5,15$  m, soit une cote de « TN » correspondant au seuil 104,41 m NGF<sup>2</sup>, valeur qui devrait sensiblement correspondre à celle du TN en périphérie extérieure de la fosse (de l'ordre de 104,10 m NGF<sup>3</sup>).

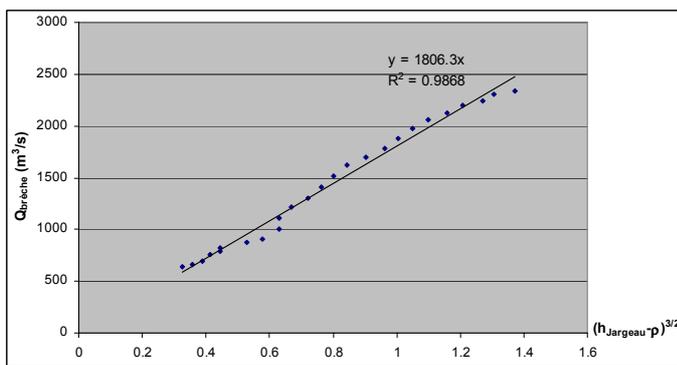


Figure 14 :  $Q_{\text{brèche}} = f((h_{\text{Jargeau}} - \rho)^{3/2})$

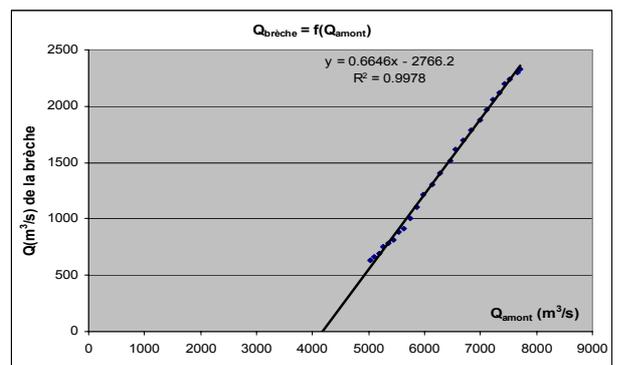


Figure 15 :  $Q_{\text{brèche}} = f(Q_{\text{àmont}})$  au niveau de la dernière partie de la courbe (phase de décroissance)

On obtient une valeur du coefficient  $\phi mL(2g)^{1/2} = 1806$ . En clair, cela signifie, compte tenu des valeurs usuelles de l'ordre de  $m \approx 0,30$  et compte tenu de valeurs de  $\phi$  comprises entre 0,4 et 1 que le linéaire où a lieu le déversement latéral est supérieur à la longueur de la brèche et correspond au contour de la fosse d'érosion d'une longueur :  $L \geq 1300$  m.

Il est possible aussi de tracer pour ces mêmes valeurs, une courbe  $Q_{\text{brèche}} = f(Q_{\text{àmont}})$  (figure 15), qui correspond ici à une droite dans la mesure où l'ensemble des courbes de tarage établies par

<sup>2</sup> valeur max., compte tenu d'une pente de ligne d'eau prise ici à 40 cm/km, correspondant à celle de la Loire en 1856.

<sup>3</sup> valeur délicate à déterminer compte tenu du développement actuel de l'urbanisation.

Sainjon au droit des échelles sont du type  $Q = (C + h)^{3/2}$ . En dessous d'un débit d'environ  $4\,160\text{ m}^3/\text{s}$ , la ligne d'eau est sous le TN côté val, et le débit de la brèche devient nul.

Au final, il est donc possible d'établir, pour la brèche de Jargeau (1856), la chronologie suivante ( $t_0$  heure de début de formation de la brèche, intervenant 3h avant le débit de pointe amont) ;

- de  $t_0$  à  $t_0 + 4\text{h}$  : le débit de la brèche croît linéairement jusqu'à  $2000\text{ m}^3/\text{s}$ , soit  $+500\text{ m}^3/\text{s}$  par heure ;
- de  $t_0 + 4\text{h}$  à  $t_0 + 8\text{h}$  : le débit de la brèche atteint son maximum à  $2400\text{ m}^3/\text{s}$ , soit  $+100\text{ m}^3/\text{s}$  par heure ;
- de  $t_0 + 8\text{h}$  à  $t_0 + 18\text{h}$  : le débit de la brèche reste constant proche de son maximum, quand bien même le débit amont diminue : la brèche continue à s'approfondir, la fosse d'érosion se développe ;
- de  $t_0 + 18\text{h}$  à  $t_{\text{fin}}$  : le débit de la brèche suit une loi de seuil fonction de la hauteur  $h_1$  (m) déversante (hauteur aval) sur le contour extérieur de la fosse d'érosion, et du rapport  $h_0/h_1$ .

## 5. UTILISATION DE L'HYDROGRAMME DE JARGEAU SUR D'AUTRES SITES DE LOIRE

Pour peu qu'on retienne une dynamique de formation et une géométrie correspondant à cette brèche (à savoir en particulier des conditions « géotechniques » proches), et un niveau dans la Loire proche de celui de la crête de digue à l'initiation de la brèche (situation de 1856 à Jargeau), il s'agit ici, pour une situation hydrologique donnée, de pouvoir construire un hydrogramme de brèche, dont la formation est liée à une surverse, « cohérent » avec le site d'implantation de la brèche.

Aussi, on remarquera que la brèche de Jargeau en 1856 se caractérise par une absence d'inondation préalable du val au droit de la brèche, par retour depuis le Loiret, ou par d'autres brèches ou surverses, situation susceptible de « réduire » le débit effectivement introduit dans le val (déversoir noyé). Il conviendra donc de réserver la méthodologie proposée à ce type de situation.

La méthodologie générale que nous proposons de retenir est la suivante :

- détermination de l'instant  $t_0$  à partir duquel la surverse se produit (comparaison de la ligne d'eau avec la crête de digue au droit du site donné) ;
- définition, en fonction du site étudié, du débit pour lequel on observe une cote supérieure à celle du TN côté val, fixé pour l'exemple ci-dessous à  $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$  ;
- application de la forme générale de l'hydrogramme de la brèche de Jargeau ( $4\text{h} (+500\text{ m}^3/\text{s}/\text{h}) + 4\text{h} (+100\text{ m}^3/\text{s}/\text{h}) + \text{palier de } 10\text{h}$ ) ;
- calage des paramètres ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), de la loi de décroissance  $Q_{\text{brèche}} = \alpha Q_{\text{amont}} + \beta$  de sorte que pour  $Q_{\text{amont}} = 3000\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{\text{brèche}} = 0$ , et  $Q_{\text{brèche}} = 2\,400\text{ m}^3/\text{s}$  en fin de palier, soit pour une valeur donnée de  $Q_{\text{amont}}$  fonction de l'instant de démarrage de la brèche  $t_0$ .

Nous présentons ci-dessous l'application de cette méthodologie pour un site donné. Nous avons fait varier l'instant de déclenchement de la brèche de  $t_0 = t_{\text{max}}$  (instant de la pointe amont), à  $t_0 = t_{\text{max}} - 12$ . On aboutit à un volume déversé pour ces trois situations de respectivement :  $353\text{ Mm}^3$  ( $t_0 = t_{\text{max}} - 12$ ),  $310\text{ Mm}^3$  ( $t_0 = t_{\text{max}} - 5 = (\text{Jargeau})$ ), et  $284\text{ Mm}^3$  ( $t_0 = t_{\text{max}}$ ), soient des volumes logiquement plus grands quand le démarrage de la brèche intervient plus tôt.

L'hypothèse que nous retenons est que la durée du palier correspond essentiellement au développement de la fosse, et que le débit de pointe, ici non conditionné par une inondation « préalable » du val, dépend strictement de la géométrie de la brèche, de la fosse et de sa dynamique de formation, supposées équivalentes à celles de Jargeau en 1856. Elle suppose que la valeur du débit de pointe de l'hydrogramme de brèche est indépendante des conditions dans le val. Elle est atteinte en régime torrentiel dans la brèche alors que les niveaux d'eau amont et aval sont indépendants.

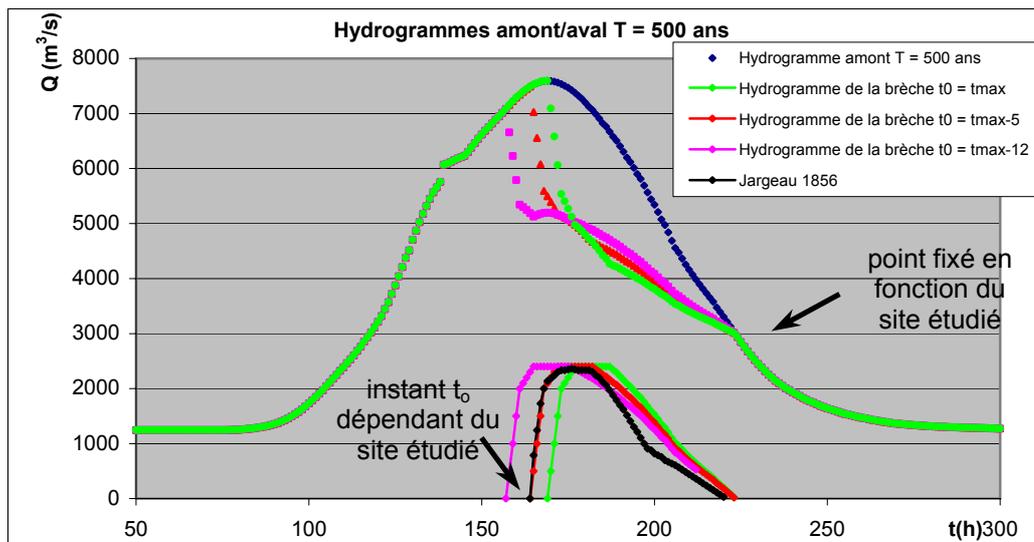


Figure 16 : propositions d’hydrogrammes de brèches (probabilité 1/500)

## CONCLUSIONS

La découverte d’archives sur la brèche de Jargeau de juin 1856, et leur exploitation, a permis de déterminer pour le val d’Orléans, les conditions de modélisation de l’ensemble des brèches liées à une surverse. Ces conditions impliquent que le val au droit de la brèche ne soit pas préalablement inondé.

Il s’agira de voir dans quelle mesure ce résultat est généralisable à d’autres vals. L’étude de la brèche de La Chapelle-sur-Loire (1856), sur le val d’Authion, sera à ce titre, éclairante. Si nous ne disposons pas à l’image de Jargeau (1856) d’un hydrogramme de brèche issu des archives, il a été néanmoins possible de déterminer sa dynamique d’ouverture, sa géométrie ainsi que celle de sa fosse d’érosion, d’évaluer son temps de base, et de disposer aussi du temps de propagation du front d’onde dans le val. Le modèle 2D construit sur le val d’Authion permettra ici aussi de déterminer dans quelle mesure les données de débit issues des archives ( $Q = 1800 \text{ m}^3/\text{s}$ , cité ci-dessus) peuvent être utilisées ou au contraire doivent être réévaluées : par chance ce val a subi peu de variations en terme d’occupations du sol, et nous disposons, là aussi, d’un nombre conséquent de repères de crues.

## TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1 : Val d’Orléans, la levée, le coteau et la position des brèches de Jargeau en 1856 et 1866

Tableau 2 : brèches caractéristiques de la levée d’Orléans, seule la levée de Sandillon n’a pas été submergée

Figure 3 : MNT Lidar – développement de la fosse d’érosion de la brèches de Jargeau - 1856 - 1866.

Figure 4 : MNT Lidar – brèche du château de l’Isle – 1866. Scan 25 ® IGN©

Figures 5 et 6 : hydrogrammes de la Loire en amont et en aval de la brèche de Jargeau et reconstitution de l’hydrogramme de la brèche (volume total 270 Mm<sup>3</sup>)

Tableau 7 : test du Strickler en zone rurale

Tableau 8 : pour  $K = 10$  en zone rurale, impact de la valeur du débit de pointe sur le temps de parcours du front d’onde de Jargeau à Sandillon

Figures 9 et 10 : comparaison entre les niveaux maximum atteints calculés par le modèle bi-dimensionnel et ceux correspondant aux repères de crues (1856), (PHE calculées - PHE observées)

Figure 11 : déversoir latéral (régime fluvial  $h_0 < h_1$ ), notations utilisées dans la suite de la note – figure extraite de Carlier, Hydraulique générale et appliquée - Formule de Dominguez (écoulement dénoyé)

Figure 12 : débit de la brèche fonction du débit amont

Figure 13 : débit de la brèche fonction de  $h_{\text{Jargeau}}^{3/2}$

Figure 14 :  $Q_{\text{brèche}} = f((h_{\text{Jargeau}} - \rho)^{3/2})$

Figure 15 :  $Q_{\text{brèche}} = f(Q_{\text{amont}})$  au niveau de la dernière partie de la courbe (phase de décroissance)

Figure 16 : propositions d'hydrogrammes de brèches (probabilité 1/500)

## REFERENCES ET CITATIONS

- Archives départementales du Loiret - liasses : 30872, 30887, 30890, 30905, 30906, 30907, 30908, 30909, 30890, 30911, 35528, 46874a, 2 S 22.
- Collin (1856) - Réponses aux questions du programme Ministériel du 26 juillet 1856.
- Descamps M., et Maurin J. (2007-2008) - Reconnaissance et caractérisation des brèches anciennes dans les digues de Loire.
- Dion R. (1934) - *Le val de Loire*. Arrault et Cie : p 430.
- DIREN Centre (2002) - MNT Lidar de la Loire Moyenne.
- Equipe pluridisciplinaire du plan Loire Grandeur Nature, Hydratec (1998) - modèle Loire Moyenne.
- Gaullier M., et Piney S. (2011) - Étude de dangers des digues de classe A de la Loire moyenne - Étude des brèches du val d'Orléans.
- Gasovski Z. (1990) – risque d'inondation dans le val d'Orléans – étude de propagation d'une crue type 1856 dans les conditions de 1990.
- Halbecq W. (1996) - Approche géomorphologique des brèches dans les levées de la Loire, entre le Bec d'Allier et Montjean .
- Le Journal du Loiret (1856).
- Médiathèque d'Orléans - « fond Guillon », cotes ms 1889 et ms 1884 ;
- Sainjon (1870) - Études sur les inondations de la Loire. Notes à joindre au rapport sur l'ensemble des études.