





Lerisque d'inondation Agglomération accidentelles sur de Nevers le val de Nevers

Les scénarios de brèches accidentelles sur

Sommaire



- 5 Le risque de brèches ne peut être ignoré
- 6 Inonder le val de Nevers avec des brèches
- 7 Mettre hors d'eau et contenir les crues
- 8 Comment surviennent les brèches
- 9 Comment surviennent les brèches (suite)
- 10 La débâcle de glace, une autre menace
- 11 La brèche est dramatiquement dangereuse
- 12 Mais la brèche écrête la crue...
- 13 Il faut se souvenir des grandes crues historique
- 14 L'agglomération risque toujours l'inondation
- 15 Le risque de brèches sur les levées de l'adn

16 Le risque de brèche a été modélisé

- 17 4 scénarios sur le val de Nevers
- 18 Déclenchement des brèches dans le val de Nevers
- 19 Ouverture des brèches dans le val de Nevers
- 20 Présentation des résultats scénarios de brèches

Crédits Photos

Hubert Couprie Pascal François Jean-Pierre Ferrand

Hubert Fallet
APEI

Photographies et archives Minea

Sources des documents : Hydratec et Sogreah

Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

Sommaire



- 21 Scénario A: 2 brèches en rive droite, T=500 ans
- Scénario A Localisation de la brèche amont
- Scénario A Localisation de la brèche aval
- 24 Scénario A Evolution du débit dans les brèches
- Scénario A Conséquences des brèches
- 26 Scénario A Pas d'impacts en Loire et ailleurs
- Scénario A Les niveaux d'eau
- 28 Scénario A Les hauteurs d'eau
- Scénario A Les vitesses
- 30 Scénario A Les durées d'inondation
- 31 Scénario C: 2 brèches en rive gauche, T=170 ans
- Scénario C Localisation de la brèche amont
- Scénario C Localisation de la brèche aval
- Scénario C Evolution du débit dans les brèches
- Scénario C Conséquences des brèches
- Scénario C Impact en Loire et ailleurs
- Scénario C Les niveaux d'eau
 - Scénario C Les hauteurs d'eau
- Scénario C Les vitesses
 - Scénario C Les durées d'inondation

Hubert Fallet APEI

Crédits Photos

Hubert Couprie

Pascal François

Jean-Pierre Ferrand

Photographies et archives Minea

Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

Sources des documents : Hydratec et Sogreah

Sommaire



- 41 Scénario B: 2 brèches en rive gauche, T=170 ans
- 42 Scénario B Localisation de la brèche amont
- 43 Scénario B Localisation de la brèche aval
- 44 Scénario B Evolution du débit dans les brèches
- 45 Scénario B Conséquences des brèches
- 46 Scénario B Impacts en Loire et ailleurs
- 47 Scénario B Les niveaux d'eau
- 48 Scénario B Les hauteurs d'eau
- 49 Scénario B Les vitesses
- 50 Scénario B Les durées d'inondation
- 51 Scénario D: 2 brèches en rive gauche, T=500 ans
- 52 Scénario D Localisation de la brèche amont
- 53 Scénario D Localisation de la brèche aval
- 54 Scénario D Evolution du débit dans les brèches
- 55 Scénario D Conséquences des brèches
- 56 Scénario D Impacts en Loire et ailleurs
- 57 Scénario D Les niveaux d'eau
- 58 Scénario D Les hauteurs d'eau
- 59 Scénario D Les vitesses
- 60 Scénario D Les durées d'inondation
- 61 Inondations sans brèche et avec brèches
- 62 7 scénarios d'aménagement pour réduire l'aléa

Crédits Photos

Hubert Couprie

Pascal François

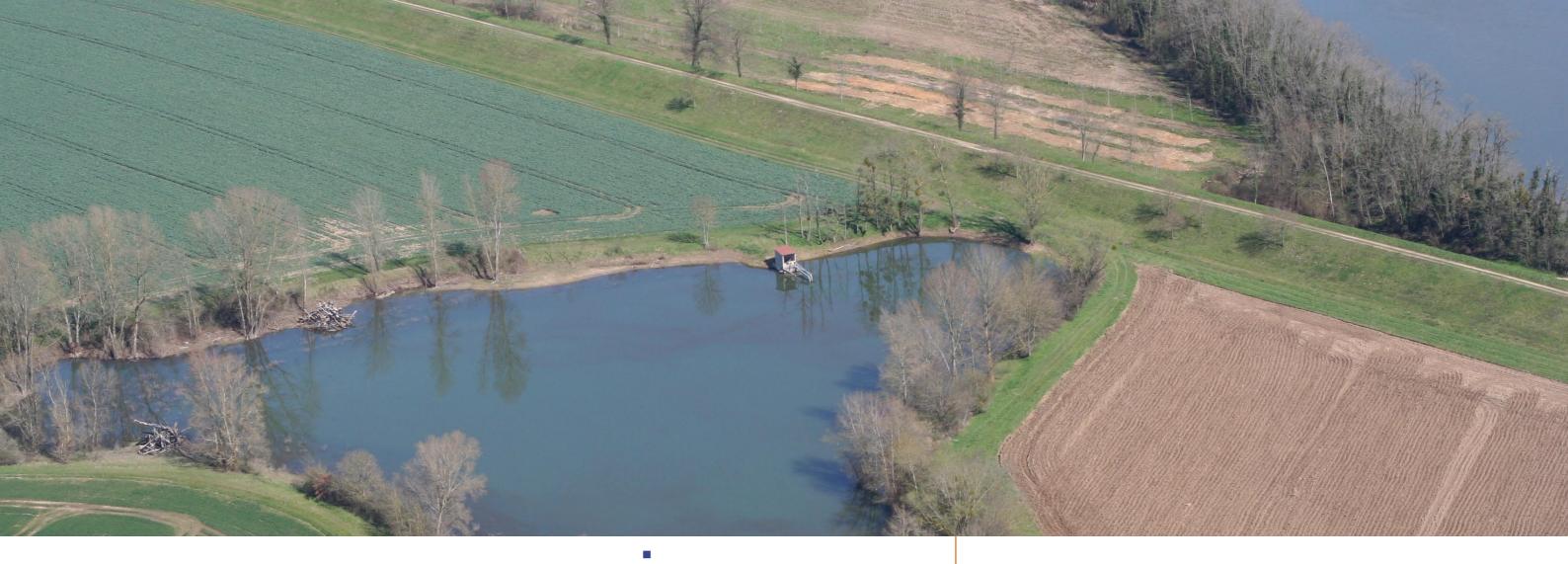
Jean-Pierre Ferrand Hubert Fallet

APEI

Photographies et archives Minea

Sources des documents : Hydratec et Sogreah

Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers



Le risque d'inondation brèches brèches ne peur de Nevers ignoré

Le risque de brèches ne peut être

Inonder le val de Nevers avec des brèches



Pourquoi modéliser les brèches accidentelles dans le val de Nevers

Les enseignements des modèles nous ont montré que les levées du val de Nevers étaient insubmersibles pour toutes les crues jusqu'à la crue de période de retour T=500 ans.

L'observation et l'analyse des ouvrages de protection ont alerté les techniciens. Il a donc été décidé de retenir des hypothèses crédibles et potentielles d'ouverture de brèches dans les levées. Les modélisations ont porté sur des brèches qui auraient été ouvertes par des surverses et non par des déstabilisations accidentelles. Le présent volet prend donc en compte pour le val de Nevers, rives droite et gauche, ce type de brèche.

Les crues historiques en ont crédibilisé les implantations et la survenance.

Mettre hors d'eau et contenir les crues

Les protections augmentent la vitesse de l'eau

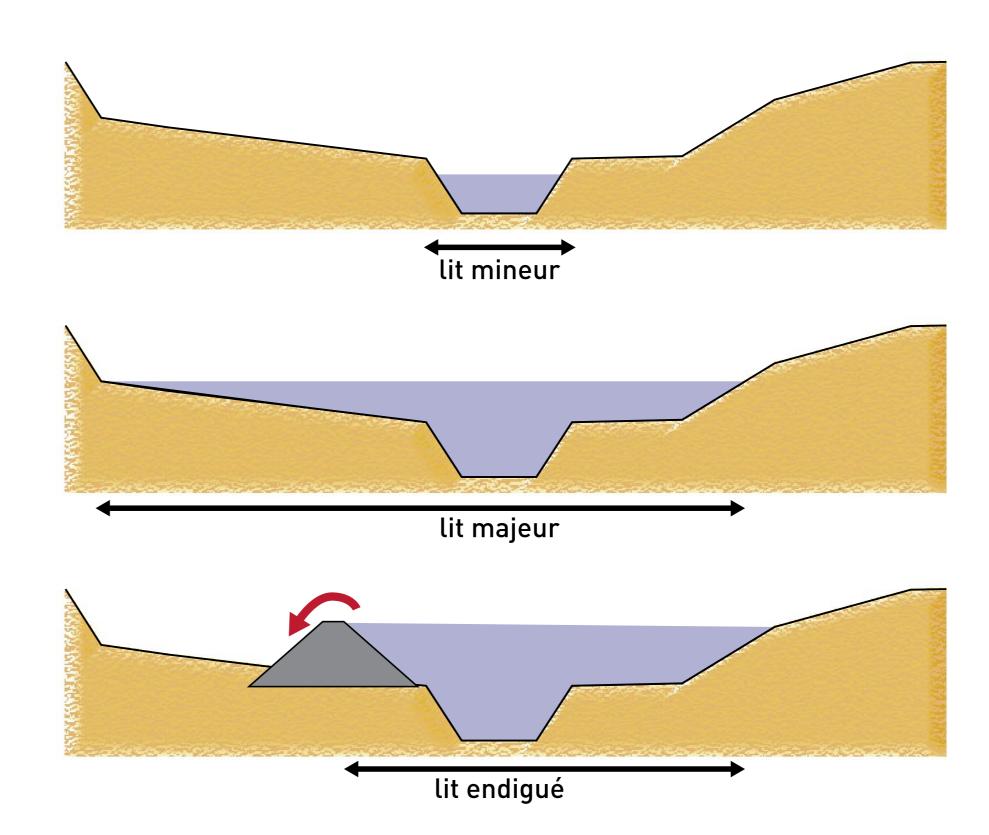
Les surélévations des sols pour mettre hors d'eau les enjeux (tertres ou remblais) ainsi que les ouvrages de protections linéaires (turcies, levées et digues) contestent le lit des rivières. Le fleuve perd alors ses champs d'expansion. Contraints dans les levées, ses flots sont donc plus agressifs et s'élèvent plus rapidement. Avec la construction des levées, la Loire atteint des niveaux et des vitesses qu'elle ne connaissait pas auparavant, d'où un accroissement du danger.

Avec les levées naît le risque de brèches

Mais à la question : « Vont-elles résister et sontelles assez hautes ? », la réponse historique est « Pas toujours et pas pour toutes les crues ».

Ces ouvrages, plus ou moins bien réalisés et souvent mal consolidés dans la précipitation, ont toujours cédé lors des grandes crues. Les levées ne protègent les hommes et leurs activités que pour des crues petites et moyennes.

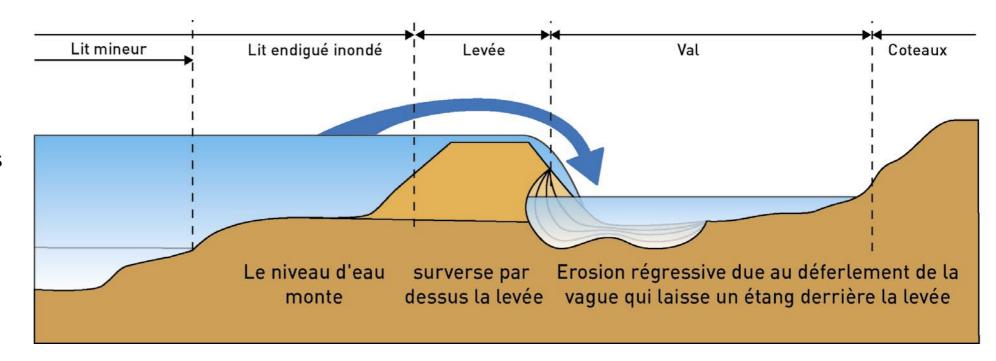
Il faut savoir qu'avec les levées naît le risque de brèches.



Comment surviennent les brèches

Brèche par surverse

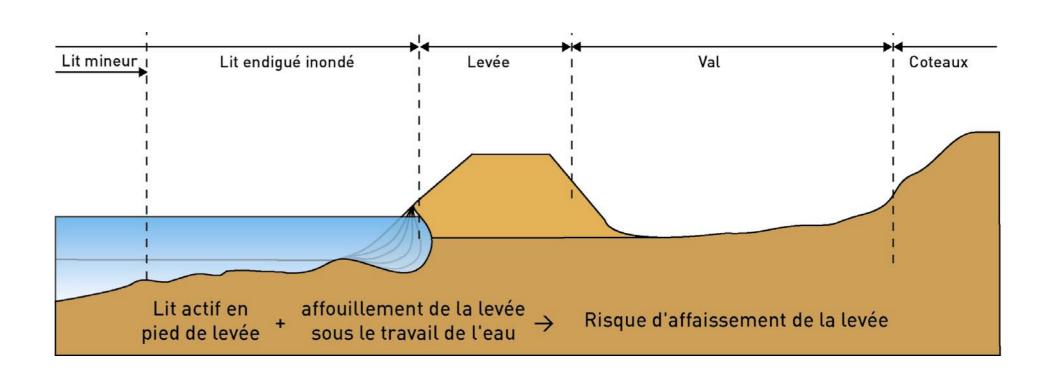
Les désordres sont incontournables lorsque le niveau d'eau dépasse la cote de crête de la digue. La lame d'eau déversante attaque le talus par érosion régressive et engendre une brèche dans la levée. Les flots peuvent l'élargir jusqu'à 200 m ou plus et ce jusqu'au terrain naturel. C'est la principale cause d'ouverture de brèches, comme l'ont montré les crues du XIXème siècle.



Brèche suite à des érosions de talus

Les talus et les pieds des levées, surtout lorsqu'ils sont au contact du lit du fleuve, subissent des courants hydrauliques puissants.

Ces flots peuvent provoquer des érosions en pied d'ouvrage et entraîner la déstabilisation de l'ouvrage.



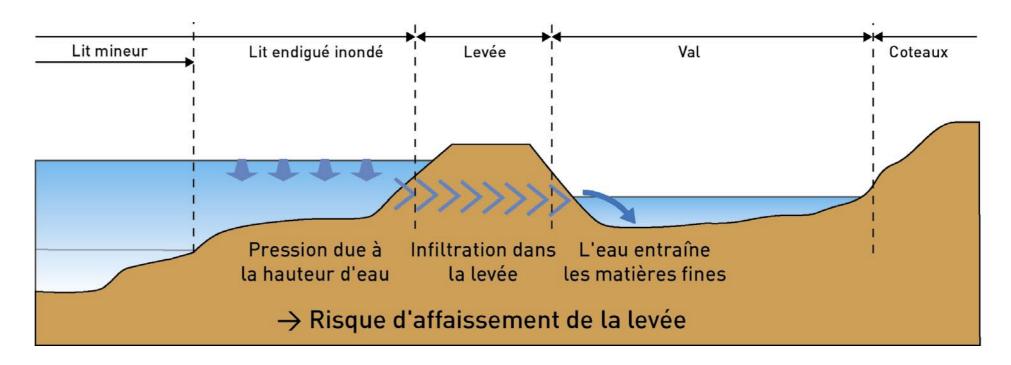
Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

Minea - Avril 2009 - Sources Hydratec et Sogreah

Comment surviennent les brèches (suite)

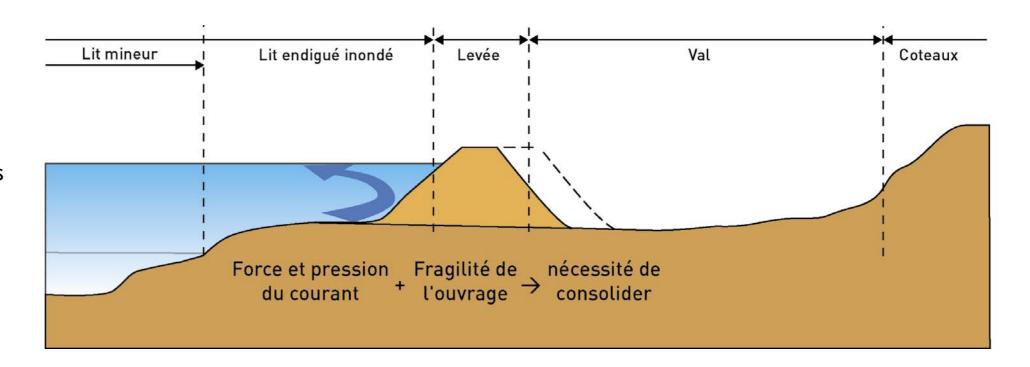
Brèche consécutive à la formation de renards

L'hétérogénéité du corps de la digue peut provoquer des cheminements d'eau. Ils sont susceptibles de chasser des matériaux du corps de digue côté val et former des galeries en travers de la levée. C'est le renard hydraulique.



Brèche suite à l'instabilité de la levée

Le risque d'instabilité d'ensemble de l'ouvrage concerne principalement des levées étroites avec talus raides non drainés et de compacité faible. Des travaux de renforcement de ces ouvrages peuvent alors s'avérer indispensables.



Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

La débâcle de glace, une autre menace

La débâcle peut être dangereuse

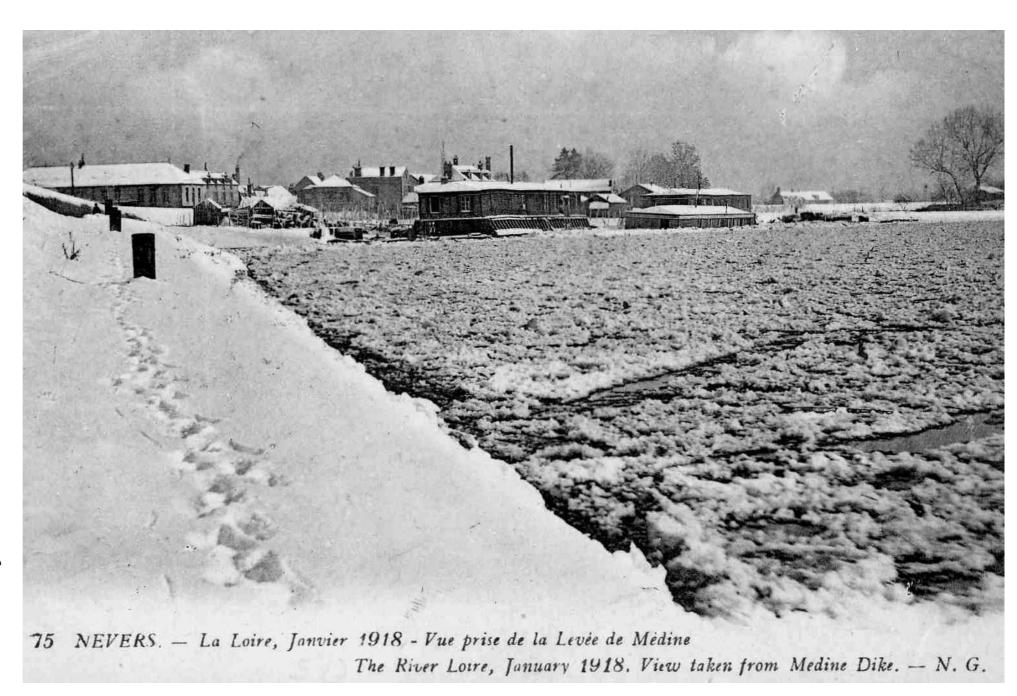
Si une crue majeure peut s'avérer destructrice, il en est de même de la formation de blocs de glace qui, au dégel, provoquent des embâcles très volumineux.

Les ouvrages du lit peuvent subir des dommages

Les glaces viennent alors s'accumuler devant tout obstacle, créant un barrage dont la hauteur augmente, générant une pression telle que l'ouvrage finit par céder.

les levées ne sont pas épargnées

Les levées contiguës peuvent elles aussi subir le même sort. L'eau chargée de glace et de corps flottants fait alors irruption dans le val avec une rare violence.



La brèche est dramatiquement dangereuse

Les protections ont leurs limites

En fonction de la crue que l'on veut contenir, la conception et la qualité des ouvrages changent. Il y a toujours des limites. L'histoire nous l'a montré. Il nous faut rester modestes. La survenance de brèches par surverse ou par érosion peut arriver dans n'importe laquelle de nos levées.

L'inondation peut se faire de manière sournoise

Même si l'ouvrage ne cède pas, les secteurs protégés peuvent se trouver inondés par migration des eaux sous les levées et par remontée de nappe. La levée est souvent surmontée d'une fragile banquette qui tente de contenir les flots.

La brèche, un phénomène brutal et violent

Avec les brèches, l'incertitude de leur localisation et de leur survenance crée le danger. Le déferlement de la vague balaie tout sur son passage. La chute d'eau creuse de profondes fosses d'érosion et détruit la levée sur une longueur de plus d'une centaine de mètres. Derrière la levée, le niveau de l'eau monte très rapidement.

Des brèches en cascade

Lorsque le val est fermé, le fleuve peut créer une autre brèche : la brèche de retour. Les conséquences des brèches sont redoutables pour les populations.



Brèche de la levée de Saint-Pryvé après la crue de 1856

Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

Mais la brèche écrête la crue...

La crue retrouve ses champs d'expansion

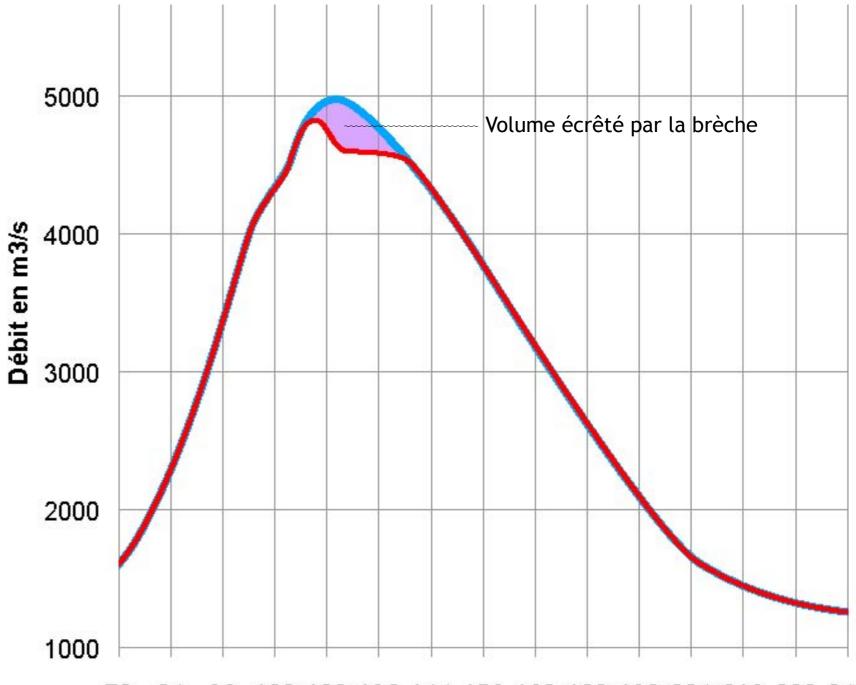
Lors des grandes crues historiques, les brèches ont permis un écrêtement des flots de la Loire. Elle a retrouvé accidentellement les champs d'expansion que lui avait soustrait l'homme. Une partie du volume d'eau est stockée momentanément dans les vals inondés et vient minorer l'impact de la crue, localement et à l'aval. Ce fut le cas à Nevers, rive gauche en particulier, avant et après la confluence avec l'Allier.

Les déversoirs reprennent ce principe

Les études ont montré que cet effet écrêteur ne joue que si les champs d'expansion sont de grande dimension. Ce constat a incité les ingénieurs du XIXème siècle à proposer la création d'ouvrages capables d'écrêter la crue : les déversoirs de sécurité. Leur fonctionnement doit être calculé pour permettre un délestage au bon moment, lors du pic de crue.

Le schéma ci-contre représente la simulation du débit de la Loire à Givry, si une brèche venait à s'y produire.

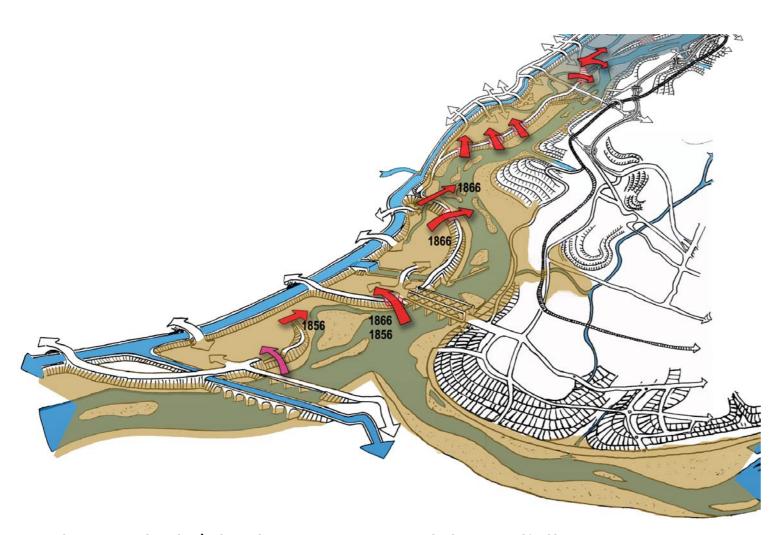


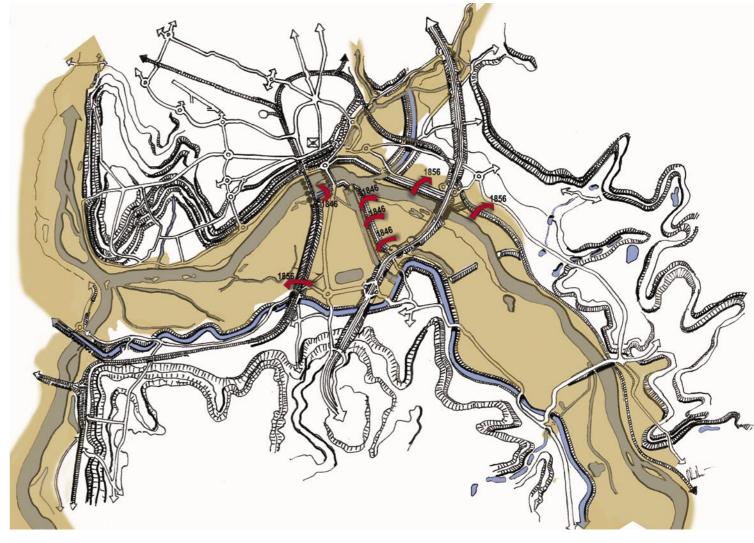


72 84 96 108 120 132 144 156 168 180 192 204 216 228 240

Durée de la crue type simulée en heures

Il faut se souvenir des grandes crues historique





Localisation des brèches historiques en amont du Bec d'Allier

Localisation des brèches historiques en aval du Bec d'Allier

Plus de détail dans le module Historique des grandes crues de la Loire»

L'agglomération risque toujours l'inondation

La Loire est un fleuve au débit très irrégulier.

Le débit peut être très faible en été, comme en 1933 où l'on pouvait pratiquement traverser le fleuve à pied à Tours. Il lui arrive de s'avérer extrêmement violent. La Loire, en effet, produit des crues redoutables, 3 fois de suite, au XIXème siècle.

Différentes causes d'inondations menace l'adn

L'Agglomération de Nevers reste vulnérable aux fortes crues de la Loire. L'inondation peut très bien être la conséquence directe de la montée des eaux dans les secteurs non protégés. Elle peut provenir de remontées de nappes ou d'une surverse sur une levée, occasionnée par des embâcles ou des encombres au niveau des piles du Pont de Loire. A Fourchambault aucun endiguement ne vient arrêter la progression des eaux.

Les crues sont atténuées par le barrage de Villerest

La puissance des crues de la Loire est aujourd'hui atténuée par le barrage de Villerest implanté en amont de Roanne. Il peut réduire de 1 000 m³/s le débit maximum d'une forte crue. Celui-ci peut atteindre plus de 4 000 m³/s au pont de pierre.

A Nevers, l'action du barrage de Villerest a abaissé d'environ 90 cm le niveau de la crue de décembre 2003.



Nevers Pendant la crue de 1983







Le risque de brèches sur les levées de l'adn

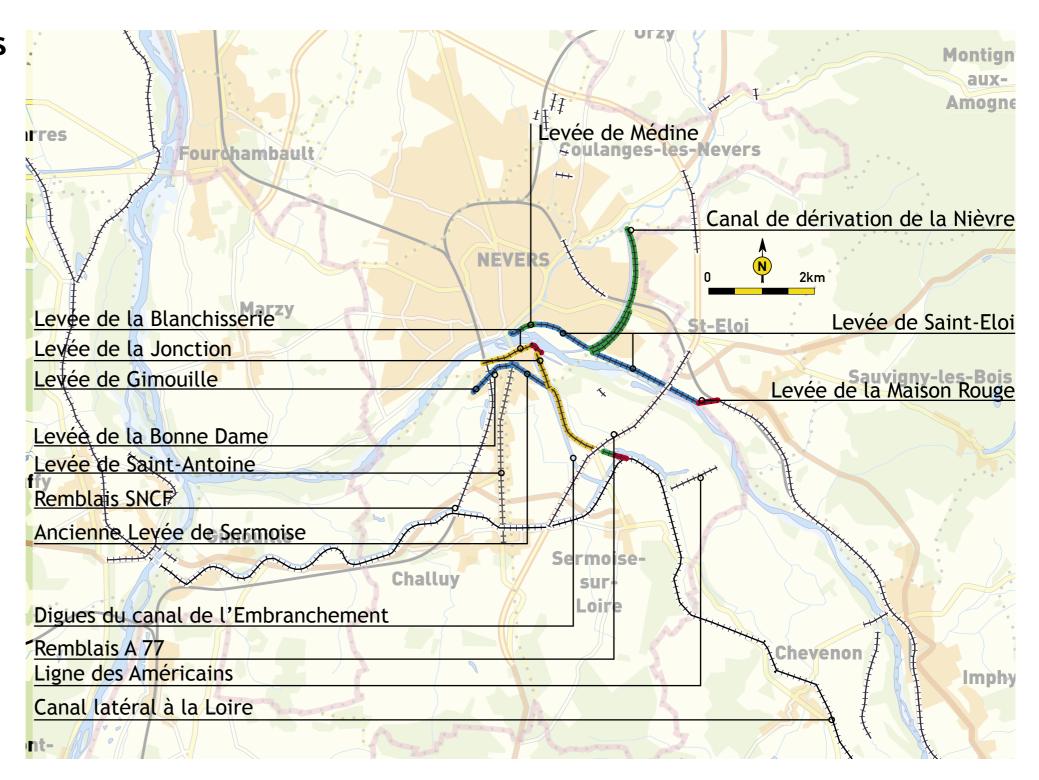
Les levées sont insubmersibles mais présentent des points faibles

Par rapport au profil en long de la Loire en crue, les levées sont insubmersibles jusqu'aux crues de période de retour de 500 ans.

En rive droite, un point bas a été isolé sur la levée de la Maison Rouge.

En rive gauche, la crue cinq-centennale atteint les crêtes des levées de Gimouille et de Sermoise. La fragile banquette qui surélève la levée de Sermoise tente de limiter les surverses.

Plus de détail dans le module « Les levées sur l'agglomération de Nevers aujourd'hui »





Lerisque d'inondation sur l'Agglomération a été de Nevers modélisé

Le risque de brèche

4 scénarios sur le val de Nevers

Devant la certitude de la survenance de brèches, 4 scénarios ont été construit pour en évaluer l'impact. Les scénarios de brèches ont été élaborés par le Groupe Technique EGRIAN. Ils ont été pris en compte dans les deux modèles.

Scénario A:

Deux brèches en rive droite dans la levée de Saint-Eloi, l'une juste en aval de l'A77 et l'autre à l'angle de la levée de Saint-Eloi et de la levée du canal de dérivation de la Nièvre, pour la crue T=500 ans.

Scénario B:

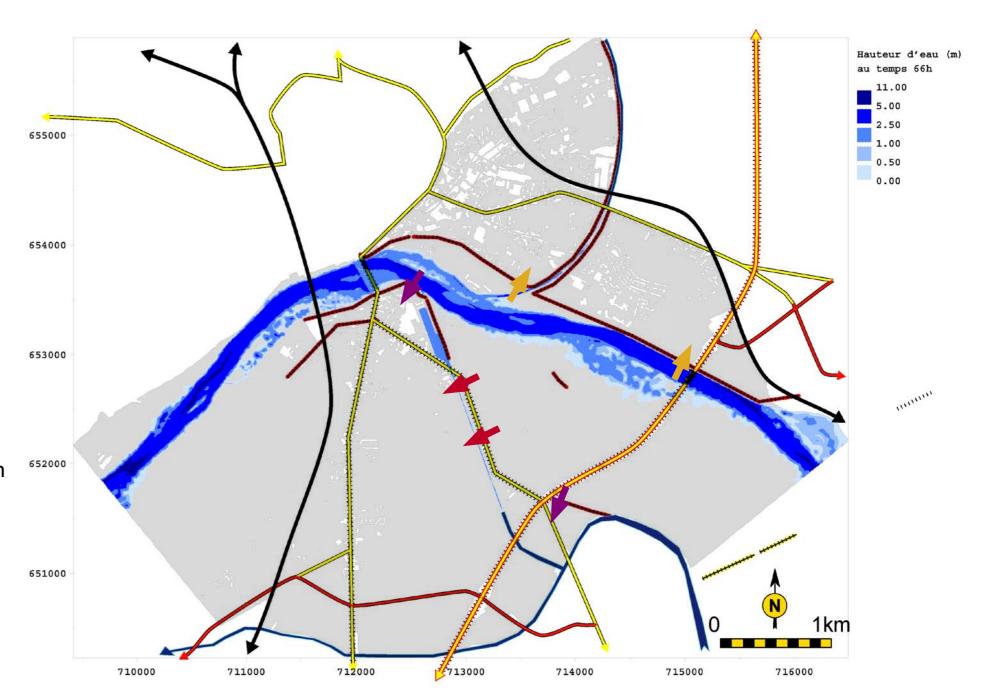
Deux brèches en rive gauche dans la levée de Sermoise, l'une située au droit du chemin du Peuplier Seul et l'autre située en amont de la station d'eau potable, pour la crue T=170 ans.

Scénario C:

Deux brèches en rive gauche, l'une dans la levée de la Bonne Femme et l'autre dans la levée de la Blanchisserie, au niveau de l'étranglement de la Loire, pour une crue T=170 ans.

Scénario D:

Brèches identiques au scénario B mais pour une crue T=500 ans.



Hypothèses de modélisation

Dans les modèles, les brèches ont une longueur de 100 m et s'ouvrent en 1h. L'ouverture des brèches s'effectue jusqu'au terrain naturel.

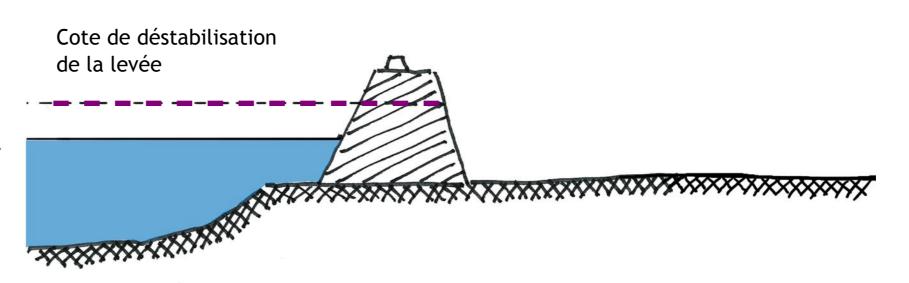
Dans la réalité, il est aussi très probable qu'une fosse de dissipation se forme sous l'effet des courants très importants dans la brèche et à son aval immédiat.

Déclenchement des brèches dans le val de Nevers

L'ouverture de la brèche correspond au dépassement pour le niveau d'eau, à la hauteur de la brèche, d'une hauteur prédéfinie, correspondant à la cote de déstabilisation probable de la digue issue des cas suivant :

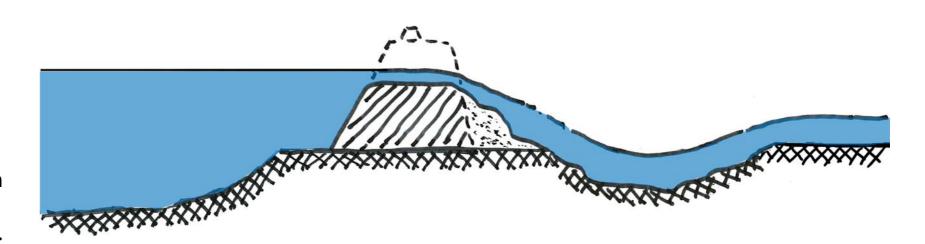
Le niveau d'eau est inférieur à la cote de déstabilisation

Tant que le niveau de l'eau est inferieur à la cote de déstabilisation de la levée, l'eau monte sans effet apparent. Les efforts sur l'ouvrage augmentent.



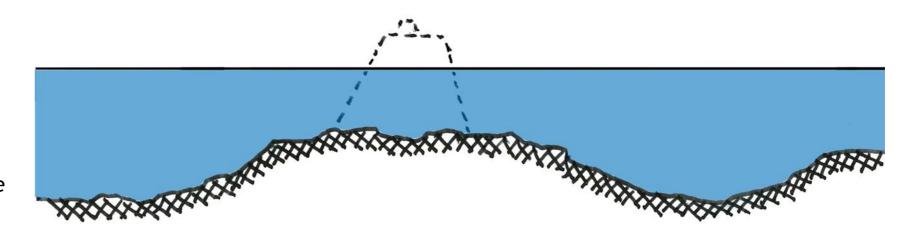
L'eau atteint la cote de déstabilisation

A cause de la pression, l'eau qui atteint la cote critique déstabilise la levée. Une brèche s'ouvre en grignotant l'ouvrage. La puissance de l'écoulement creuse une fosse d'érosion juste derrière la brèche.



La brèche permet le remplissage du val

Une fois la brèche ouverte, le val, initialement protégé par la levée, se remplit jusqu'à atteindre le niveau d'eau en Loire.



Ouverture des brèches dans le val de Nevers

Pour la modélisation, le mode d'ouverture de la brèche combine un abaissement progressif de la cote de la digue et un élargissement de la brèche. Un seul mode d'ouverture a été retenu pour toutes les brèches.

Surverse, destruction de la banquette

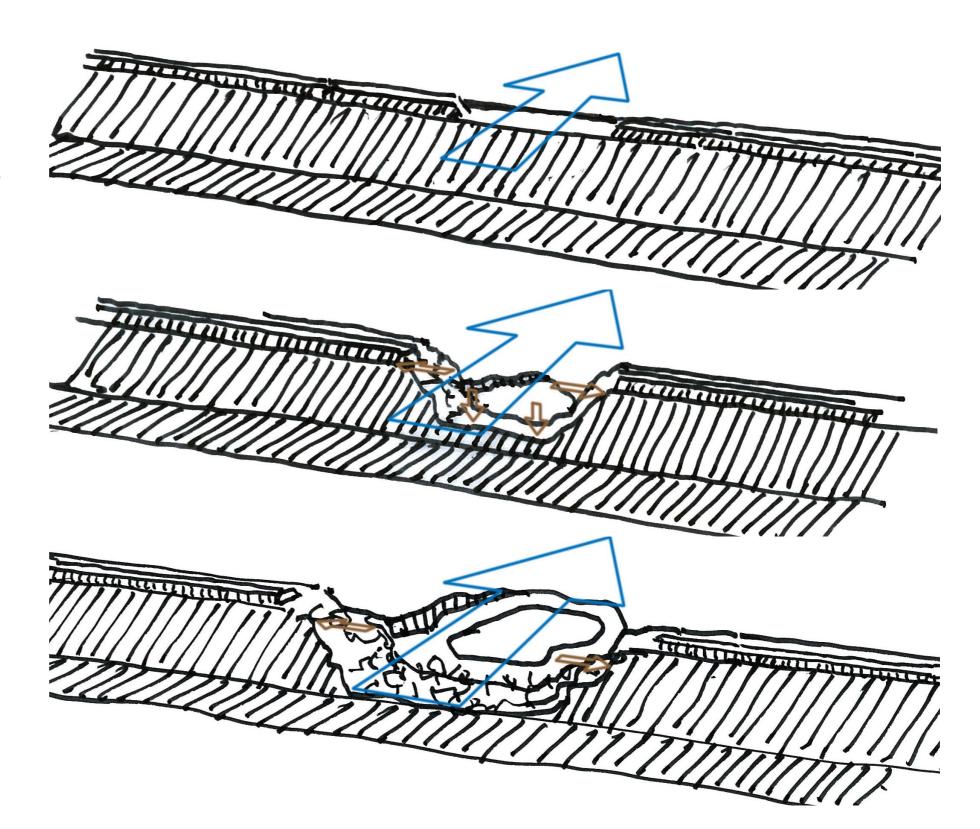
Dans le cas d'une surverse, les flots commencent par détruire la banquette qui surrélève la levée.

Brèche, ouverture verticale et latérale

L'eau continue de couler en creusant l'ouvrage en profondeur et en largeur. Les flots emportent les débris qui creusent la fosse d'érosion.

Brèche, ouverture latérale

Lorsque la brèche atteint le pied de la levée, elle ne peut s'étendre que latéralement même si une érosion en profondeur a certainement lieu.



Présentation des résultats scénarios de brèches

La présentation est systématique

Les scénarios sont présentés dans l'ordre de A, C, B et D. Les scénarios B et D sont regroupés dans la mesure où ce sont les mêmes brèches pour deux crues différentes.

Les résultats portent sur :

- Une analyse des débits transitant par les brèches.
- Des cartes des maxima : de niveaux d'eau, des hauteurs d'eau, des vitesses d'écoulement et des durées de submersion.
- Un examen de l'influence des brèches par rapport à la situation sans rupture des endiguements (modification du niveau d'eau maximal, de la vitesse d'écoulement maximale et de la répartition des débits).

Des zooms dans la zone proche des brèches permettent de mieux visualiser les maxima de hauteur d'eau et de niveaux d'eau.

Les mêmes échelles de valeurs et de couleurs sont utilisées de façon à faciliter la comparaison des scénarios entre eux. La localisation de chaque brèche est rappelée.

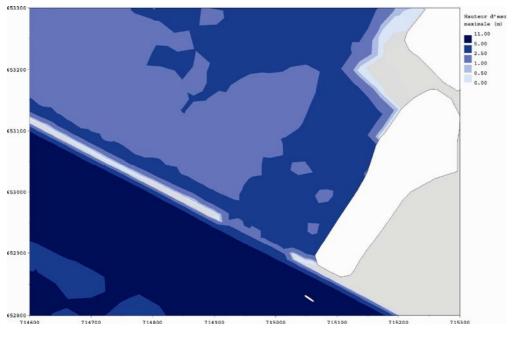


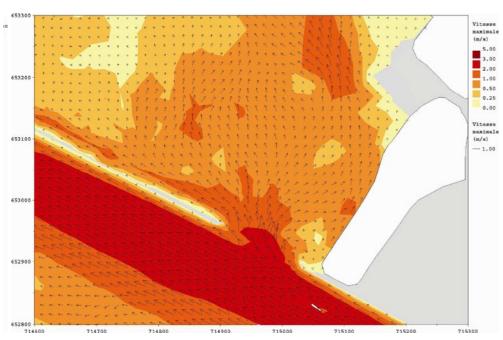


Lerisque ari Agglomération 2 brèches en rive droite, T=500 ans

Scénario A:

Scénario A - Localisation de la brèche amont

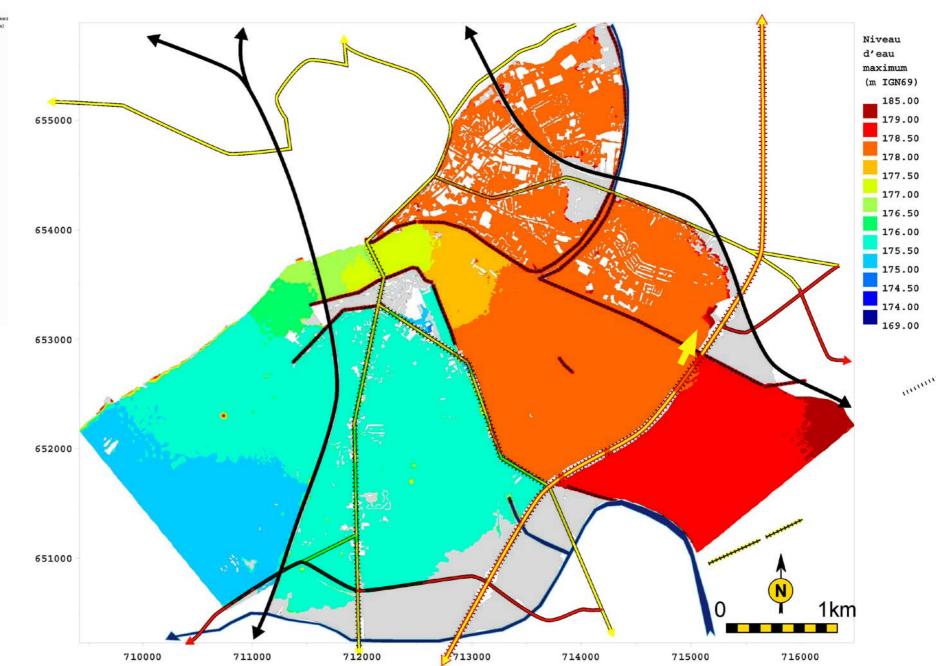




La brèche amont est positionnée juste en aval de l'A77

Historiquement, lors des crues du XIXème, une brèche s'était produite à cet emplacement.

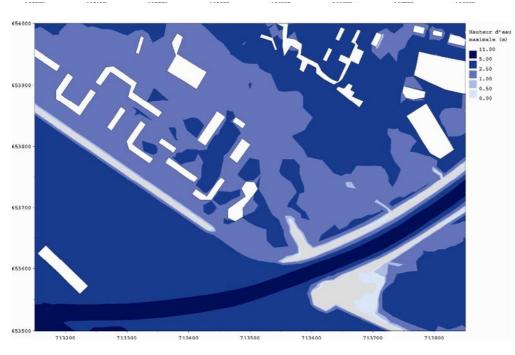
Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

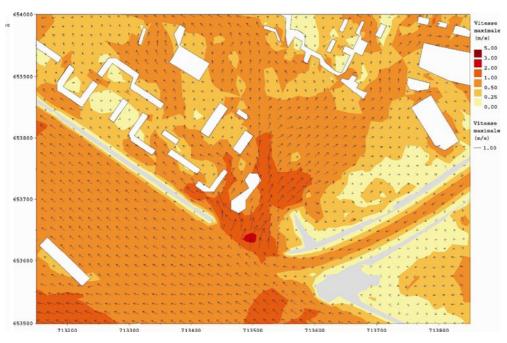


Le scénario A ouvre 2 brèches en rive droite dans la levée de Saint-Eloi

La brèche amont s'ouvre juste en aval de l'A77 et la brèche aval s'ouvre à l'angle de la levée de Saint-Eloi et de la levée du canal de dérivation de la Nièvre. Ces brèches s'ouvrent pour la crue T=500 ans et se déclenchent de manière très rapprochée.

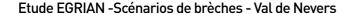
Scénario A - Localisation de la brèche aval

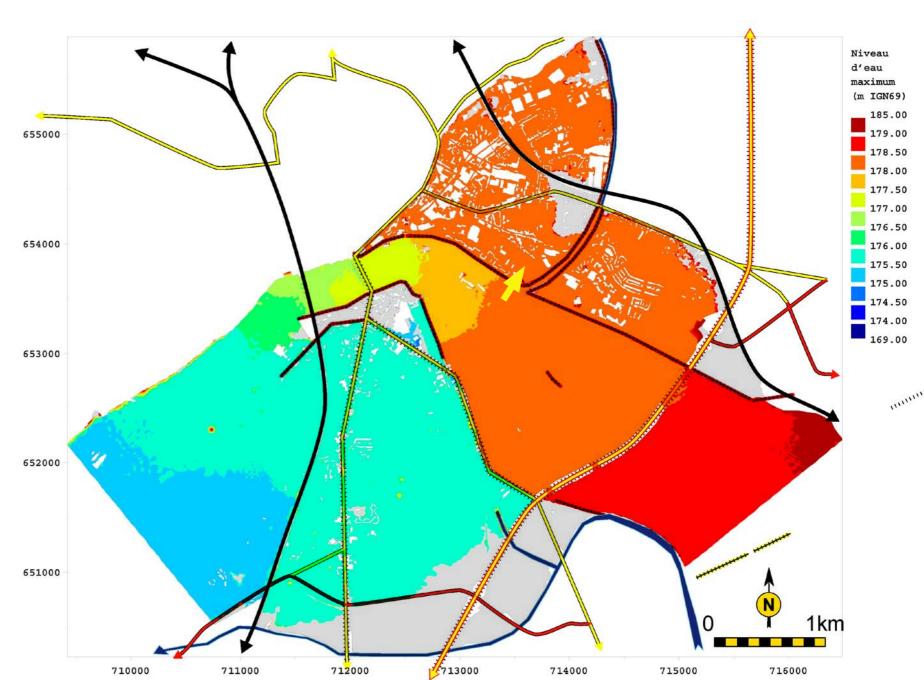






Historiquement plusieurs brèches ont eu lieu dans ce secteur au 19ème siècle mais le canal de la Nièvre n'existait pas encore.





Le scénario A ouvre 2 brèches en rive droite dans la levée de Saint-Eloi

La brèche amont s'ouvre juste en aval de l'A77 et la brèche aval s'ouvre à l'angle de la levée de Saint-Eloi et de la levée du canal de dérivation de la Nièvre. Ces brèches s'ouvrent pour la crue T=500 ans et se déclenchent de manière très rapprochée.

Scénario A - Evolution du débit dans les brèches

La brèche amont se déclenche violemment la première

La brèche amont s'ouvre à l'instant 106 h et alimente le val de La Baratte. La hauteur à l'échelle de la Jonction est de 5,6 m. En moins d'une heure, le débit dans la brèche atteint 304 m³/s. 2 heures plus tard le débit retombe à moins de 25 m³/s.

Le remplissage du val se poursuit pendant encore 33 h. L'écoulement s'inverse ensuite pour laisser place à la vidange avec un débit au plus de 12 m³/s.

Le val du Faubourg de Mouësse ne se vidange pas

La brèche aval s'ouvre 108 heures après la brèche amont et alimente le val du Faubourg de Mouësse. A cet instant, la hauteur à l'échelle de la Jonction est de 5,65 m environ.

En moins d'une heure le débit dans la brèche atteint 171 m³/s.

Le remplissage du val se poursuit pendant encore 58 h.

L'inversion du débit s'observe mais de manière non significative, avec un débit de retour de moins de 3 m³/s.

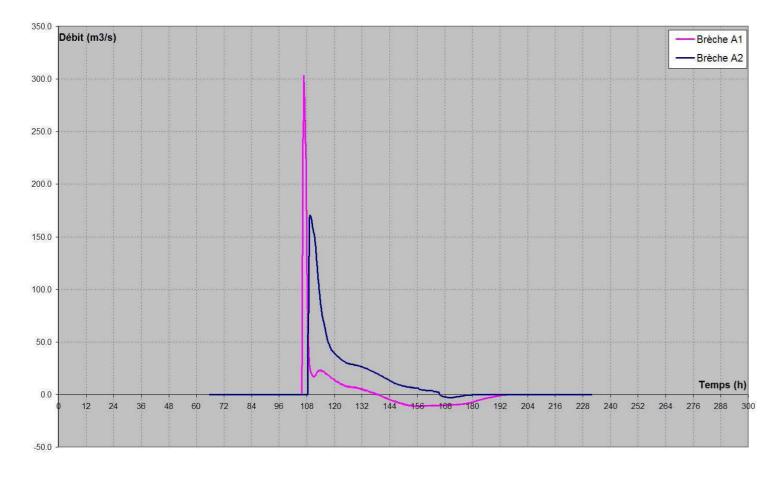


Figure 2 - Hydrogrammes de débit s'écoulant au travers des brèches - scénario A

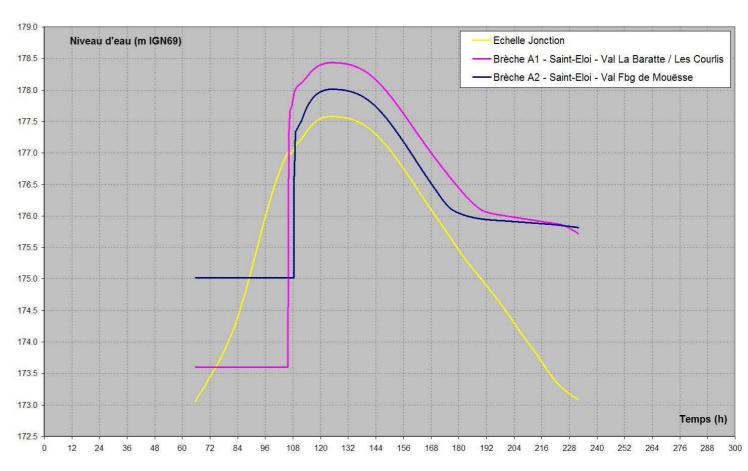


Figure 3 - Limnigrammes à l'intérieur des vals de La Baratte et de Mouësse - scénario A

Page 24

Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

Scénario A - Conséquences des brèches

Les brèches remplissent complètement les vals de la rive droite

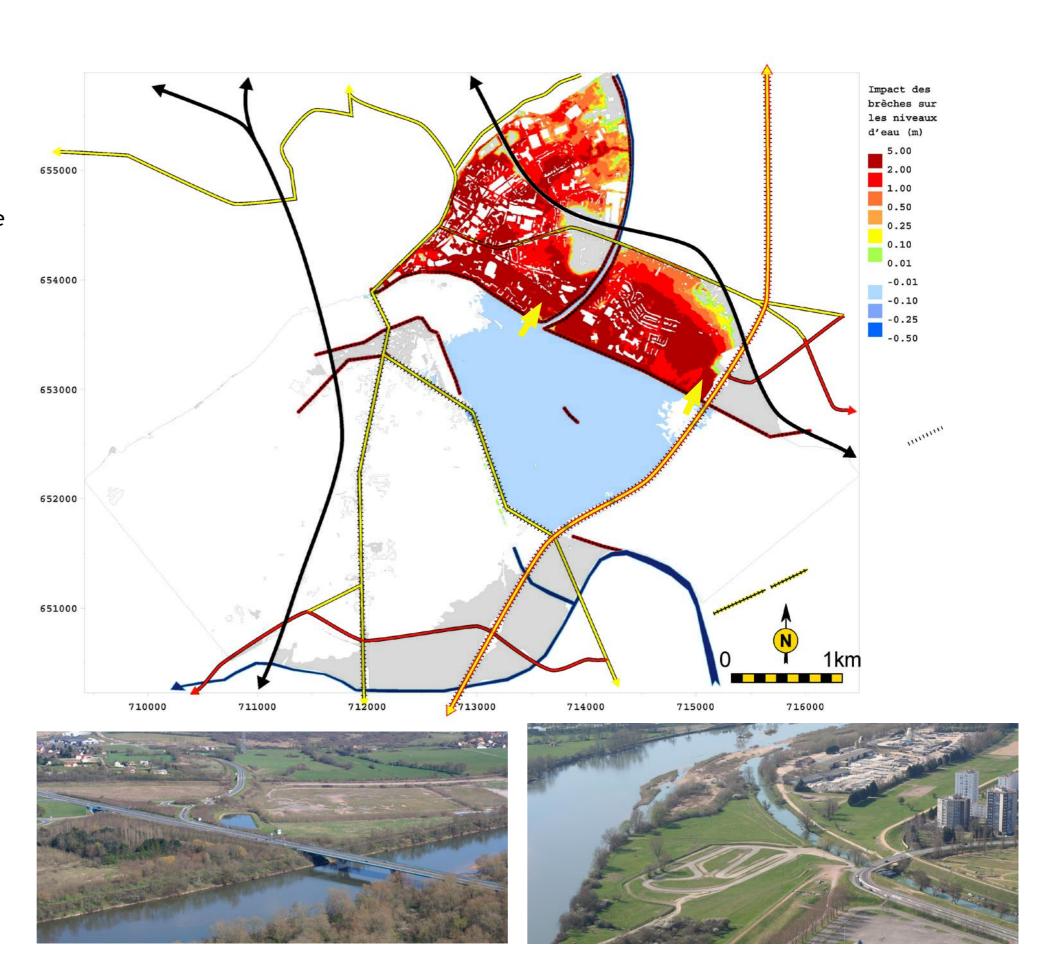
La formation des brèches sur la levée de St-Eloi induit un remplissage complet des trois vals de la rive droite de Nevers. Dans la situation sans rupture accidentelle des levées, ces trois vals étaient complètement secs si l'on ne prend pas en compte les remontées de nappes.

Un remplissage direct

Le val de La Baratte et le val du Faubourg de Mouësse se remplissent de manière « directe » du fait de la présence des brèches.

Un remous hydraulique

Le val des Taupières en amont de la voie ferrée de Nevers / Imphy est, quant à lui, inondé par le remous hydraulique au travers des ouvrages du remblai SNCF.

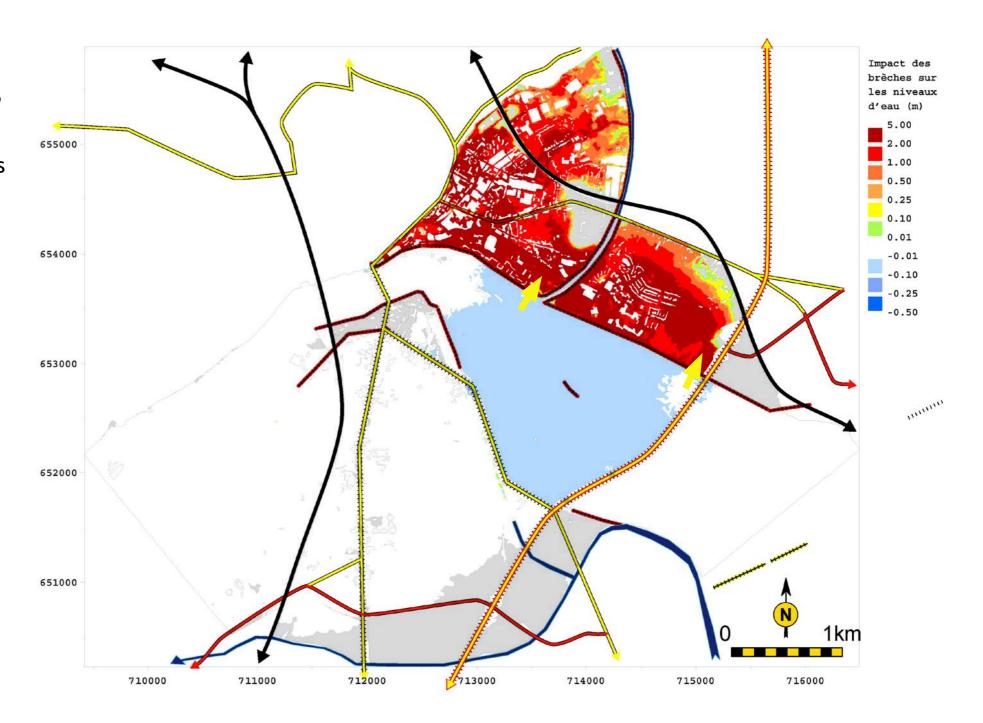


Scénario A - Pas d'impacts en Loire et ailleurs

Les modifications des plus hauts niveaux d'eau sur la Loire ne sont pas perceptibles

L'influence de l'ouverture des brèches sur les caractéristiques de l'inondation, ailleurs que sur les secteurs liés aux brèches, est pratiquement nulle. L'abaissement du niveau d'eau est de l'ordre du centimètre dans le lit mineur et dans le lit majeur non endigué sur le linéaire compris entre l'aval de l'A77 et le resserrement de la Jonction.

Il n'y a pas non plus d'influence sur les vitesses d'écoulement et la répartition des débits est semblable à la situation sans rupture des endiguements.



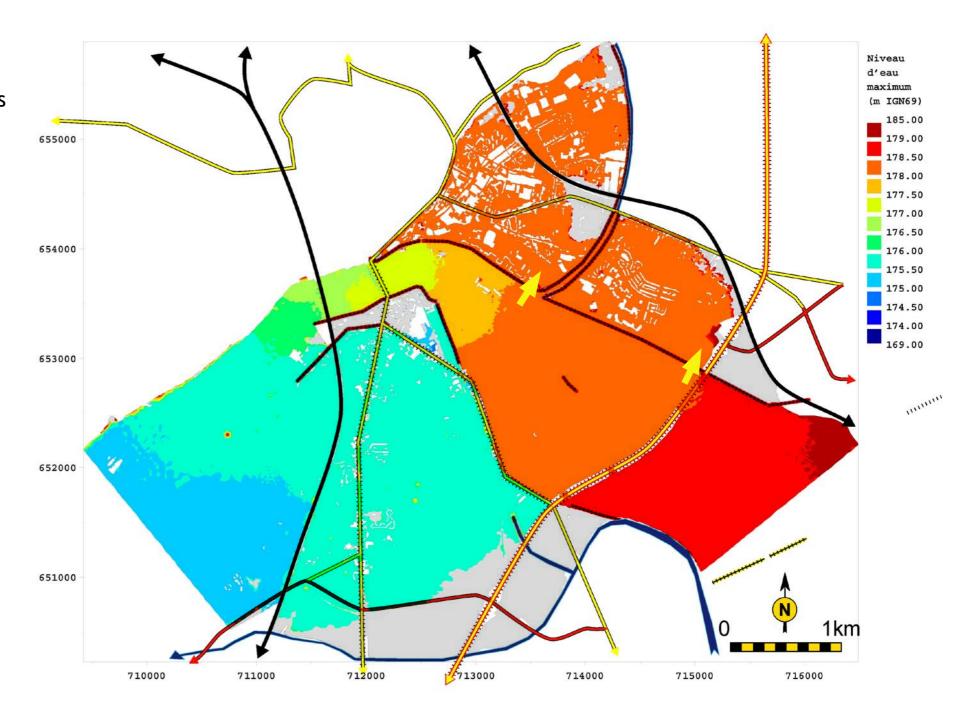
Scénario A - Les niveaux d'eau

L'inondation des vals est très rapide

Dans les vals, la variation des niveaux d'eau est très rapide dès l'ouverture des brèches.

Lorsque les vals sont pleins, les maxima calculés atteignent 178,44 m NGF IGN69 pour le val de La Baratte, et 178,01 m NGF IGN69 pour les vals de Mouësse et des Taupières.

Ces valeurs correspondent au niveau d'eau dans la Loire devant chaque brèche.



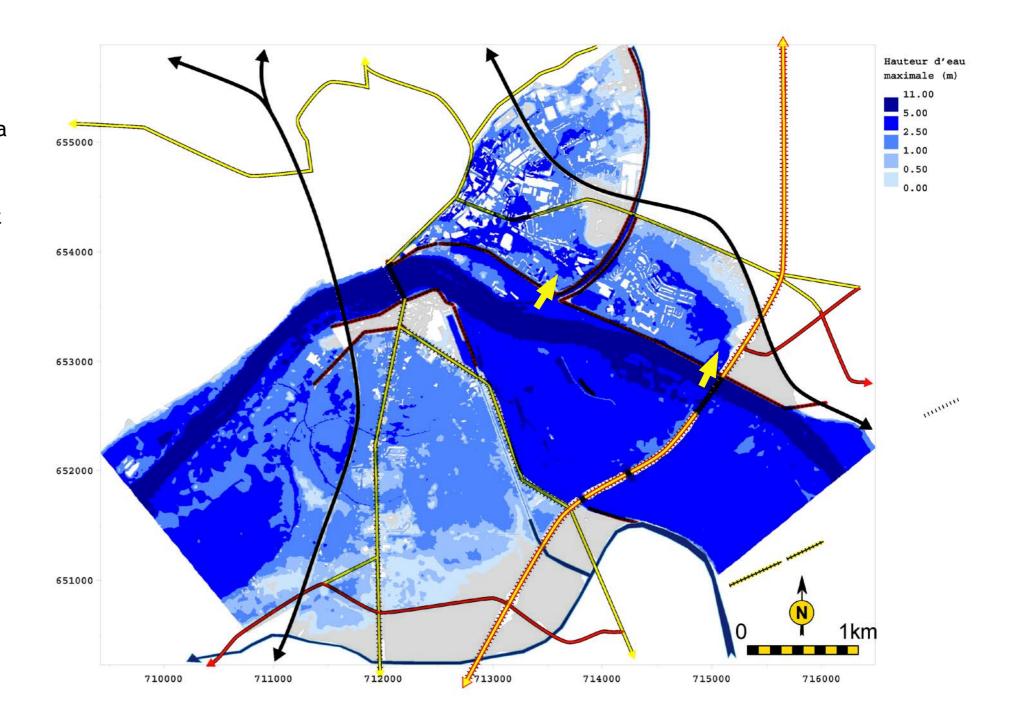
Minea - Avril 2009 - Sources Hydratec et Sogreah

Scénario A - Les hauteurs d'eau

Les hauteurs d'eau sont importantes

Les hauteurs d'eau maximales sont en général comprises entre 1,5 m et 3,0 m dans les vals de La Baratte et de Mouësse. Elles sont comprises entre 0,5 m et 2,5 m dans le val des Taupières.

Ces valeurs peuvent localement être dépassées et atteindre 4 m aux points les plus bas des vals.



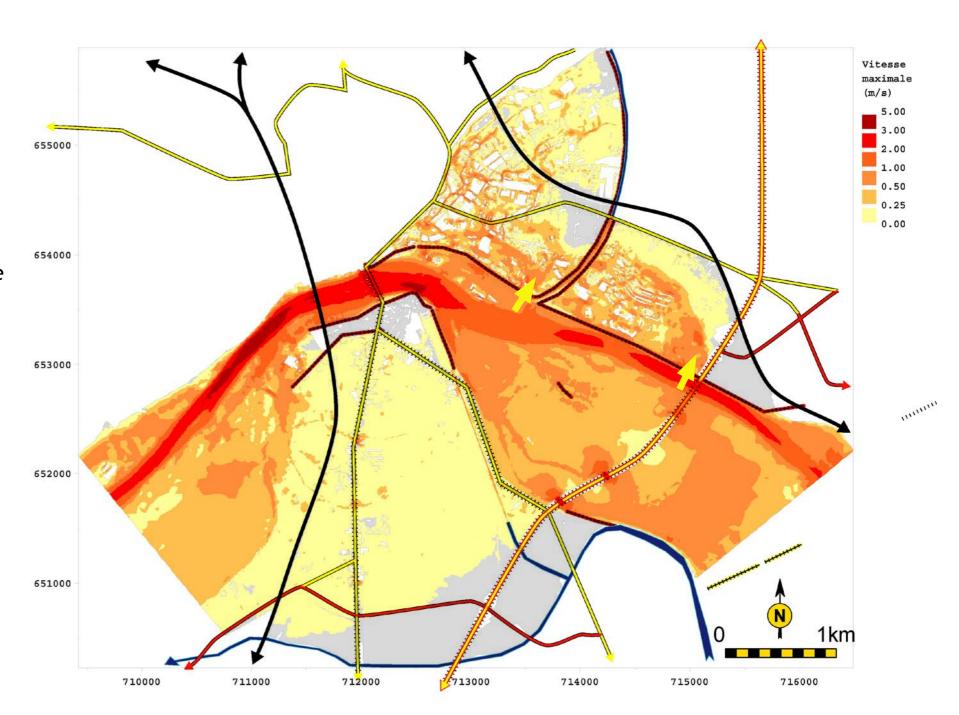
Scénario A - Les vitesses

Dans les vals les vitesses d'eau sont faibles

Les vitesses d'écoulement maximales restent en général en deçà de 1,0 m/s. Elle peut localement dépasser cette valeur dans les rues étroites et dans les lits des ruisseaux drainant les vals.

Dans l'ouverture des brèches, la vitesse maximale calculée dépasse 2,0 m/s. Elle peut induire une érosion importante des terrains en aval immédiat de la brèche côté val.

Ce phénomène n'est pas pris en compte dans la modélisation.

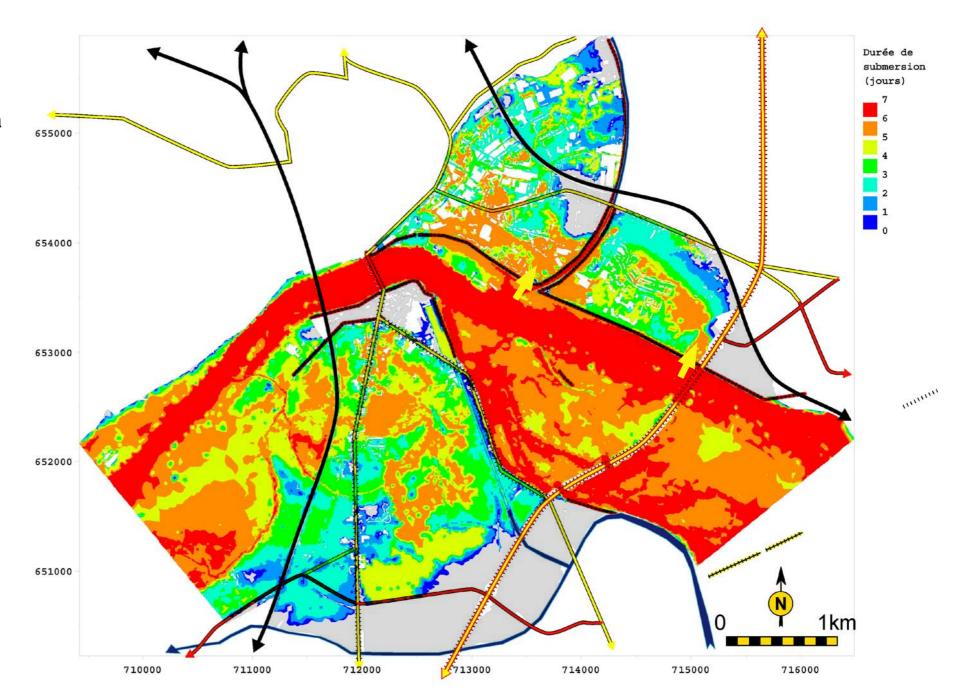


Le danger lié aux vitesses d'eau est aussi fonction des hauteurs d'eau et réciproquement. Le seuil est pris à partir de 1 m/s en vitesse sur 0,5 m de haut et inversement 0,5 m/s de vitesse sur 1 m de haut. Pour ces valeurs un homme est déstabilisé.

Scénario A - Les durées d'inondation

L'inondation dure aussi longtemps que dure la crue

En terme de durée de submersion, les parties les plus basses des vals restent submergées pendant 5 à 6 jours. Seuls quelques secteurs en bordure ne sont inondés que moins de 2 jours.

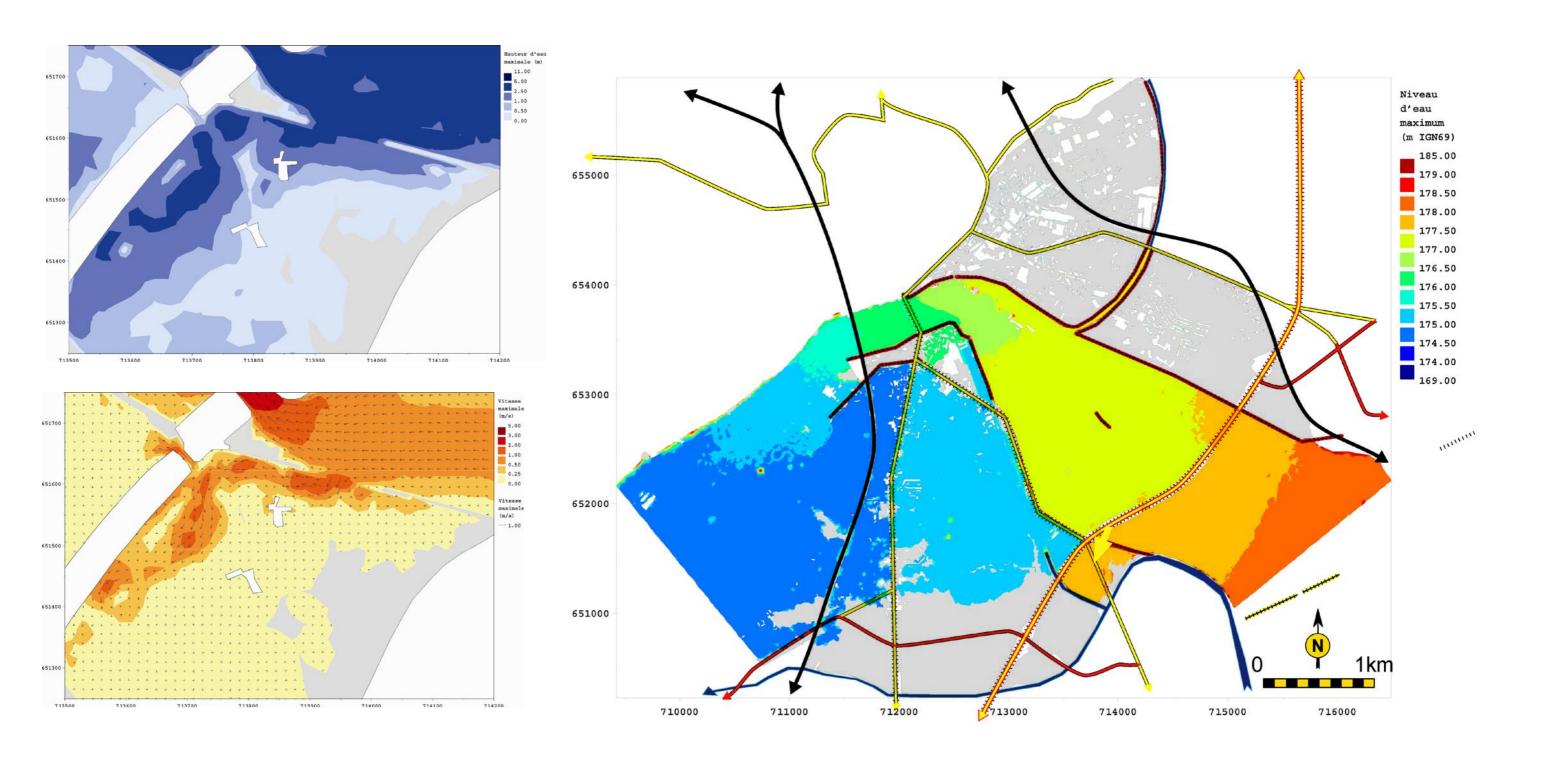




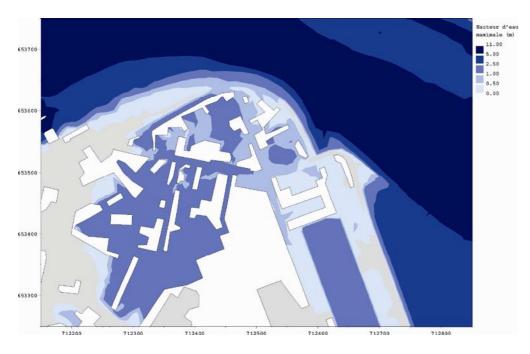
Lerisque d'inondation 2 brèches en rive gauche Nevers T=170 ans

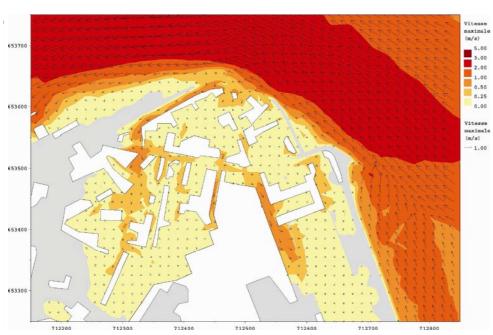
Scénario C: rive gauche,

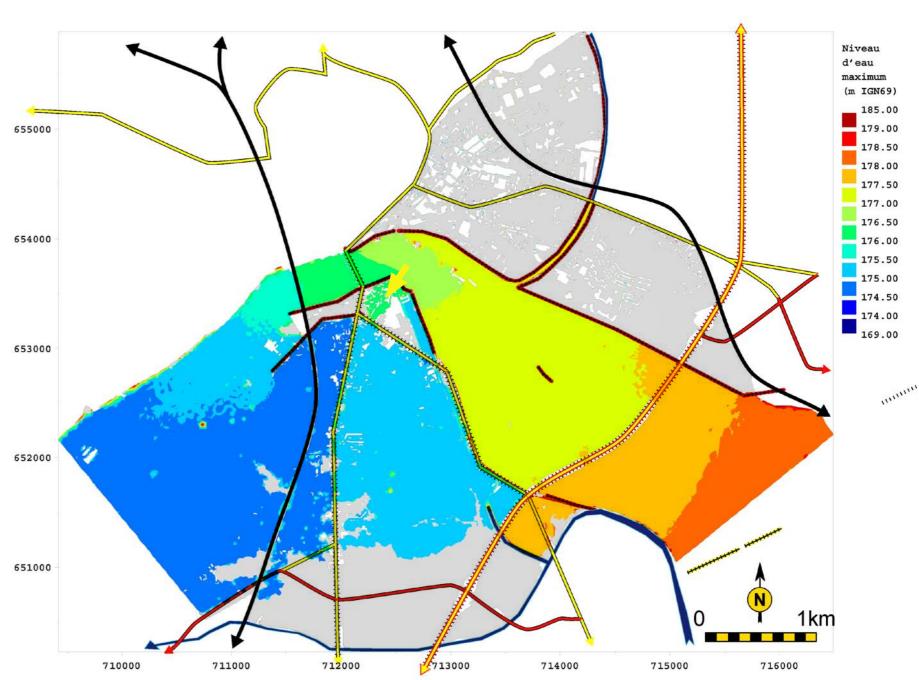
Scénario C - Localisation de la brèche amont



Scénario C - Localisation de la brèche aval







Le scénario C ouvre des brèches dans les levées de la Bonne Femme et de la Blanchisserie.

Le scénario C ouvre deux brèches en rive gauche. La brèche amont s'ouvre dans la levée de la Bonne Femme au droit du lieu-dit du même nom. La brèche aval s'ouvre dans la levée de la Blanchisserie, au niveau de l'étranglement de la Loire. Il a été décidé que ces brèches ont lieu pour la crue T=170 ans et que les ouvertures de brèches se déclenchent successivement à 12 h d'interval.

Scénario C - Evolution du débit dans les brèches

La brèche amont débite peu

La brèche amont s'ouvre à l'instant 90 h et alimente le val de La Bonne Femme. A cet instant, la hauteur à l'échelle de la Jonction est de 4,4 m environ. 10 minutes plus tard le débit dans la brèche dépasse 45 m³/s.

40 minutes plus tard, il retombe à moins de 5 m³/s. Le remplissage du val se poursuit pendant encore 53 h. Cette brèche ne fonctionne que dans le sens Loire-val, la vidange s'effectuant plus en aval.

La brèche aval, comme la brèche amont, ne fonctionne qu'en remplissage du val

La brèche aval s'ouvre 12 h après la brèche amont et alimente le val de la Jonction. A cet instant, la hauteur à l'échelle de la Jonction est de 4,95 m.

La variation de débit dans la brèche est très progressive.

A son maximum il atteint au plus 12 m³/s. Le remplissage du val se poursuit pendant encore 51 h.

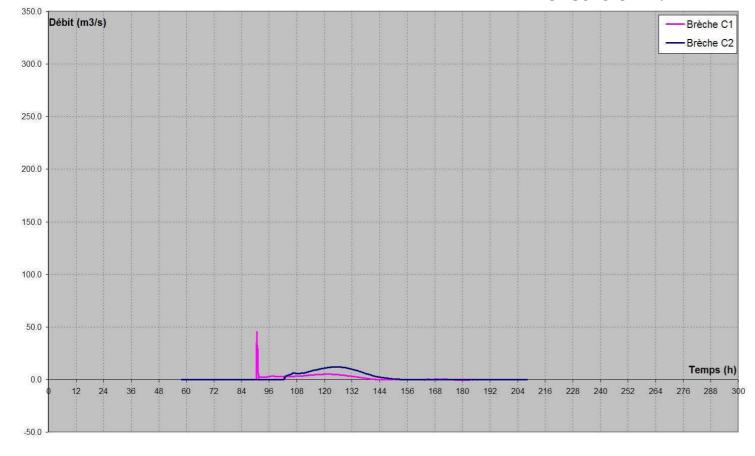


Figure 10 - Hydrogrammes de débit s'écoulant au travers des brèches - scénario C

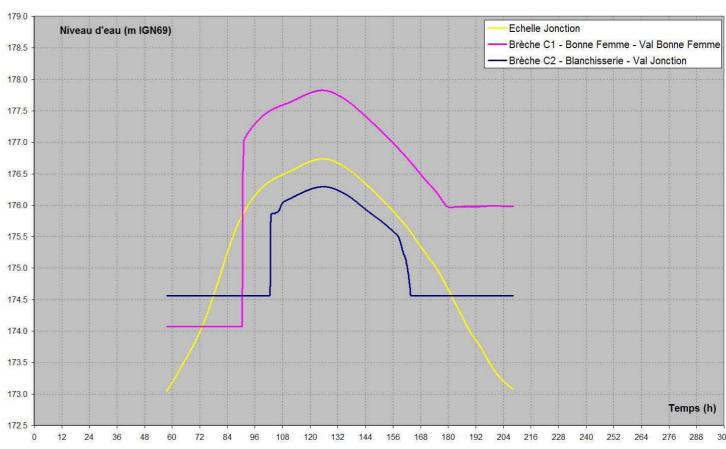


Figure 11 - Limnigrammes à l'intérieur des vals de Bonne Femme et de Jonction - scénario C

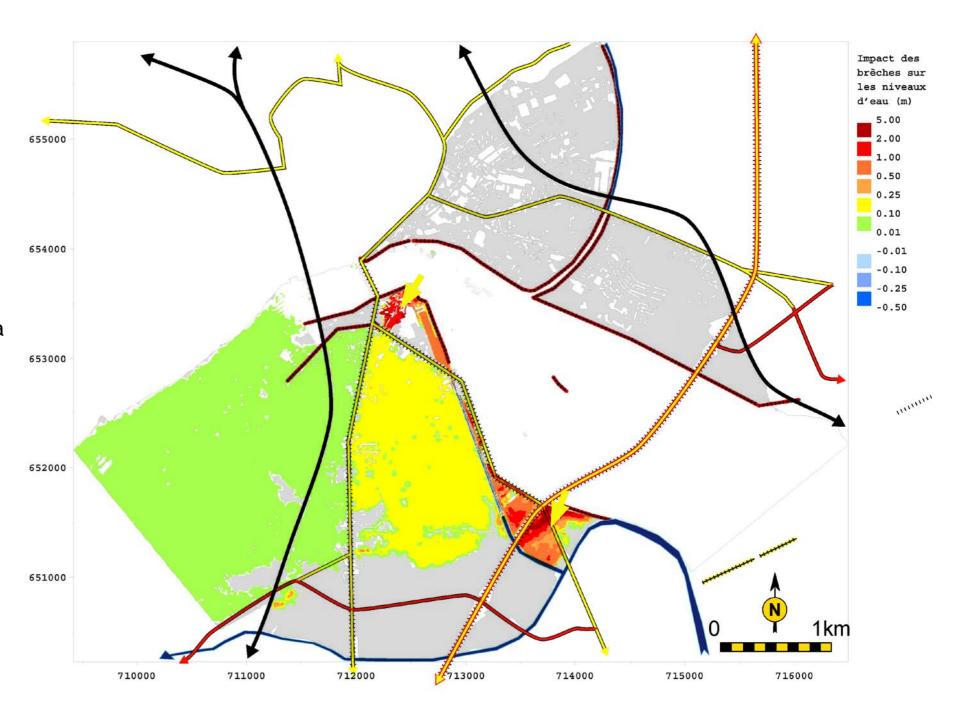
Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

Scénario C - Conséquences des brèches

Les brèches inondent rapidement des secteurs qui étaient inondés en dernier

La brèche amont induit un remplissage complet du val de La Bonne Femme. Par communication via l'ouvrage de la RD13 sous l'A77, le val de Pète à l'Ane, le canal de l'Embranchement et le bassin de la Jonction sont alors inondés.

L'ouverture de la brèche aval induit, quant à elle, un remplissage partiel du val de La Jonction pour sa partie au nord-ouest de l'usine Valeo. Le bassin de la Jonction, port de Nevers, est lui aussi inondé.



Scénario C - Impact en Loire et ailleurs

Le scénario C modifie l'aléa même dans les secteurs non inondés par les brèches

L'influence de l'ouverture des brèches en rive gauche sur les secteurs non inondés par ces brèches est sensible.

L'exhaussement du niveau d'eau dans le val de Nevers est de l'ordre de :

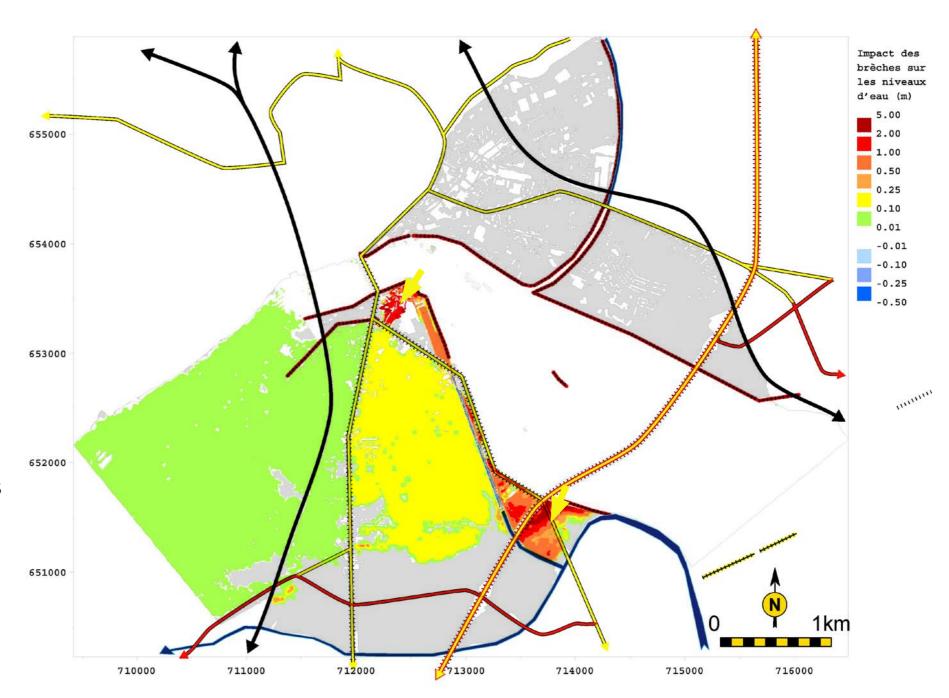
- + 11 cm dans le val de Saint-Antoine,
- + 5 cm dans le val des Brouères
- + 3 cm dans le lit mineur et le lit majeur non endigué sur le linéaire compris entre l'aval du pont SNCF et l'aval du modèle.

Les modifications des niveaux d'eau maxima sur les autres secteurs, notamment en amont du pont SNCF, ne sont pas perceptibles. Elles sont inférieures au cm.

La répartition des débits reste semblable à la situation sans rupture des endiguements.

Une diminution du débit maximal de l'ordre de 5 m³/s environ. Elle est observée en amont du pont de la RD907.

Au droit de la station d'épuration, un basculement du débit maximal, de l'ordre de 15 m³/s est observé, dans le lit mineur vers le lit majeur de rive gauche.



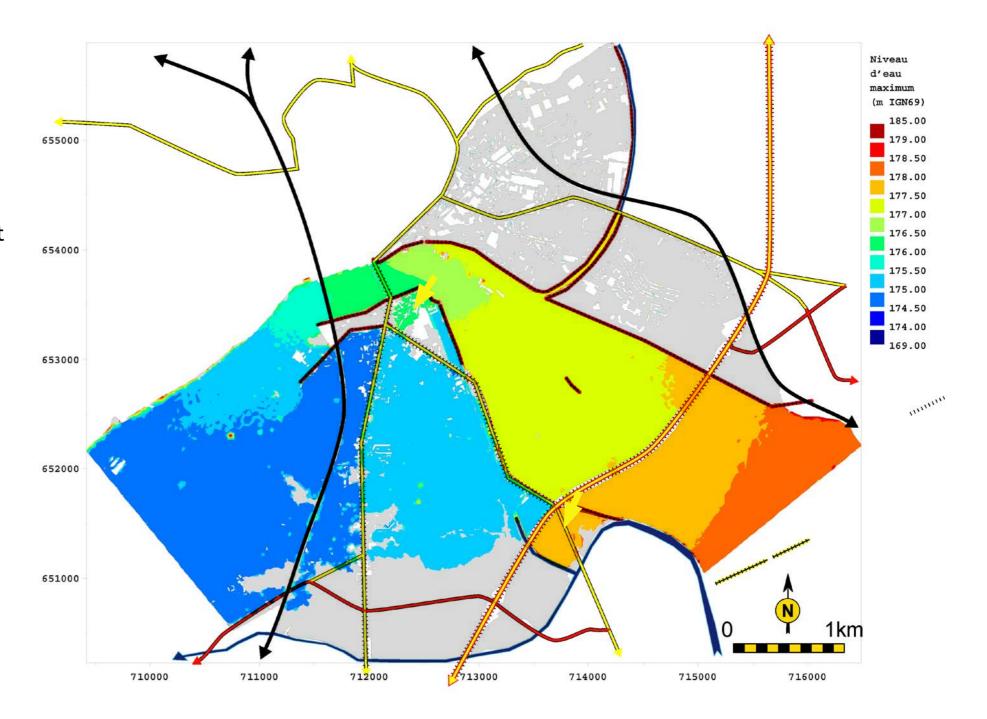
Minea - Avril 2009 - Sources Hydratec et Sogreah

Scénario C - Les niveaux d'eau

L'inondation des vals est rapide

Juste après l'ouverture des brèches dans les vals, la variation des niveaux d'eau est très rapide. Les maxima calculés atteignent 177,83 m NGF IGN69 pour le val de La Bonne Femme, et 176,29 m NGF IGN69 pour le val de La Jonction. Ces valeurs correspondent au niveau d'eau dans la Loire devant chaque brèche.

Pour le val de Pète à l'Ane, avec le canal de l'Embranchement et le bassin de la Jonction, le niveau d'eau maximal est de l'ordre de 175,50 m NGF IGN69.

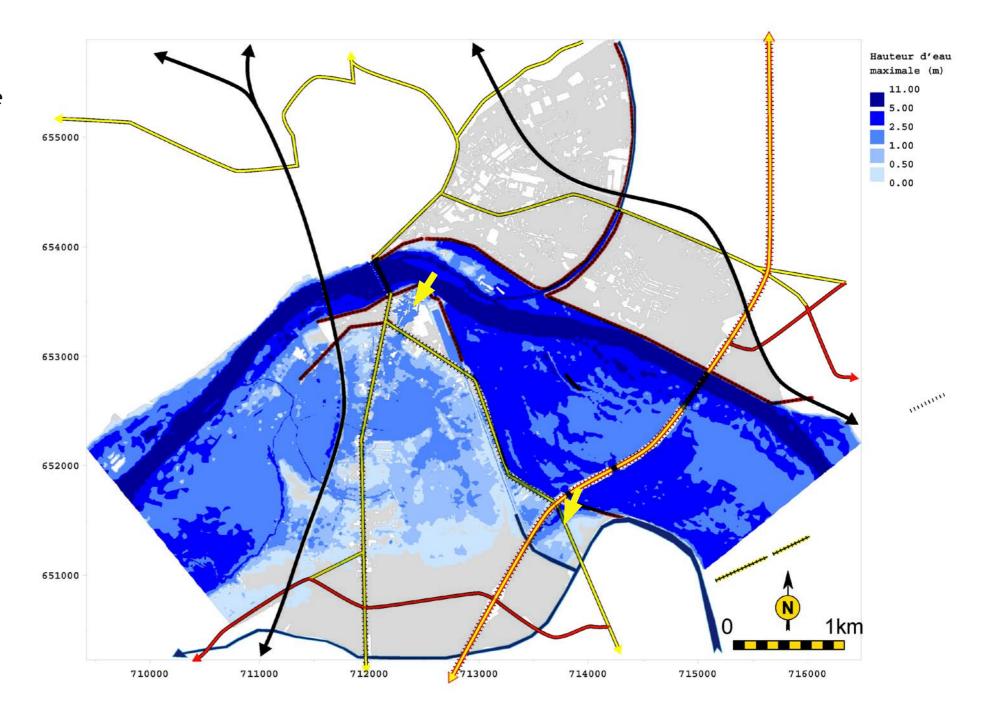


Scénario C - Les hauteurs d'eau

Des hauteurs d'eau importantes

Les hauteurs d'eau maximales sont comprises entre 0,5 m et 2,5 m dans les vals de La Bonne Femme et de Jonction. Elles sont comprises entre 0,5 m et 1,5 m dans le val de Pète à l'Ane.

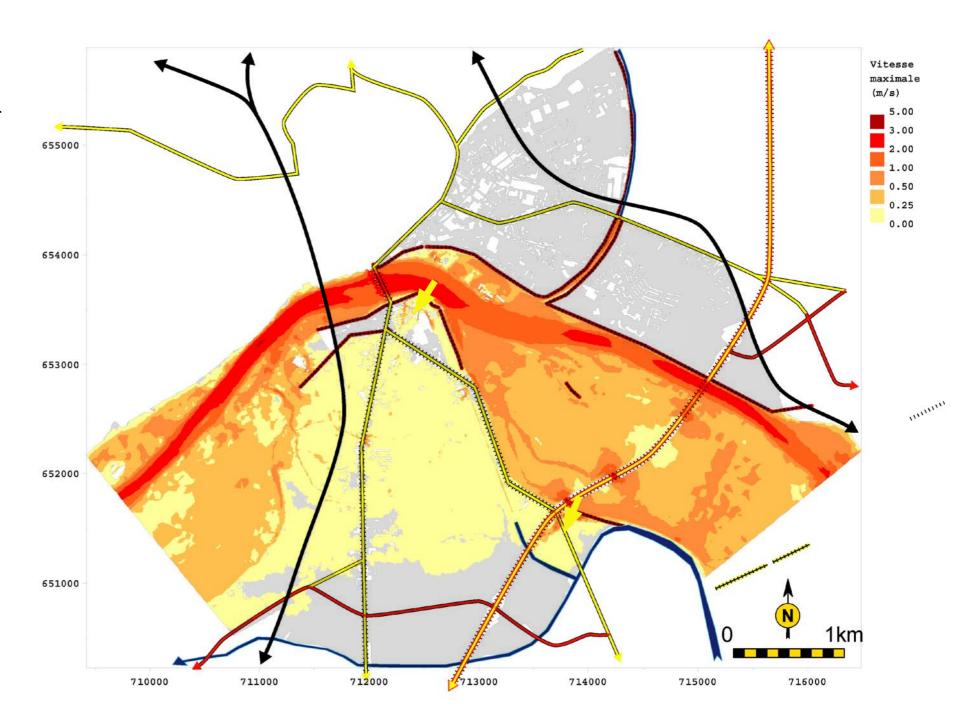
Ces valeurs peuvent localement être dépassées, jusqu'à 3,5 m aux points les plus bas.



Scénario C - Les vitesses

Dans les vals les vitesses sont faibles

La vitesse d'écoulement maximale reste en général en deçà de 1.0 m/s. Dans les brèches, la vitesse maximale calculée reste en deçà de 2,0 m/s.



Le danger lié aux vitesses d'eau est aussi fonction des hauteurs d'eau et réciproquement. Le seuil est pris à partir de 1 m/s en vitesse sur 0,5 m de haut et inversement 0,5 m/s de vitesse sur 1 m de haut. Pour ces valeurs un homme est déstabilisé.

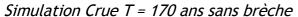
Scénario C - Les durées d'inondation

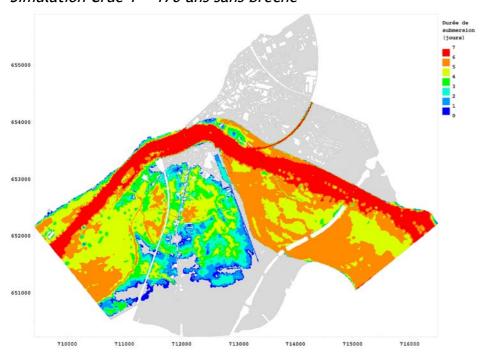
L'inondation dure aussi longtemps que la crue

En terme de durée de submersion, les parties les plus basses des vals restent submergées pendant 4 à 5 jours, de manière relativement semblale au scénario sans brèche. Quelques secteurs en bordure ne sont inondés que moins de 2 jours.

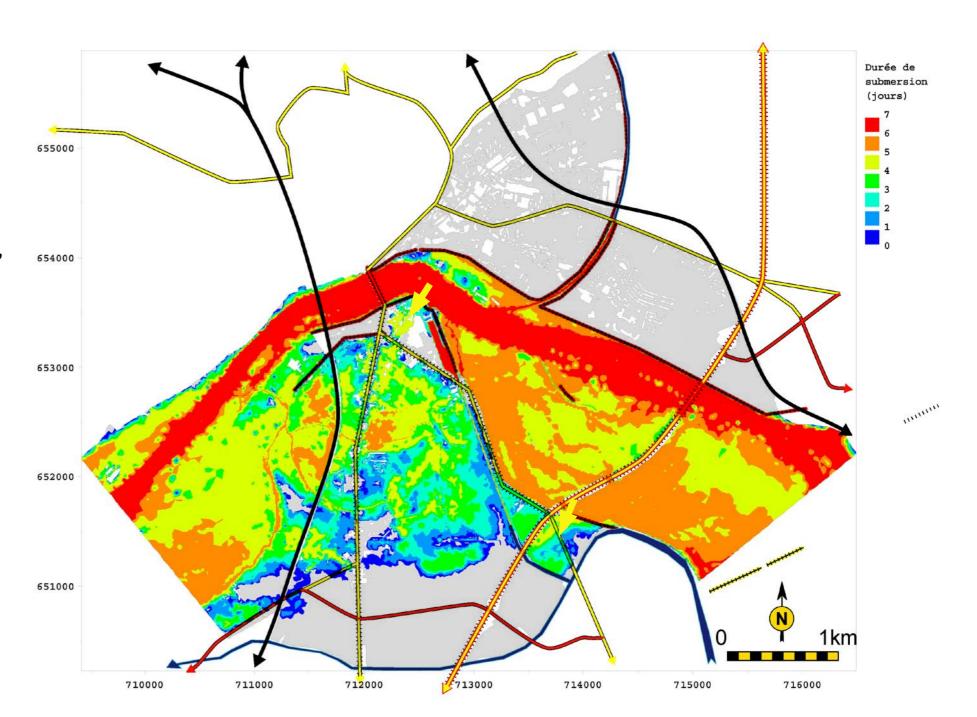
La partie basse, au sud du val de Pète à l'Ane reste, quant à elle, inondée pendant 3 à 4 jours. Elle ne l'est pas pour le scénario sans brèche.

En comparaison avec la crue T = 170 ans sans brèche, les durées d'inondation du scénario C sont sensiblement les mêmes. L'inondation par remous est en retard par rapport à l'inondation par les brèches. Les vals non inondés par remous sont les vals de l'ouest et du sud.





Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

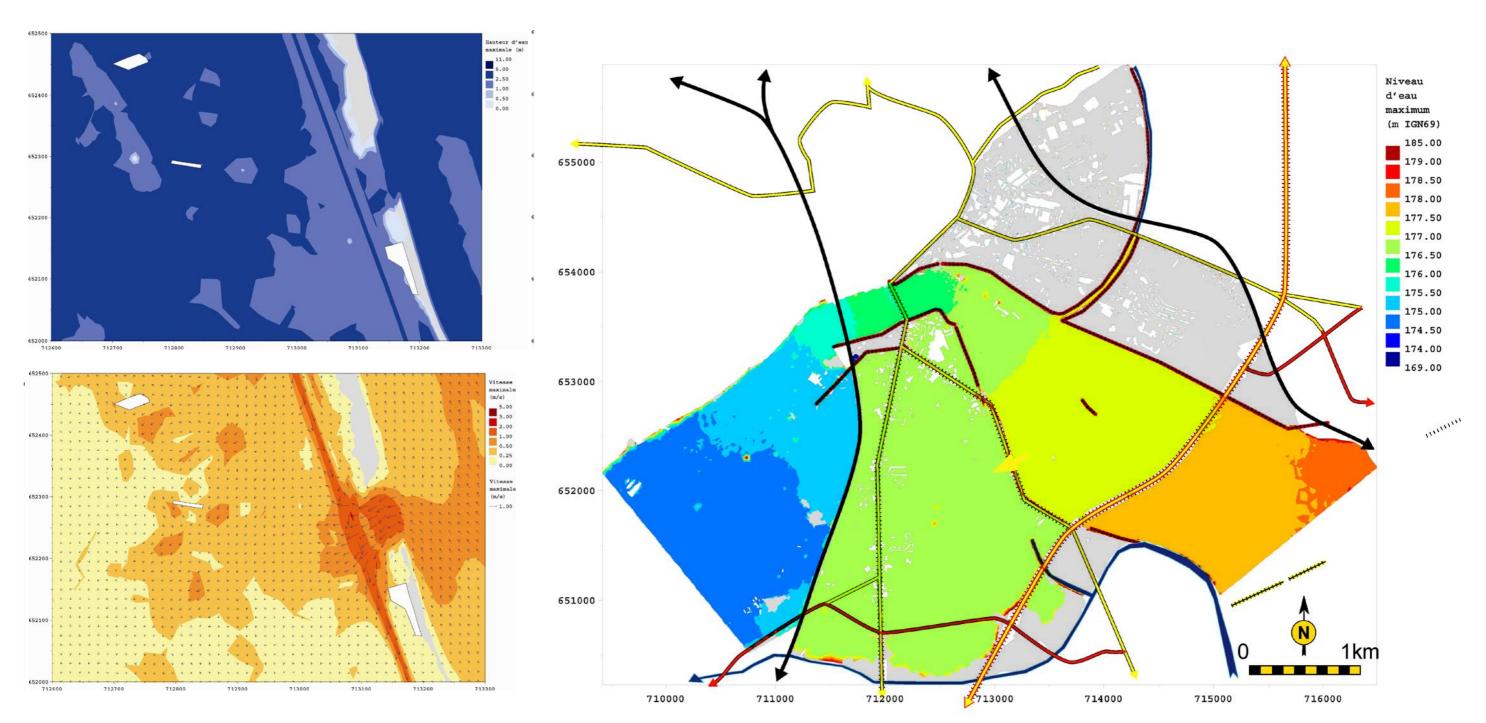




Lerisque d'inondation 2 brèches en sur l'Agglomération rive gauche de Nevers T=170 ans

Scénario B: rive gauche,

Scénario B - Localisation de la brèche amont

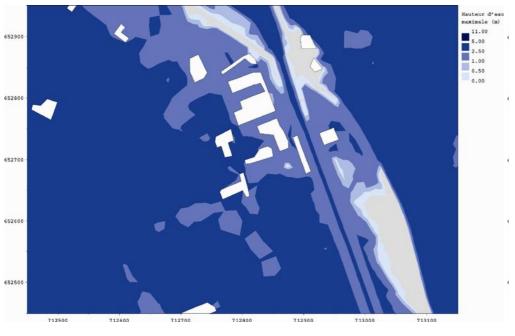


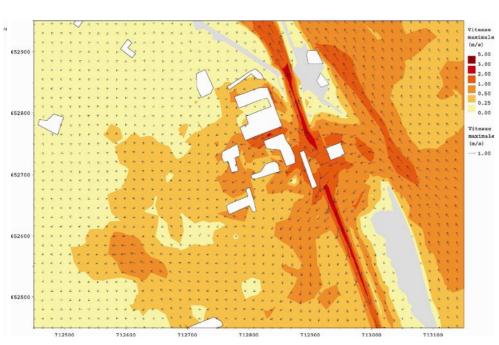
Le scénario B ouvre deux brèches dans la levée de Sermoise.

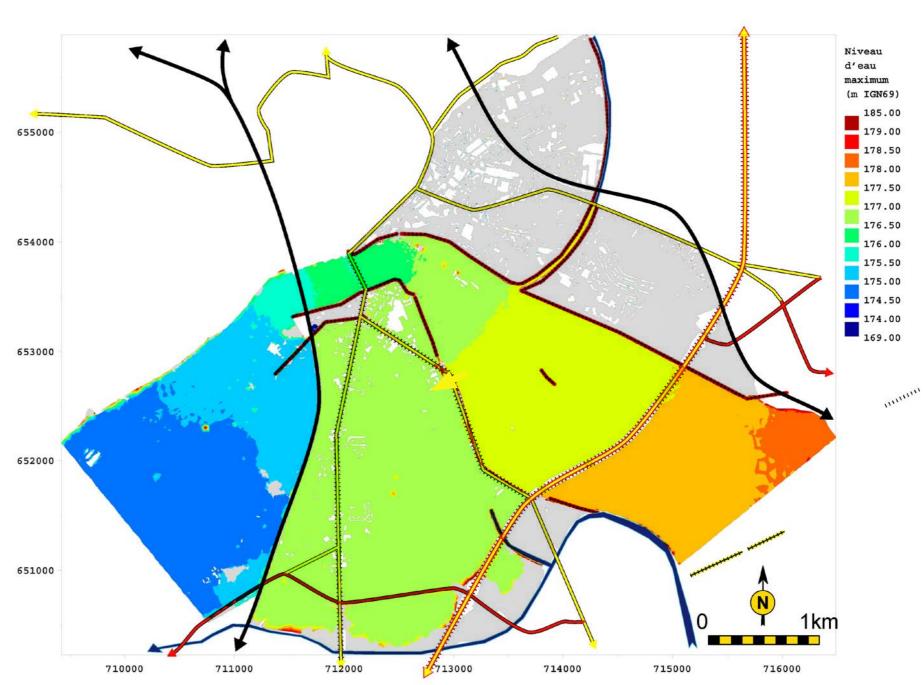
La brèche amont est située au droit du chemin du Peuplier Seul. La brèche aval est située en amont de la station de production d'eau potable, pour la crue T=170 ans.

Les brèches se déclenchent successivement, la brèche « aval » avant la brèche « amont ».

Scénario B - Localisation de la brèche aval







Le scénario B ouvre deux brèches dans la levée de Sermoise

La brèche amont est située au droit du chemin du Peuplier Seul. La brèche aval est située en amont de la station de production d'eau potable, pour la crue T=170 ans.

Les brèches se déclenchent successivement, la brèche « aval » avant la brèche « amont ».

Scénario B - Evolution du débit dans les brèches

La variation de débit est très rapide dans la brèche aval

La brèche aval s'ouvre à l'instant 98 h. A cet instant, la hauteur à l'échelle de la Jonction est de 4,8 m environ. La variation de débit dans la brèche est brutale, atteignant un 1^{er} pic de débit de 116 m³/s en une heure environ.

9 h plus tard, le maximum de débit (129 m³/s) est observé à l'ouverture de la brèche amont. Cette brèche ne fonctionne qu'en remplissage (c'est-à-dire, de la Loire vers le val).

La brèche amont s'ouvre plus tard mais suit le même processus

C'est alors que s'ouvre la brèche amont. A cet instant, la hauteur à l'échelle de la Jonction est de 4,95 m environ.

Une heure plus tard, le débit dans la brèche dépasse 177 m³/s. Cette brèche ne fonctionne qu'en remplissage (c'est-à-dire, de la Loire vers le val).

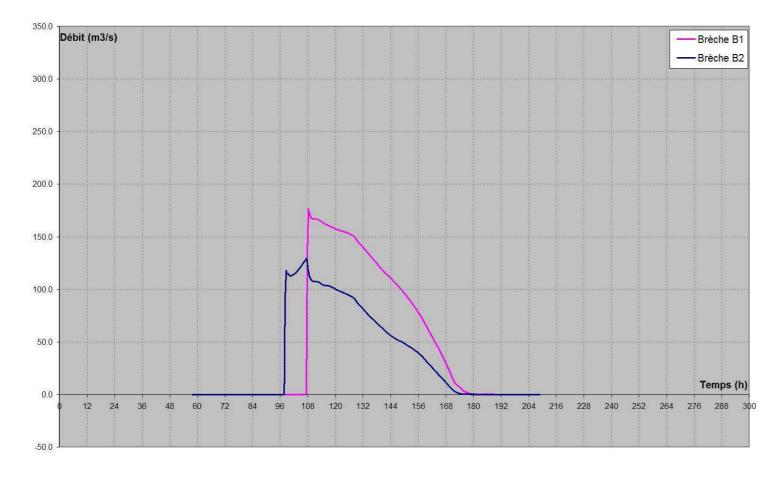


Figure 18 - Hydrogrammes de débit s'écoulant au travers des brèches - scénario B

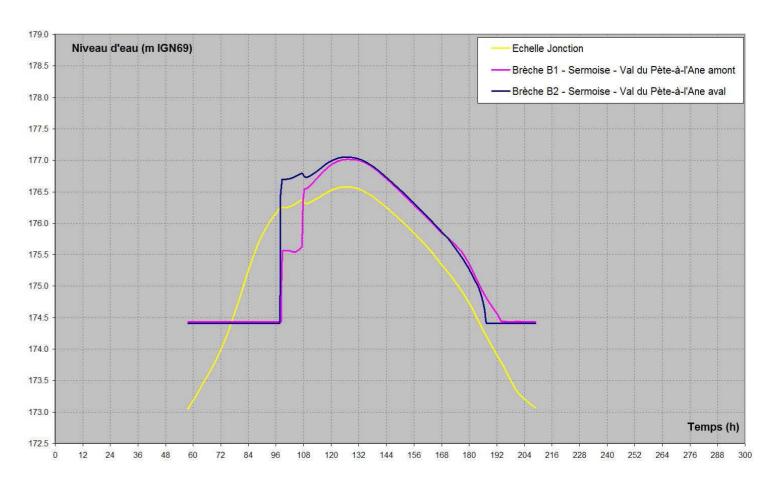


Figure 19 - Limnigrammes à l'intérieur du val de Pète à l'Ane - scénario B

Page 44

Scénario B - Conséquences des brèches

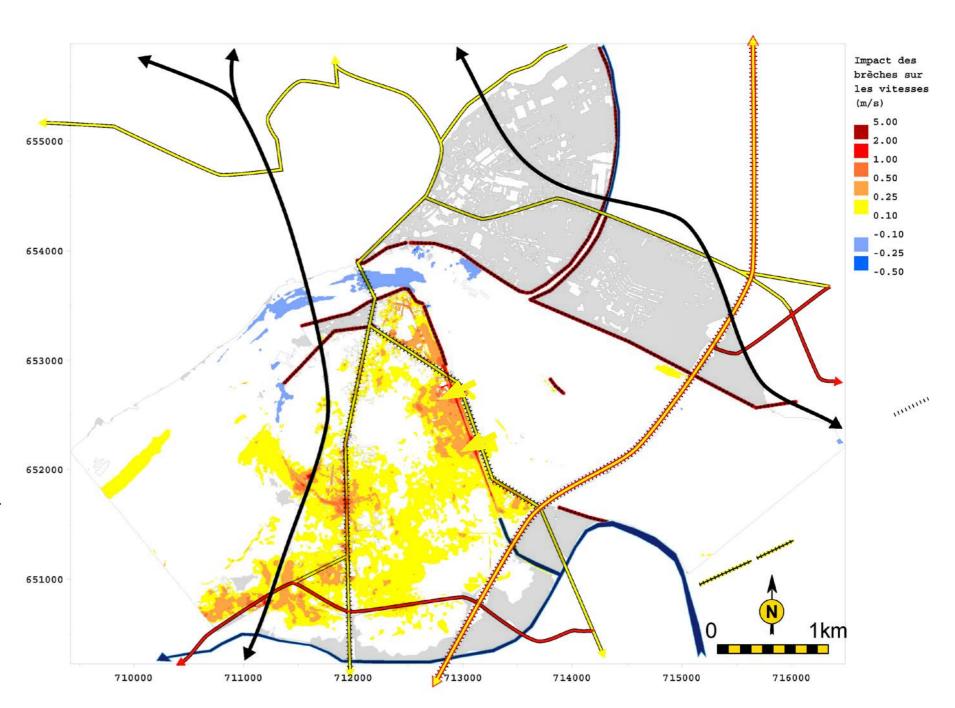
La brèche aval remplit rapidemment les vals

L'ouverture de la brèche aval induit une submersion des terrains compris entre la levée de Sermoise et le canal de l'Embranchement.

La zone d'expansion étant très limitée sur ce secteur, l'eau entrant par la brèche se propage via le canal de l'Embranchement, d'une part au nord vers le bassin et le val de La Jonction, et d'autre part au sud vers le reste du val de Pète à l'Ane. Une grande part de l'écoulement passe cependant pardessus les digues du canal de l'Embranchement vers le val de Saint-Antoine.

Lorsque la brèche amont s'ouvre, les niveaux d'inondation à l'aval de la levée de Sermoise sont déjà relativement hauts.

Au cours de la crue, l'inondation atteint même le val de la Briqueterie-Peuilly via l'ouvrage du ruisseau de Peuilly sous l'A77.



Scénario B - Impacts en Loire et ailleurs

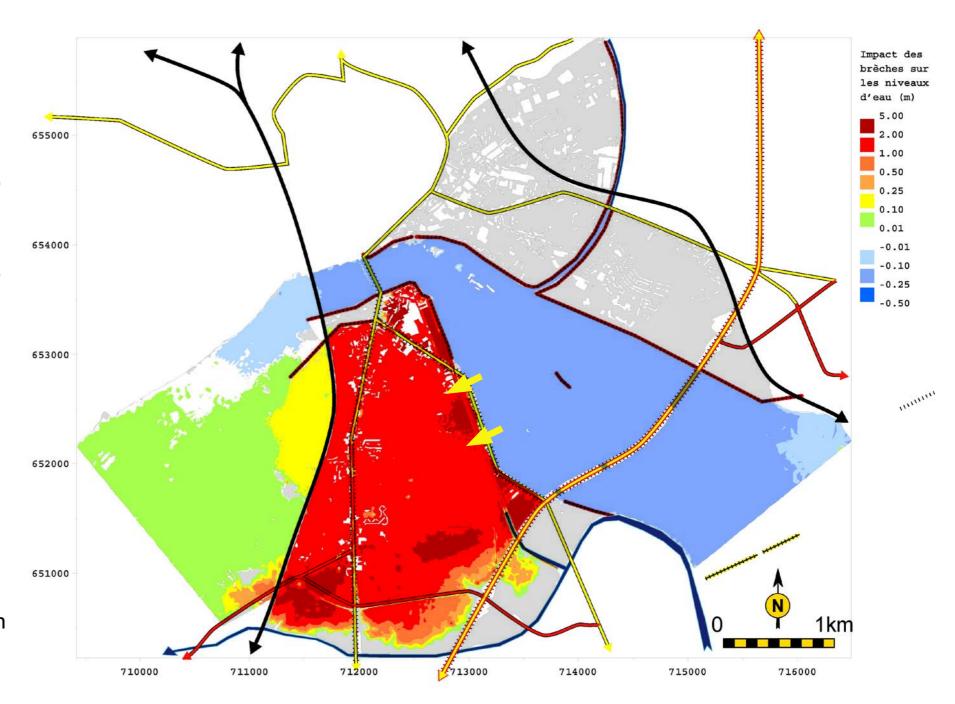
Le niveau maxima de l'inondation augmente de plus de 2 m

L'influence de l'ouverture des brèches est notable, notamment dans les vals endigués de rive gauche, où l'exhaussement du niveau d'eau maximum est de l'ordre de +2 m.

Cet exhaussement s'accompagne également d'une extension très importante de l'emprise inondée vers le sud, pratiquement jusqu'au canal latéral.

On peut remarquer 2 évènements majeurs :

- Un abaissement significatif du niveau d'eau maximum, compris entre -5 cm et -20 cm, entre l'amont du modèle et jusqu'à 1 km à l'aval du pont SNCF, à la fois dans le lit mineur et dans le lit majeur non endigué. L'abaissement maxima, de l'ordre de -25 cm, est observé contre la levée de Sermoise.
- Un exhaussement du niveau d'eau maximum, compris entre +1 cm à l'aval du modèle et +15 cm à l'aval immédiat de la voie ferrée Nevers / Saincaize, dans le lit mineur et surtout dans le lit majeur.

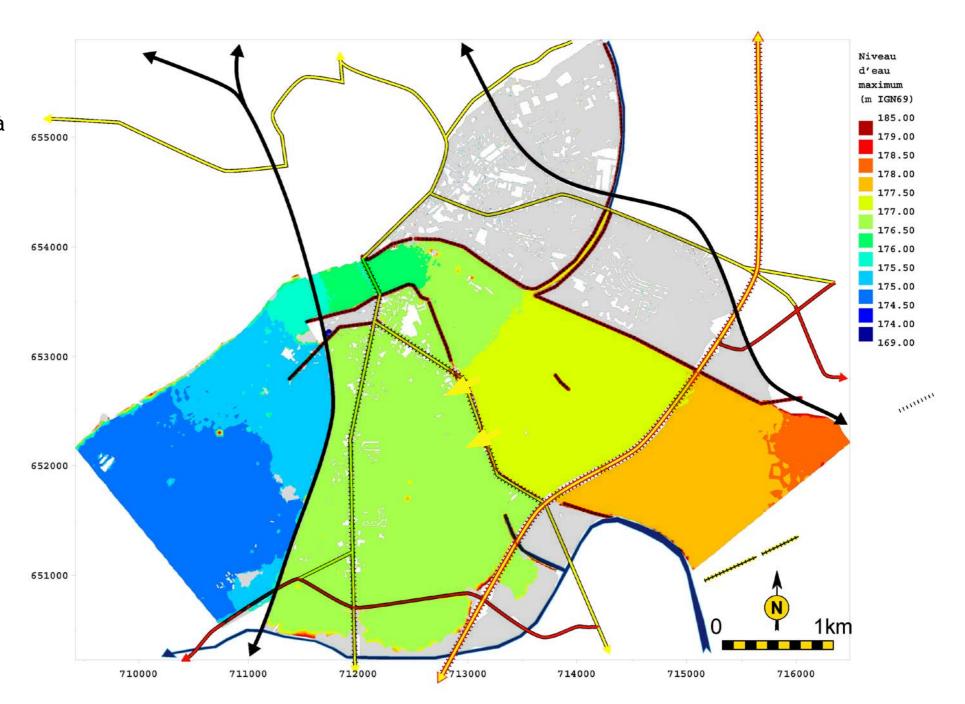


Scénario B - Les niveaux d'eau

L'eau monte très vite

La variation du niveau d'eau est très rapide juste après l'ouverture des brèches, les maxima calculés atteignant 176,91 m NGF IGN69 pour le val de Pète à l'Ane et le val de Saint-Antoine.

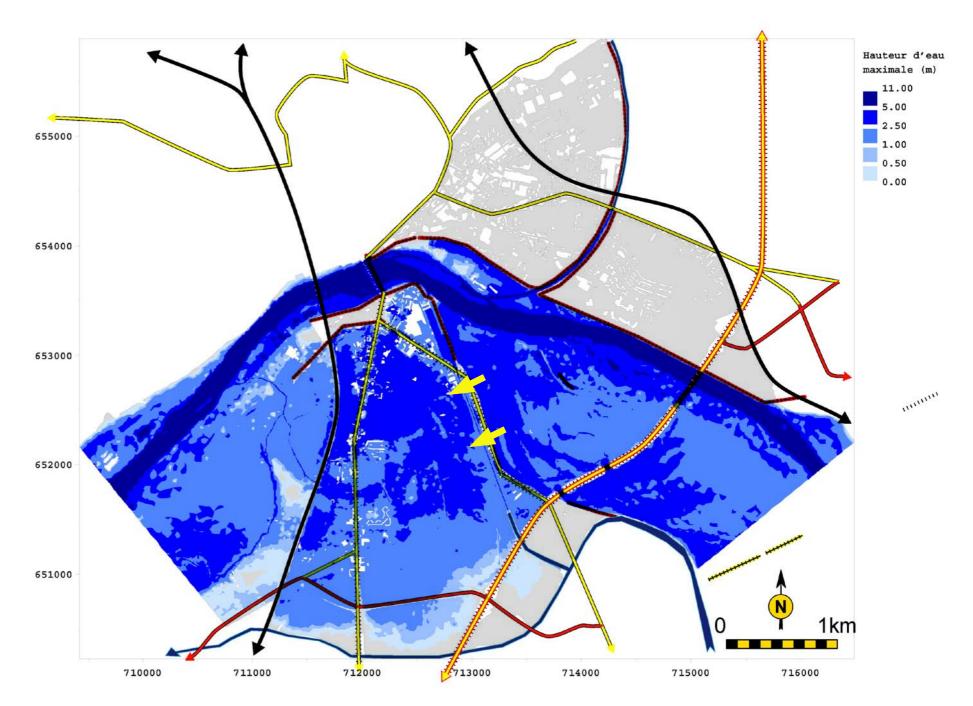
Le niveau d'eau maximal atteint 176,94 m NGF IGN69 dans le val de Jonction et 176,82 m NGF IGN69 dans le val de la Briqueterie-Peuilly.



Scénario B - Les hauteurs d'eau

L'eau monte très haut

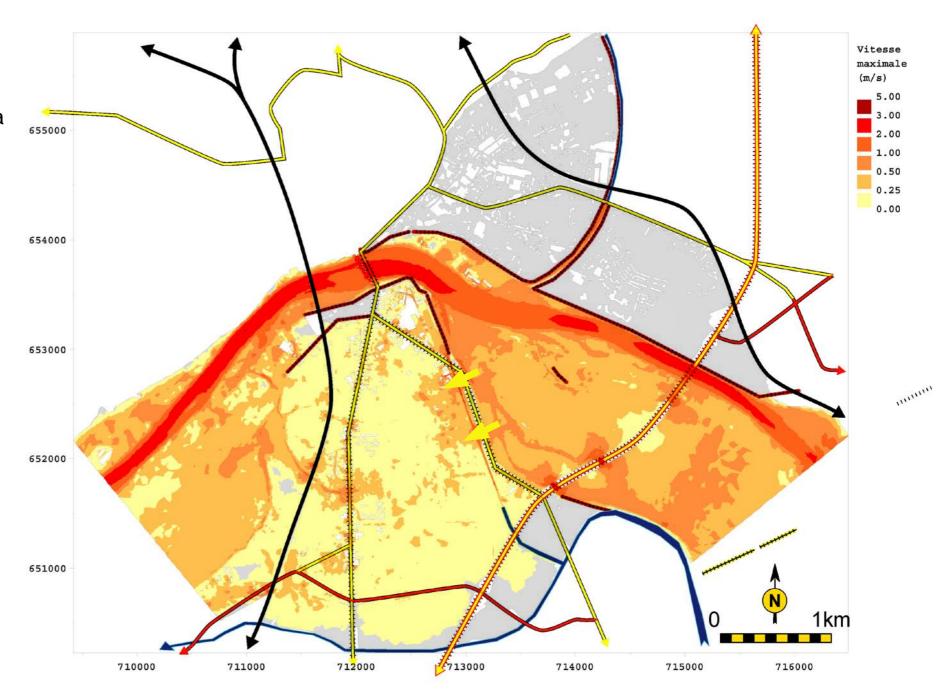
La hauteur d'eau maximale (cf. Figure 22) est en générale comprise entre 1,5 m et 3,0 m dans tous les vals endigués de rive gauche, et localement plus de 4,0 m dans les parties les plus basses des vals de Saint-Antoine et des Brouères.



Scénario B - Les vitesses

Dans les vals les vitesses restent faibles

La vitesse d'écoulement maximale reste en général en deçà de 0,5 m/s. Dans l'ouverture des brèches, la vitesse maximale calculée est de l'ordre de 1,5 m/s. A leur aval immédiat, cette vitesse peut dépasser 2,0 m/s. Une portion de la RD907 (ex-RN7) au droit du franchissement du ruisseau de La Riole est également soumise à une vitesse de plus de 1,5 m/s.



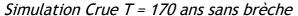
Le danger lié aux vitesses d'eau est aussi fonction des hauteurs d'eau et réciproquement. Le seuil est pris à partir de 1 m/s en vitesse sur 0,5 m de haut et inversement 0,5 m/s de vitesse sur 1 m de haut. Pour ces valeurs un homme est déstabilisé.

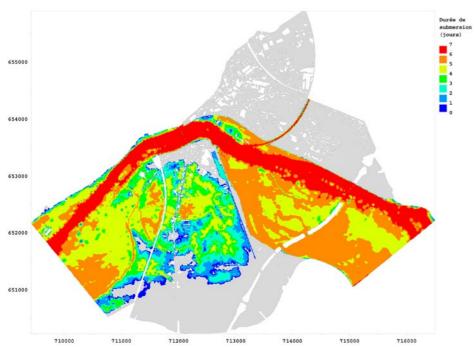
Scénario B - Les durées d'inondation

Les vals sont inondés, de façon très variable, de 2 à 6 jours.

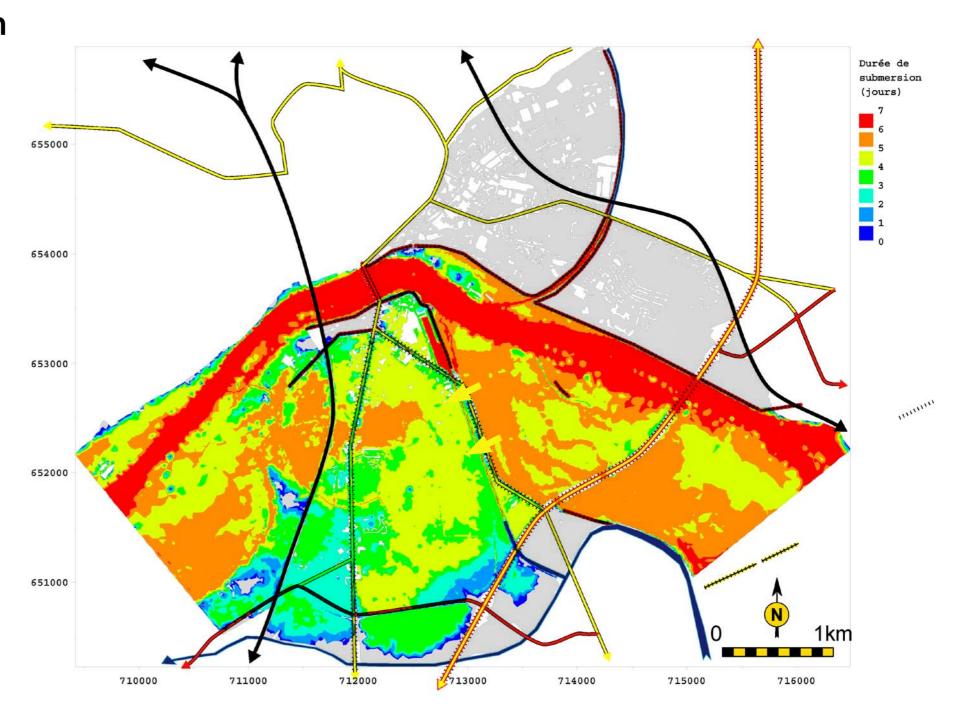
En terme de durée de submersion, les vals endigués de rive gauche restent submergés pendant 2 à 5 jours, localement jusqu'à 6 jours pour les parties les plus basses des vals. Seuls quelques secteurs en bordure ne sont inondés que moins de 2 jours. Les terrains du val de la Briqueterie-Peuilly sont quant à eux inondés pendant 2 à 3 jours.

En comparaison avec la crue T = 170 ans sans brèche, les durées d'inondation du scénario B sont très différentes, en moyenne, 1 ou 2 jours de plus. L'inondation par remous est en retard par rapport à l'inondation par les brèches. Les vals non inondés par remous à l'ouest et au sud ont une submersion qui dure 2 à 3 voire 4 jours.





Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

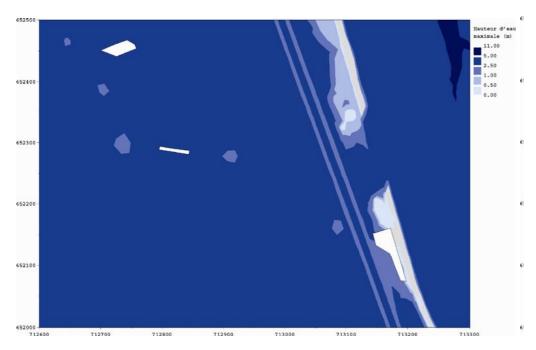


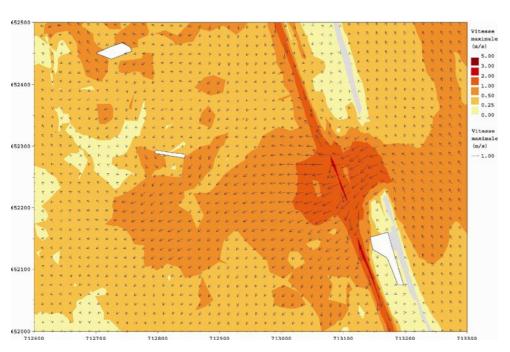


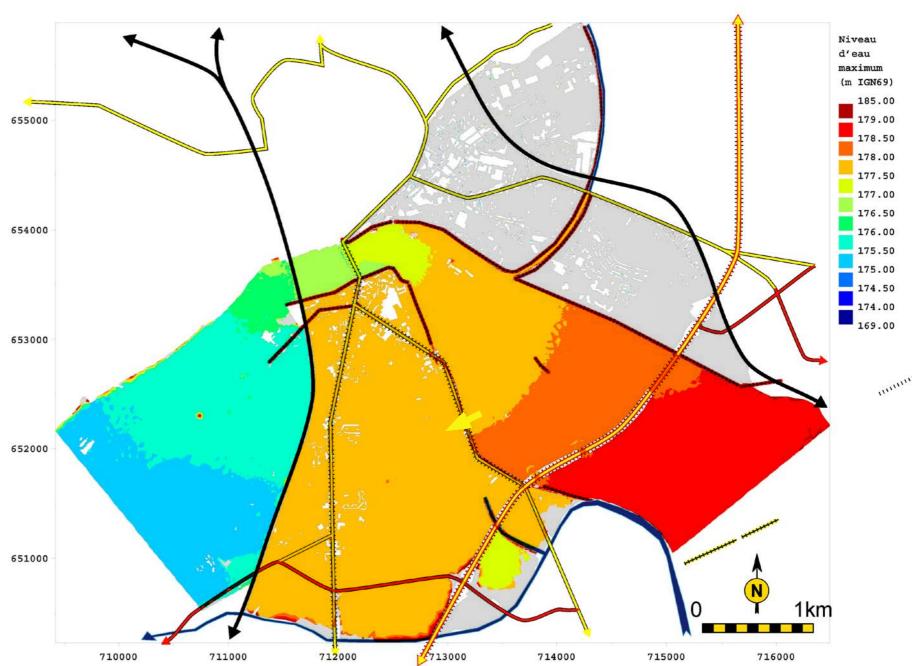
Lerisque d'inondation 2 brèches en rive gauche Nevers T=500 ans

Scénario D: rive gauche,

Scénario D - Localisation de la brèche amont



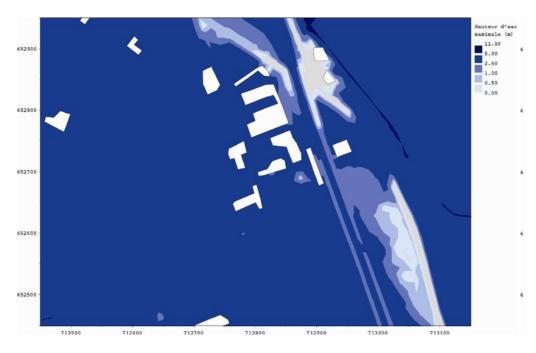


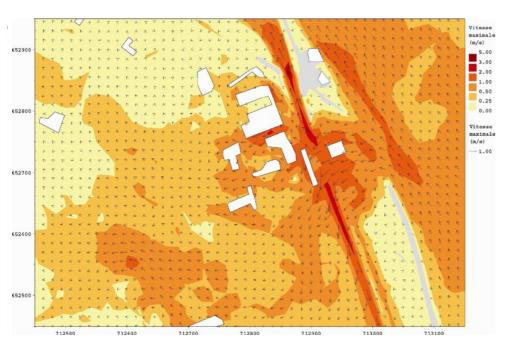


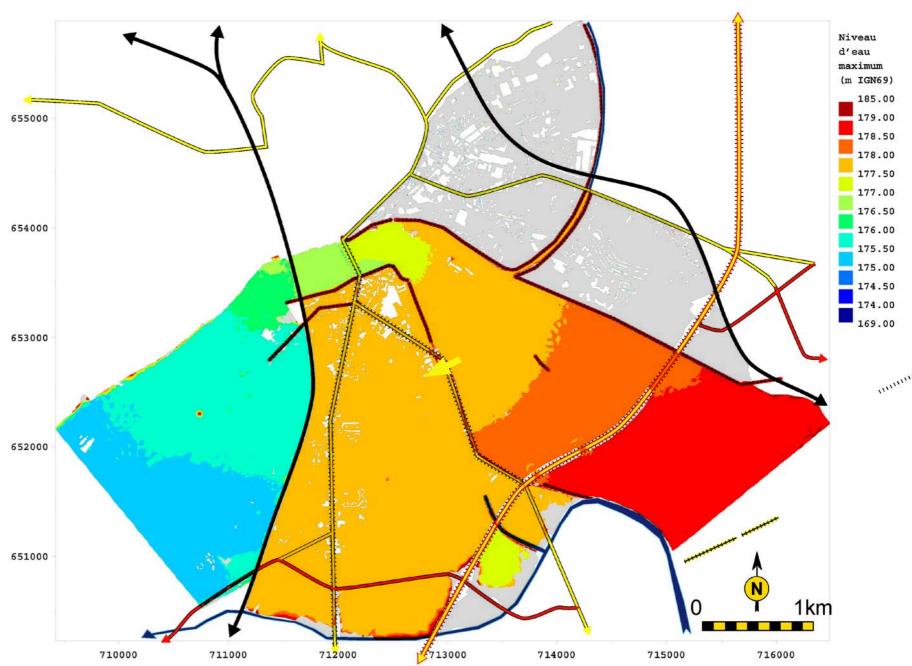
Le scénario D ouvre, lui aussi, deux brèches dans la levée de Sermoise

Comme pour le scénario B, la brèche amont est située au droit du chemin du Peuplier Seul et la brèche aval est située en amont de la station de production d'eau potable. La période de retour de la crue change. Elle est de T=500 ans. Les brèches se déclenchent successivement, la brèche « aval » juste avant la brèche « amont ».

Scénario D - Localisation de la brèche aval







Le scénario D ouvre, lui aussi, deux brèches dans la levée de Sermoise.

Comme pour le scénario B, la brèche amont est située au droit du chemin du Peuplier Seul et la brèche aval est située en amont de la station de production d'eau potable. La période de retour de la crue change. Elle est de T=500 ans. Les brèches se déclenchent successivement, la brèche « aval » juste avant la brèche « amont ».

Scénario D - Evolution du débit dans les brèches

La brèche aval s'ouvre violemment en premier

La brèche aval s'ouvre à l'instant 98 h. A cet instant, la hauteur à l'échelle de la Jonction est de 4,85 m environ.

En une heure environ, l'augmentation du débit dans la brèche est brutale, atteignant un pic de débit de 136 m³/s.

9 h plus tard, le maximum de débit (178 m³/s) est observé. Cette brèche ne fonctionne qu'en remplissage.

La brèche amont s'ouvre brutalement une heure après la brèche aval.

A cet instant, la hauteur à l'échelle de la Jonction est de 4,90 m environ.

Une heure plus tard encore, la variation de débit dans la brèche est brutale, atteignant un pic de débit de 190 m³/s.

9 h plus tard le maximum de débit (242 m³/s) est observé.

Cette brèche ne fonctionne qu'en remplissage.

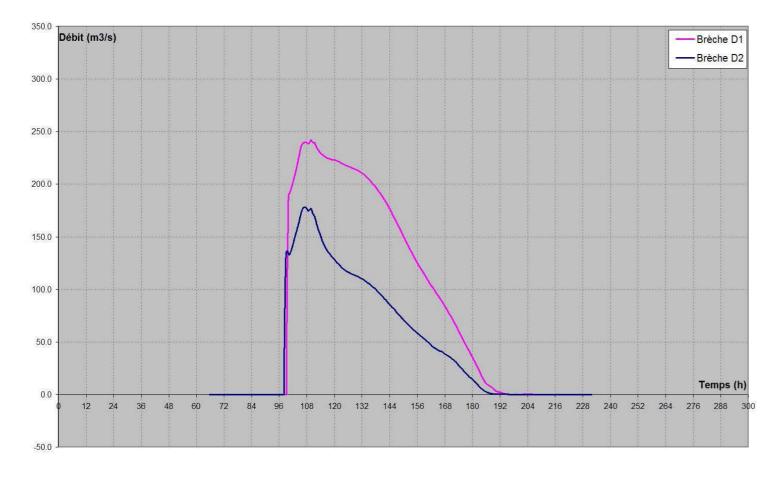


Figure 28 - Hydrogrammes de débit s'écoulant au travers des brèches - scénario D

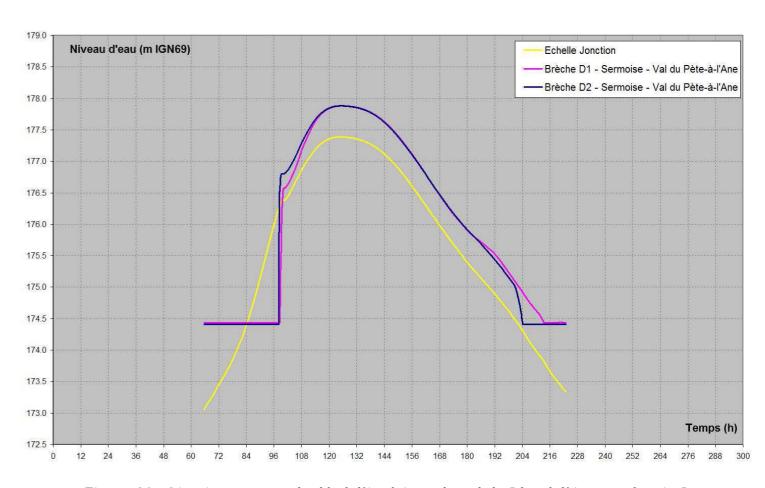


Figure 29 - Limnigrammes calculés à l'intérieur du val de Pète à l'Ane - scénario D

Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers

Scénario D - Conséquences des brèches

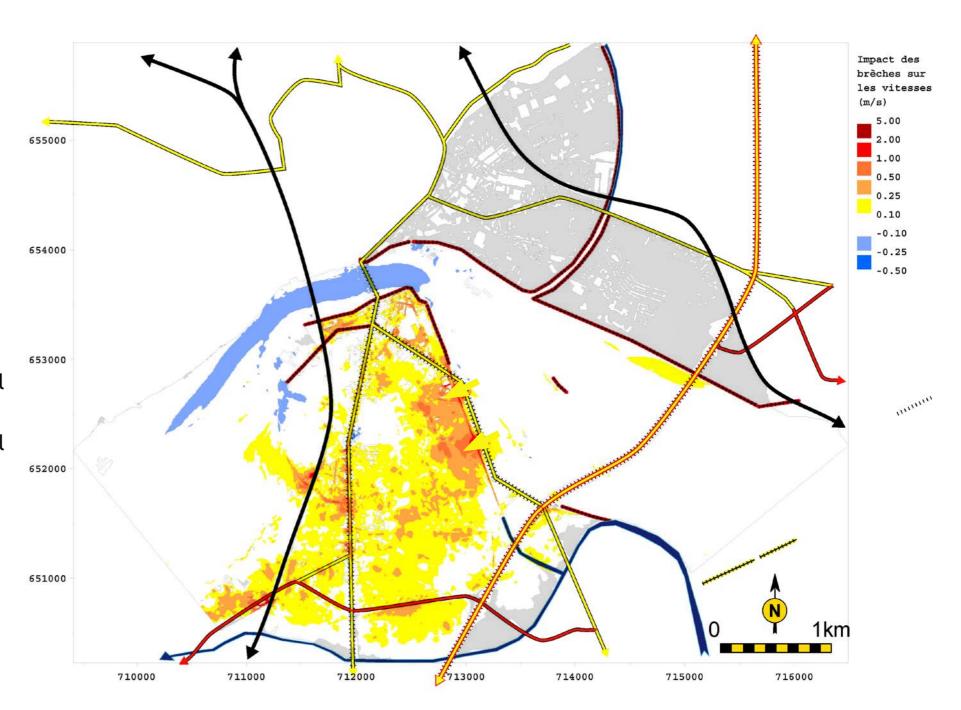
Les brèches inondent largement la rive gauche

L'ouverture des brèches induit une submersion des terrains compris entre la levée de Sermoise et le canal de l'Embranchement.

La zone d'expansion étant très limitée sur ce secteur, l'eau entrant par la brèche se propage via le canal de l'Embranchement, d'une part vers le bassin et vers le val de Jonction et d'autre part, au sud vers le reste du val de Pète à l'Ane et le val de La Bonne Femme.

Une grande part de l'écoulement passe cependant par-dessus les digues du canal de Jonction vers le val de Saint-Antoine.

Au cours de la crue, l'inondation atteint même le val de la Briqueterie-Peuilly via l'ouvrage du ruisseau de Peuilly sous l'A77. Les eaux inondent également le val du Quartier du Stand par débordement pardessus la levée de Gimouille.



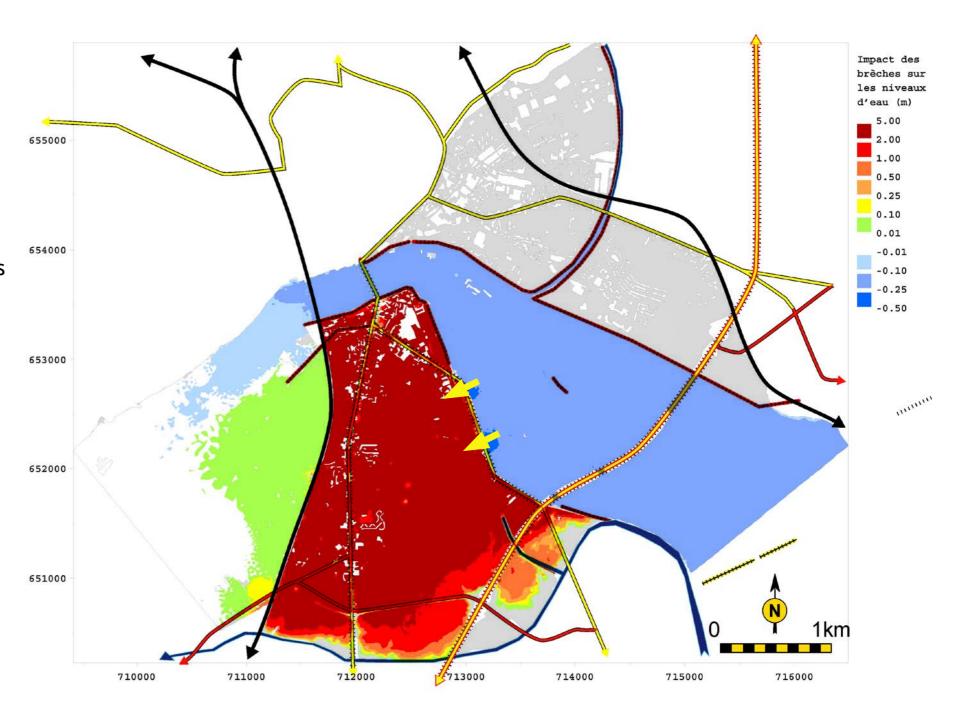
Scénario D - Impacts en Loire et ailleurs

L'influence des brèches est notable

Dans les vals endigués de rive gauche, l'exhaussement du niveau d'eau maximum est de l'ordre de + 2,25 m. Cet exhaussement s'accompagne d'une extension importante de l'emprise inondée vers le sud, pratiquement jusqu'au canal latéral.

L'abaissement du niveau d'eau maximum est compris entre - 5 cm et - 25 cm, entre l'amont du modèle et jusqu'à 1 km à l'aval du pont SNCF, à la fois dans le lit mineur et dans le lit majeur non endigué. L'abaissement maxima, de l'ordre de - 25 cm, est observé le long de la levée de Sermoise.

L'exhaussement du niveau d'eau maximum est compris entre + 1 cm à l'aval du modèle et + 7 cm à l'aval immédiat de la voie ferrée Nevers / Saincaize dans le lit majeur.

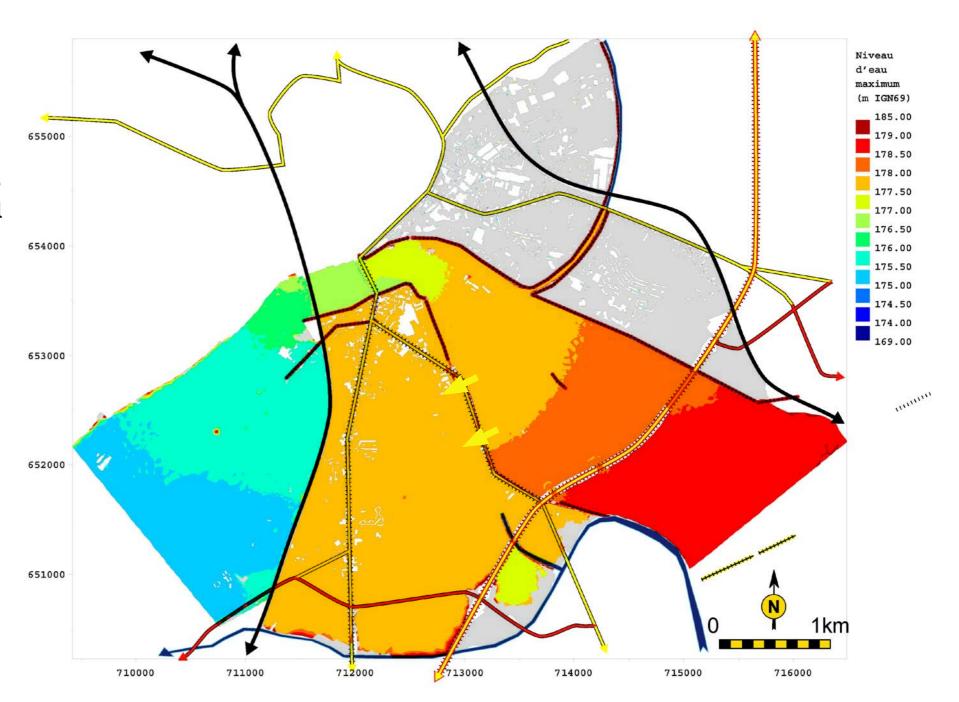


Scénario D - Les niveaux d'eau

La variation du niveau d'eau est très rapide

Juste après l'ouverture des brèches, les maxima calculés atteignent 177,82 m NGF IGN69 sur la plupart des vals endigués de rive gauche.

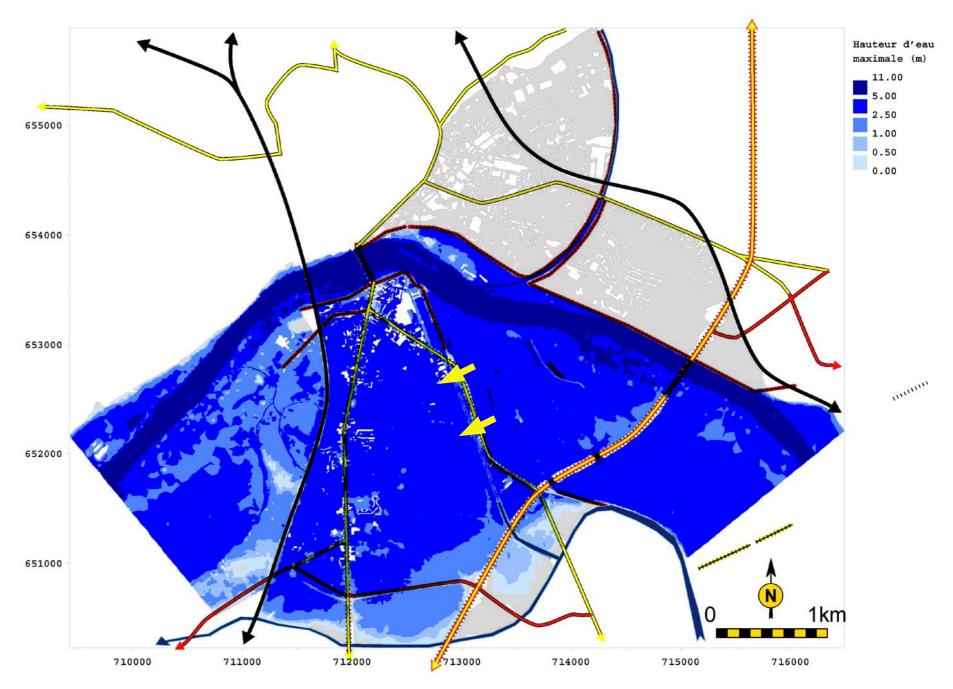
Ce niveau atteint 177,77 m NGF IGN69 dans le val de La Bonne Femme, et 177,38 m NGF IGN69 dans le val de la Briqueterie-Peuilly.



Scénario D - Les hauteurs d'eau

Les hauteurs d'eau sont importantes

La hauteur d'eau maximale est en générale comprise entre 2,0 m et 4,0 m dans tous les vals endigués de rive gauche, et localement plus de 5,0 m dans les parties les plus basses des vals de Saint-Antoine et des Brouères.



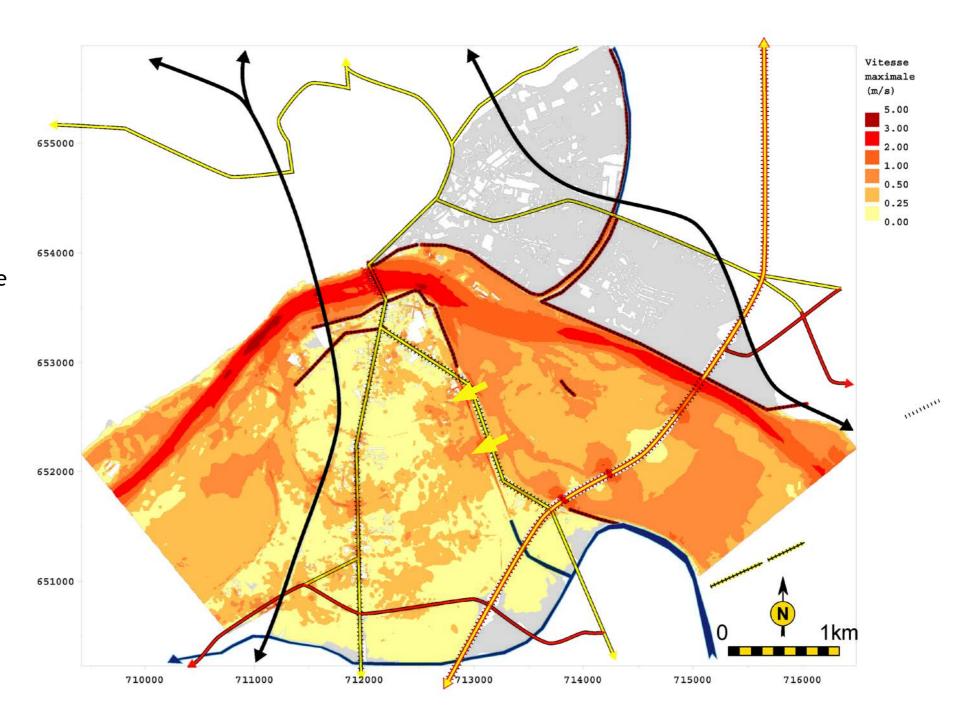
Scénario D - Les vitesses

Dans les vals les vitesses d'eau restent faibles

La vitesse d'écoulement maximale reste en général en deçà de 0,5 m/s.

Dans l'ouverture des brèches, la vitesse maximale calculée est de l'ordre de 1,5 m/s. A leur aval immédiat, cette vitesse peut dépasser 2,0 m/s.

Une portion de la RD907 au droit du franchissement du ruisseau de La Riole est également soumise à une vitesse de plus de 1,5 m/s.



Le danger lié aux vitesses d'eau est aussi fonction des hauteurs d'eau et réciproquement. Le seuil est pris à partir de 1 m/s en vitesse sur 0,5 m de haut et inversement 0,5 m/s de vitesse sur 1 m de haut. Pour ces valeurs un homme est déstabilisé.

Scénario D - Les durées d'inondation

L'inondation dure le temps de la crue

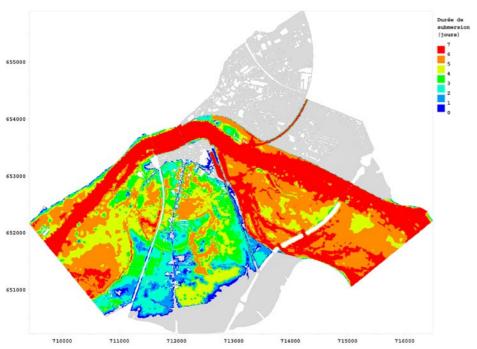
En terme de durée de submersion, les vals endigués de rive gauche restent submergés pendant 3 à 6 jours.

Seuls quelques secteurs en bordure ne sont inondés que moins de 3 jours.

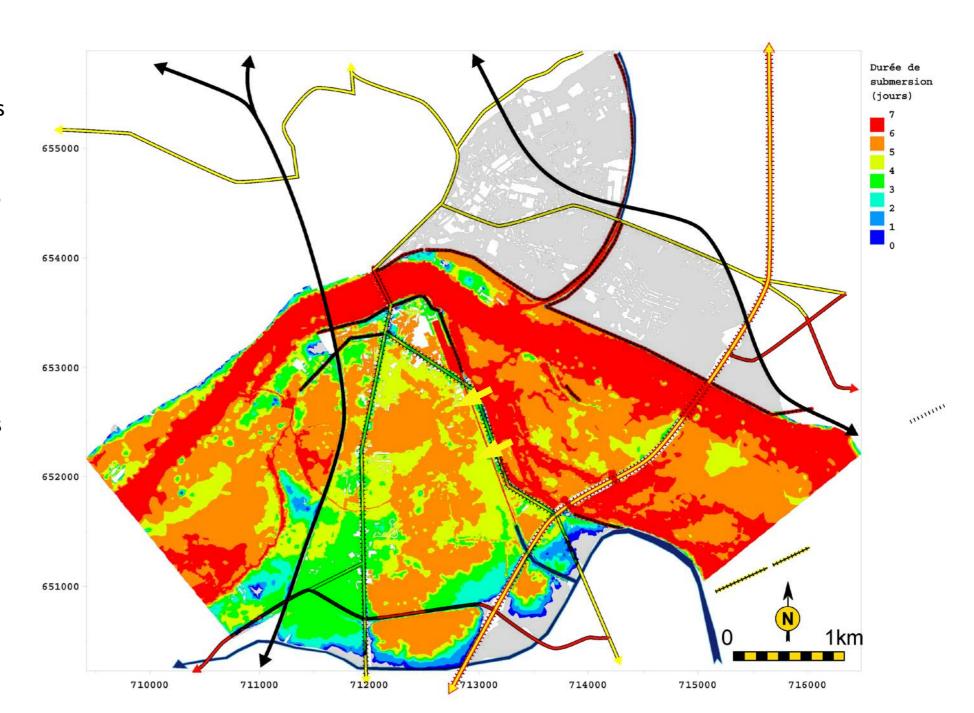
Les terrains du val de la Briqueterie-Peuilly sont quant à eux inondés pendant 2 à 3 jours.

En comparaison avec la crue T = 500 ans sans brèche, les durées d'inondation du scénario D sont très différentes, en moyenne, 2 jours de plus. L'inondation par remous est en retard par rapport à l'inondation par les brèches. Les vals non inondés par remous à l'ouest et au sud ont une submersion qui dure 2 à 3 voire 4 jours.

Simulation Crue T = 500 ans sans brèche



Etude EGRIAN -Scénarios de brèches - Val de Nevers



Inondations sans brèche et avec brèches

	Différences entre les scénarios avec et sans brèche au niveau des vals directement concernés	Impacts en Loire et dans les autres vals	Débits dans les brèches	Ecrêtement en amont du pont de pierre
Scénario A Crue T=500 ans	L'inondation est totale et rapide dans les trois vals de la rive droite. Entrant par les brèches, l'eau a du mal à se retirer des quartiers alors qu'elle est montée de 2 m ou 3 m mais sans vitesse en dehors des déversoirs.	Il n'y a pas d'impact en Loire et dans les vals non inondés par les brèches. -1 cm entre l'A77 et la Jonction	brèche amont : 304 m³/s brèche aval : 171 m³/s	0 m³/s en Loire
Scénario C Crue T=170 ans	L'inondation est totale dans les vals du Pète à l'Âne et de la Bonne Femme. Elle est partielle dans le val de la Jonction et en légère augmentation pour les vals de Saint-Antoine et des Brouères. Il n'y a pas de modification sensible des surfaces inondées ni de la durée d'inondation. Les courants s'inversent. Ce sont les brèches qui inondent les vals et les eaux tentent de s'évacuer sous les ouvrages SNCF qui les retiennent. Les hauteurs d'eau dans les vals inondés par les brèches sont comprises entre 0,5 m et 3 m. Les vitesses sont faibles.	Il n'y a pas d'impact en Loire et dans les vals non inondés par	brèche amont : 45 m³/s brèche aval : 12 m³/s	5 m³/s en Loire
Scénario B Crue T=170 ans	L'inondation est totale dans les vals de la Jonction et du Pète à l'Ane. Elle est partielle dans le val de Briqueterie et de Peuilly. Pour les vals de Saint-Antoine et des Brouères, l'inondation est en très forte augmentation avec une extension vers le sud. Les hauteurs d'eau sont comprises entre 1,5 m et 4 m et les vitesses restent faibles.	Au droit de la levée de Sermoise, la Loire baisse de 20 cm et seulement de 2 cm juste avant le Bec d'Allier. Les flots reviennent en Loire au niveau de Gimouille.	brèche amont : 177 m³/s brèche aval : 129 m³/s	240 m³/s en Loire
Scénario D Crue T=500 ans	L'inondation est totale pour les vals de Jonction, de Pète à l'Âne, de la Bonne Femme et des quartiers sud. Elle est partielle pour le val de Briqueterie et de Peuilly. L'inondation est en très forte augmentation sur les vals de Saint-Antoine et des Brouères. Elle s'étend jusqu'au sud de ces vals. Les hauteurs d'eau sont grandes de 2 m à 4 m voir même 5 m. Localement en raison des obstacles des vitesses peuvent être significatives de 1,5 m/s à 2 m/s	La Loire baisse de 25 cm au droit de la levée de Sermoise.	brèche amont : 242 m³/s brèche aval : 178 m³/s	330 m³/s en Loire

7 scénarios d'aménagement pour réduire l'aléa

L'analyse des résultats des modèles avec ou sans brèches ont conduit la maîtrise d'ouvrage à demander l'étude de 7 scénarios d'aménagement capables de réduire l'aléa inondation. Ils font l'objet de la phase II de l'étude EGRIAN :

- Entretien et restauration du lit
- Fermeture du remblai SNCF (ligne Paris/Clermont)
- Amélioration du débouché hydraulique au droit de la RN7 (4 possibilités)
- Implantation de déversoirs de sécurité
- Création d'un chenal de décharge rive gauche et aménagement d'un espace prioritaire d'écoulement
- Ralentissement dynamique à l'amont de Nevers
- Scénario combinant différents aménagements

