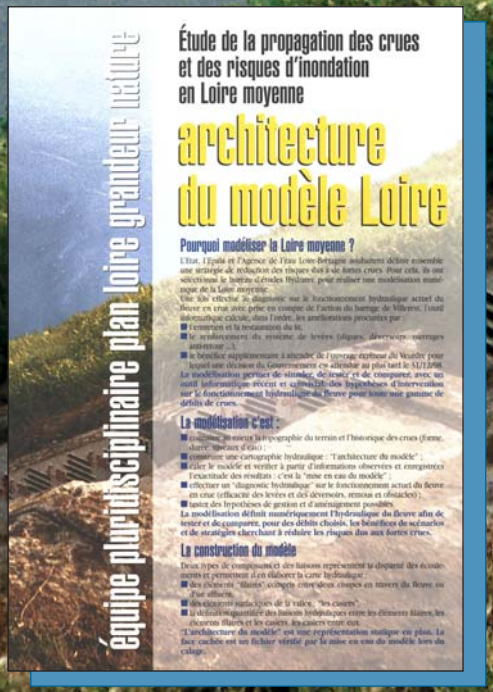
Plan Loire grandeur nature

Ensemble pour réduire le risque

Etude de la propagation des crues et des risques d'inondation en Loire moyenne

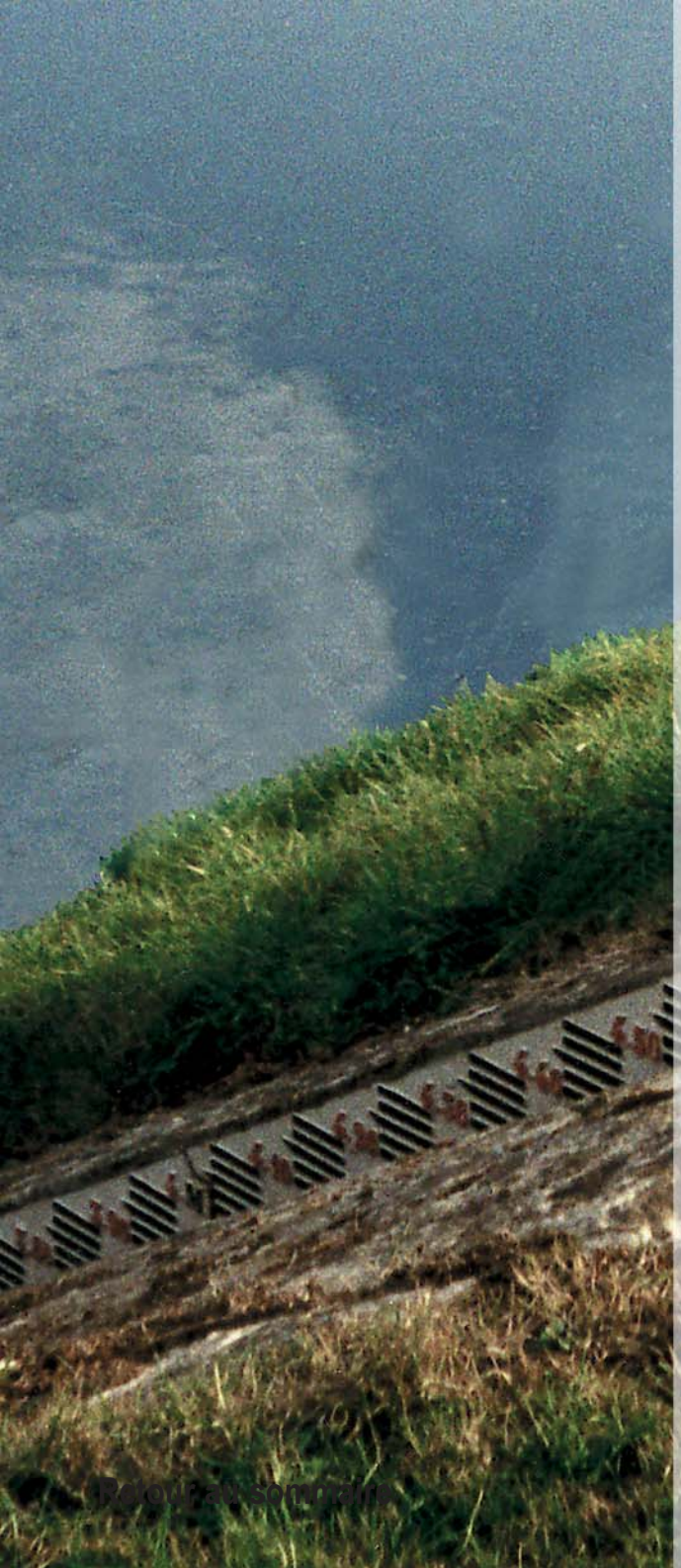
Le modèle Loire Moyenne Hydra 1998



De Nevers à Angers, 450 km de Loire, 150 000 ha de zones inondables et 600 km de levées isolant 100 000 ha de val en 33 vals différents, ont été précisément modélisés. Le modèle est construit à partir d'une topographie de 1995, définie par un profil en travers de la Loire tous les km et pour les vals par la cartographie IGN. Sa précision est fiable pour une vision Loire moyenne.

Minéa - Hydratec

Retour au sommaire



Sommaire

Les enseignements du modèle dans le cadre de l'étude 4
Pourquoi modéliser la Loire Moyenne 5
Les objectifs de la modélisation 6
Deux outils complémentaires construisent le modèle 7
Les emprises d'écoulement 8
Les zones d'expansion des crues 9
Le modèle filaire : les couloirs d'écoulement 10
L'architecture du modèle filaire 11
Le calage du modèle filaire 12
Le modèle filaire est fiable 13
Le modèle à casiers : vals et rives, les champs d'inondation 14
L'architecture du modèle à casiers 15
Les liaisons hydrauliques du modèle à casiers 16
Le modèle à casiers donne des indications moyennes 17

Minéa - Hydratec

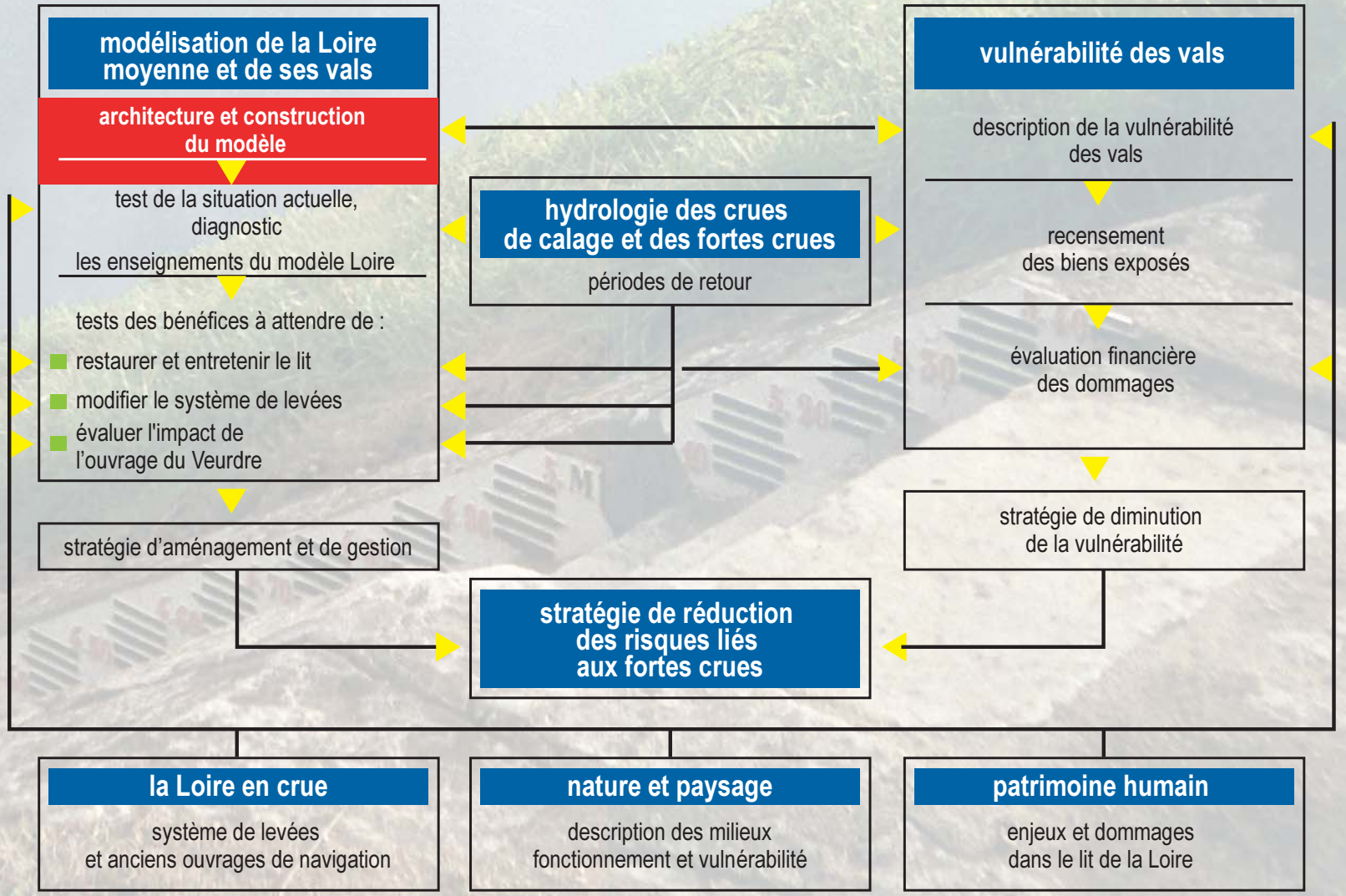
Sommaire

Les résultats du modèle Loire moyenne 18
Courbe de la hauteur d'eau 19
Courbe d'évolution du débit 20
Courbe de tarage 21
Profil en long des lignes d'eau 22
Le modèle ne simule pas tout 23
Les six Loire de la Loire moyenne 24
Un secteur géographique de 450 km entièrement modélisé 25
Comment lire la carte de l'architecture 26
La Loire moyenne amont sud 27
La Loire moyenne amont nord 28
La Loire orléanaise 29
La Loire blésoise 30
La Loire tourangelle 31
La Loire des confluences 32
La Loire d'Authion 33

Minéa - Hydratec

Les enseignements du modèle dans le cadre de l'étude

Un document d'explication du modèle Hydra 1998 Loire moyenne



Patrimoine ligérien

Minéa - Hydratec

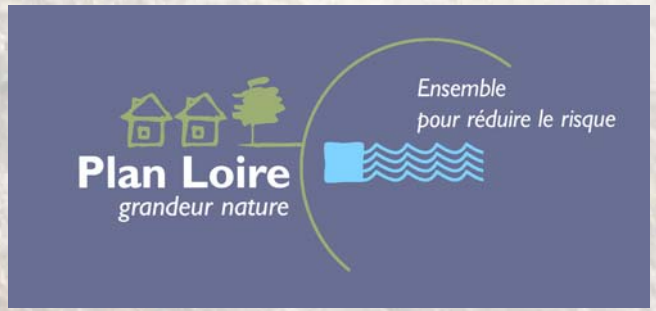
Plan Loire grandeur nature — Ensemble pour réduire le risque

Retour au sommaire

Pourquoi modéliser la Loire Moyenne

L'Etat, l'EPTB Loire et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne souhaitaient définir ensemble une stratégie de réduction des risques dus à de fortes crues. Pour cela, ils ont selectionné Hydratec pour réaliser une modélisation numérique de la Loire Moyenne.

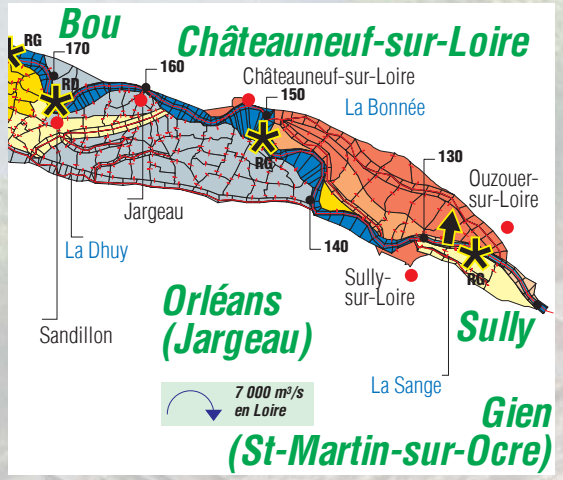
L'étude de scénarios de crue pour évaluer dans quelles conditions le territoire Loire Moyenne est susceptible d'être inondé a été menée à l'aide du modèle Hydra 1998 de propagation des crues de la Loire entre Nevers et Montjean.



Minéa - Hydratec

Les objectifs de la modélisation

La modélisation permet de simuler, de tester et de comparer, avec un outil informatique, des hypothèses d'intervention sur le fonctionnement hydraulique du fleuve pour plusieurs familles de crues de force différentes.



La modélisation définit numériquement l'hydraulique du fleuve afin de :

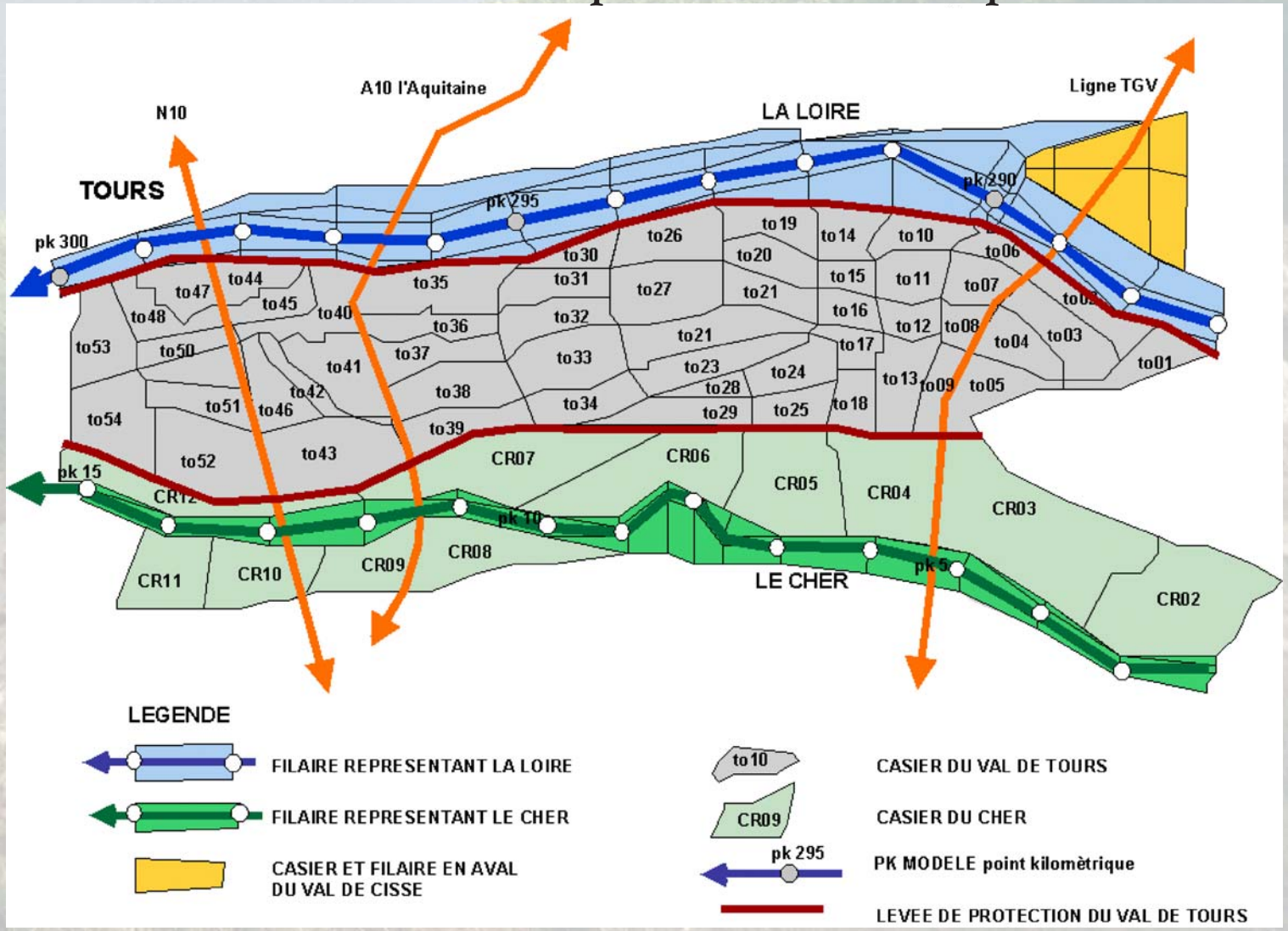
- Comprendre le fonctionnement du fleuve, les conditions d'inondation et les risques inhérents pour la vallée aménagée.
- Tester et comparer, pour des débits choisis, les bénéfices de scénarios et de stratégies cherchant à réduire les risques dus à de fortes crues.

Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

Deux outils complémentaires construisent le modèle

- Le modèle filaire pour les écoulement.
- Le modèle à casiers pour les zones d'expansion.



L'architecture du modèle est une représentation statique en plan.
La face cachée est un fichier vérifié par la mise en eau du modèle lors du calage.

Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

Les emprises d'écoulement

Les emprises d'écoulement sont constituées de :

- La Loire limitée par ses coteaux ou par des levées.
- Les principaux affluents du fleuves.
- Les ruisseaux ou thalwegs de drainage dans les vals.
- Les terrains dans le prolongement des déversoirs.

Le couloir d'écoulement est gradué en points kilomériques.
Le pont de la RN7 à Nevers : PK 0,000 km
Le Pont de Montjean-sur-Loire : PK 433,880 km

Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

Les zones d'expansion des crues

En temps normal, le fleuve s'écoule dans son lit mineur.

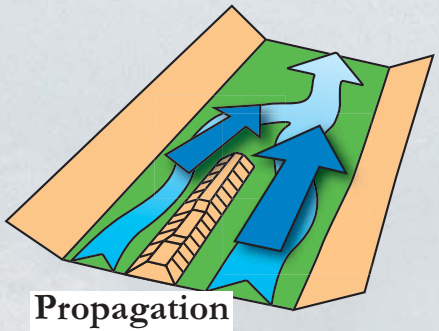
Lors de ses crues, il peut utiliser le lit moyen entre coteaux ou le lit endigué entre coteaux et levées.

Lors des crues plus fortes, s'il mobilise partiellement ou en totalité son lit majeur, il y a inondation.

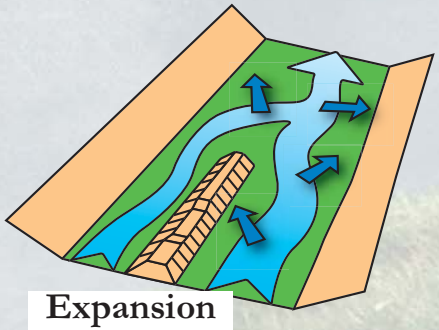
Les submersions extérieures au lit normal sont des zones d'expansion qui permettent au fleuve de s'étaler.

Minéa - Hydratec

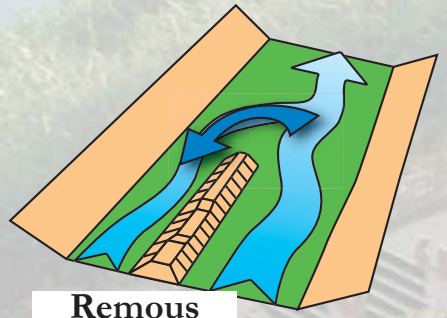
Le modèle filaire : les couloirs d'écoulement



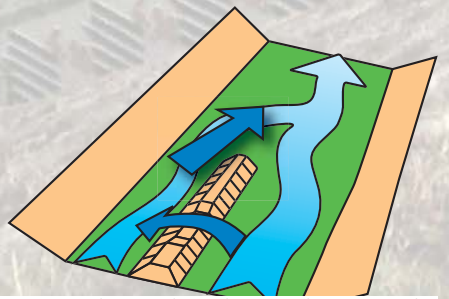
Propagation



Expansion



Remous



Propagation derrière déversoir

Le lit majeur du fleuve, ses affluents et les axes de drainage dans les vals constituent les couloirs dans lesquels l'eau coule. Pour la cartographie hydraulique, architecture du modèle, ils sont répertoriés dans la structure dite "filaire". En cas d'inondation, c'est là où les flots ont une vitesse marquée, c'est par là que l'eau arrive et qu'elle repart.

Le modèle filaire prend en compte et calcule :

- La propagation de la crue.
- L'expansion de la crue.
- Le remous dans l'affluent ou dans le val.
- La propagation derrière le déversoir.

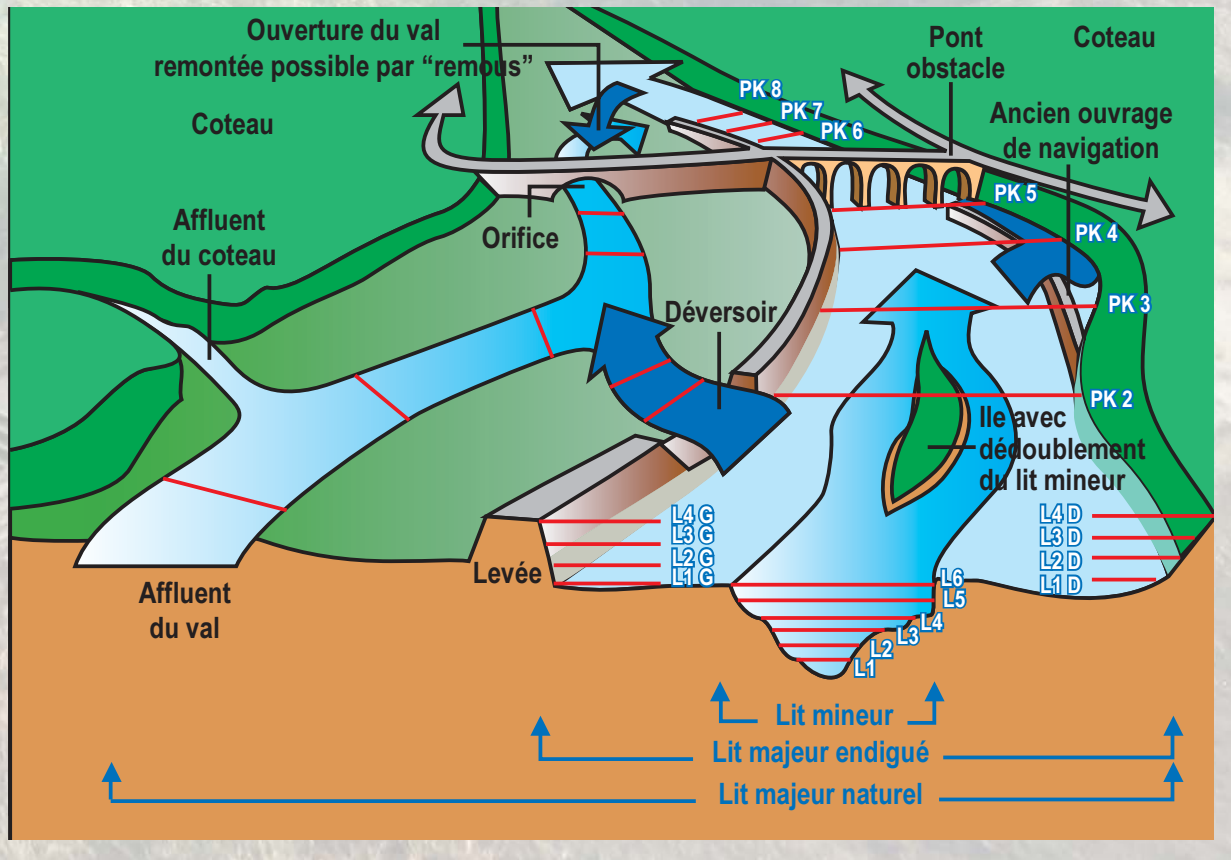
Le modèle filaire calcule une ligne d'eau continue proche de celle de la crue prise en compte.

Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

L'architecture du modèle filaire

Le modèle filaire se construit à partir des profils en travers. L'hydraulicien synthétise, avec 14 points, les profils en travers relevés environ tous les kilomètres dans le lit du fleuve. Il interpole des profils supplémentaires pour rester fidèle à la géométrie du lit.



Deux profils délimitent en plan, un "secteur d'écoulement". Il peut se dédoubler pour encadrer une île.

Minéa - Hydratec

Le calage du modèle filaire

Le calage du modèle a consisté à retrouver, par le calcul et avec la plus grande précision possible, les niveaux d'eau observés sur le terrain par la DIREN de bassin pour les crues de novembre 1992, janvier 1994, mai et décembre 1996.

Le modèle est capable de bien reproduire la réalité pour ces crues puisqu'il restitue, à plus ou moins 15 cm, 87% des 300 niveaux observés par les services de l'Etat lors de ces quatre crues.

Minéa - Hydratec

Le modèle filaire est fiable

Les apports des petits affluents sont très faibles devant les débits circulant dans les vals lorsque les déversoirs les alimentent ou lorsque les brèches s'ouvrent.
Ils sont cependant parfois suffisants pour mettre en eau certains fonds de casiers.

La précision du modèle est bonne, d'autant plus que la qualité de ses résultats se situent dans un objectif de comparaison de scénarios. Ce relatif permet de s'affranchir de quelques incertitudes.

- Les données utilisées pour construire et caler le modèle filaire allouent à celui-ci une précision, en moyenne, de 25 centimètres en plus ou en moins.
- Sur le Cher, l'Indre, la Vienne et la Maine, les résultats hydrauliques du modèle sont cohérents avec les niveaux observés sur ces cours d'eau lors des crues récentes.
- Le filaire des affluents et des chemins d'écoulement dans les vals ont été construits à partir d'un dimensionnement sans calage.

Minéa - Hydratec

Le modèle à casiers : vals et rives, les champs d'inondation

Detail du modèle à Ouzouer

Le modèle à casiers représente le champ d'expansion des crues situé au-delà du lit endigué de la Loire et des lits de ses affluents. Ce sont les vals et les espaces inondables riverains du fleuve.

Chaque casier est défini par des obstacles physiques modifiant l'hydraulique : levées, coteaux, routes, talus... puis numériquement par sa superficie et par son volume inondable.

Le modèle à casiers est "en escalier" contrairement au modèle filaire.

En 1998, la modélisation Hydra Loire moyenne était à la limite de la capacité numérique pour un calcul sur 450 km de Loire.

Minéa - Hydratec

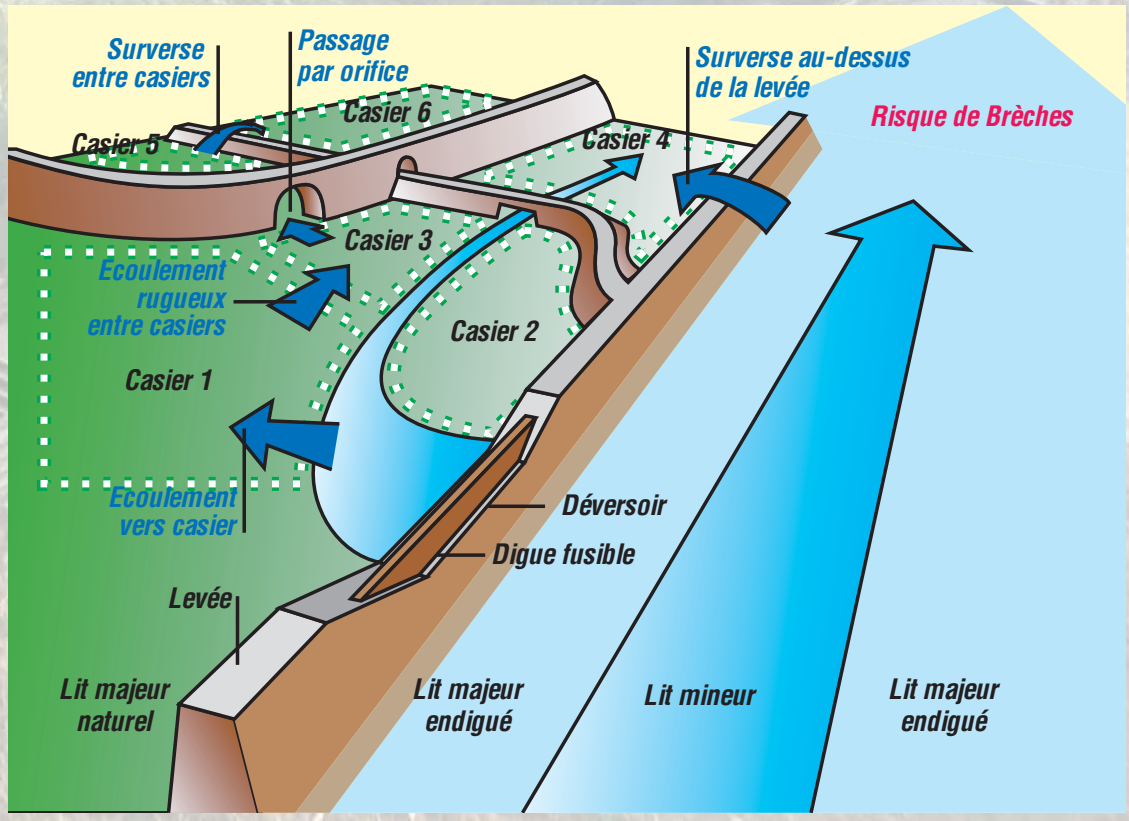
L'architecture du modèle à casiers

Le modèle mémorise les espaces inondables selon un découpage de surfaces d'environ 2 km² : "les casiers".

Les limites des casiers correspondent à des obstacles modifiant l'hydraulique : levées, coteaux, routes, talus ...

Les entrées et sorties d'eau pour un casier sont analysées et dimensionnées, puis numérisées.

Le modèle calcule, pour chaque casier, les niveaux et les vitesses de l'eau en faisant une moyenne sur toute la surface du casier. Il détermine les hauteurs atteintes, les quantités d'eau retenues, et les temps de remplissage et de vidange.



Minéa - Hydratec

Les liaisons hydrauliques du modèle à casiers

Des liaisons numériques sont quantifiées pour les échanges d'eau entre les casiers.

Quatre types de liaisons sont utilisés :

LA LOI DE SURVERSE ► débordement au-dessus d'une levée, d'une banquette ou d'un talus. La liaison est calée au niveau de l'arase du point bas. Les débits sont calculés par une loi de déversement.

LA LOI D'ORIFICE ► la liaison simule un passage par une ouverture quelconque : buse, dalot ou pont.

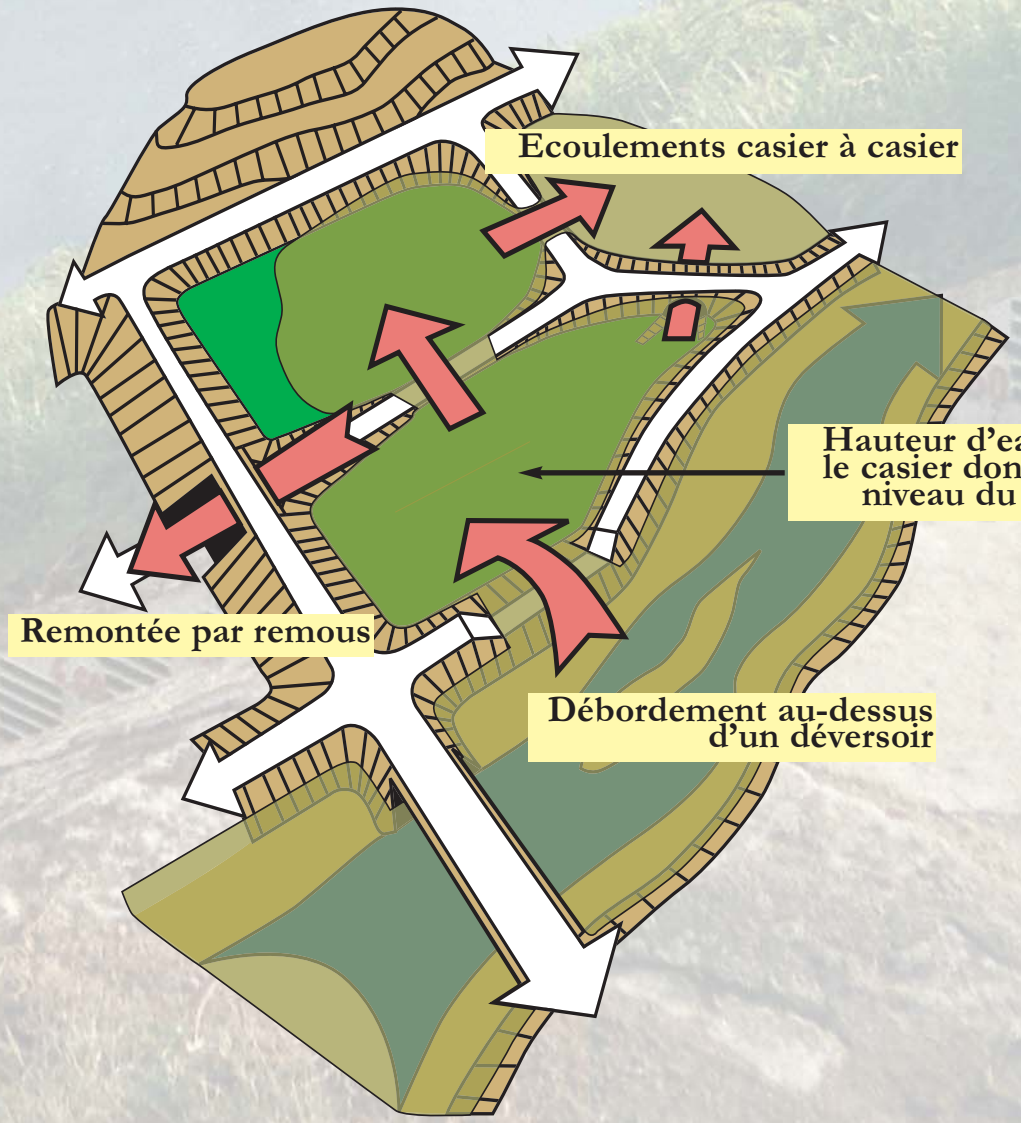
L'ECOULEMENT RUGUEUX DE CASIER À CASIER ► l'eau coule sans obstacle précis. Les forces de frottement de l'eau sur le terrain sont simulées.

LA BRÈCHE ► L'accident est pris en compte lorsque le fleuve surverse au-dessus de la levée. La brèche s'ouvre en 12 heures en rabottant la levée jusqu'au niveau du terrain naturel.

Minéa - Hydratec

Le modèle à casiers donne des indications moyennes

Pour des casiers de 1 à 2 km de long, la valeur unique de ce niveau d'eau est cohérente lorsqu'il s'agit d'espaces inondés par remous, mais elle ne l'est plus lorsqu'une partie du débit de la crue s'écoule en provenance d'un déversoir par exemple.



La hauteur d'eau dans un casier est définie par un niveau d'eau moyen calculé sur l'ensemble du casier.

Minéa - Hydratec

Les résultats du modèle Loire moyenne

Les deux modèles sont liés et donnent des résultats sur les 450 km de la Loire moyenne

- Le modèle filaire calcule, au cours d'une crue, l'évolution locale du niveau de l'eau, de sa vitesse moyenne et de son débit. Il fournit pour chaque "secteur" du lit des résultats agrégés, dont on peut déduire le risque de surverse, les infiltrations, l'érosion de la levée ou sa rupture ...
  Il donne l'inondation des vals en fonction du temps.

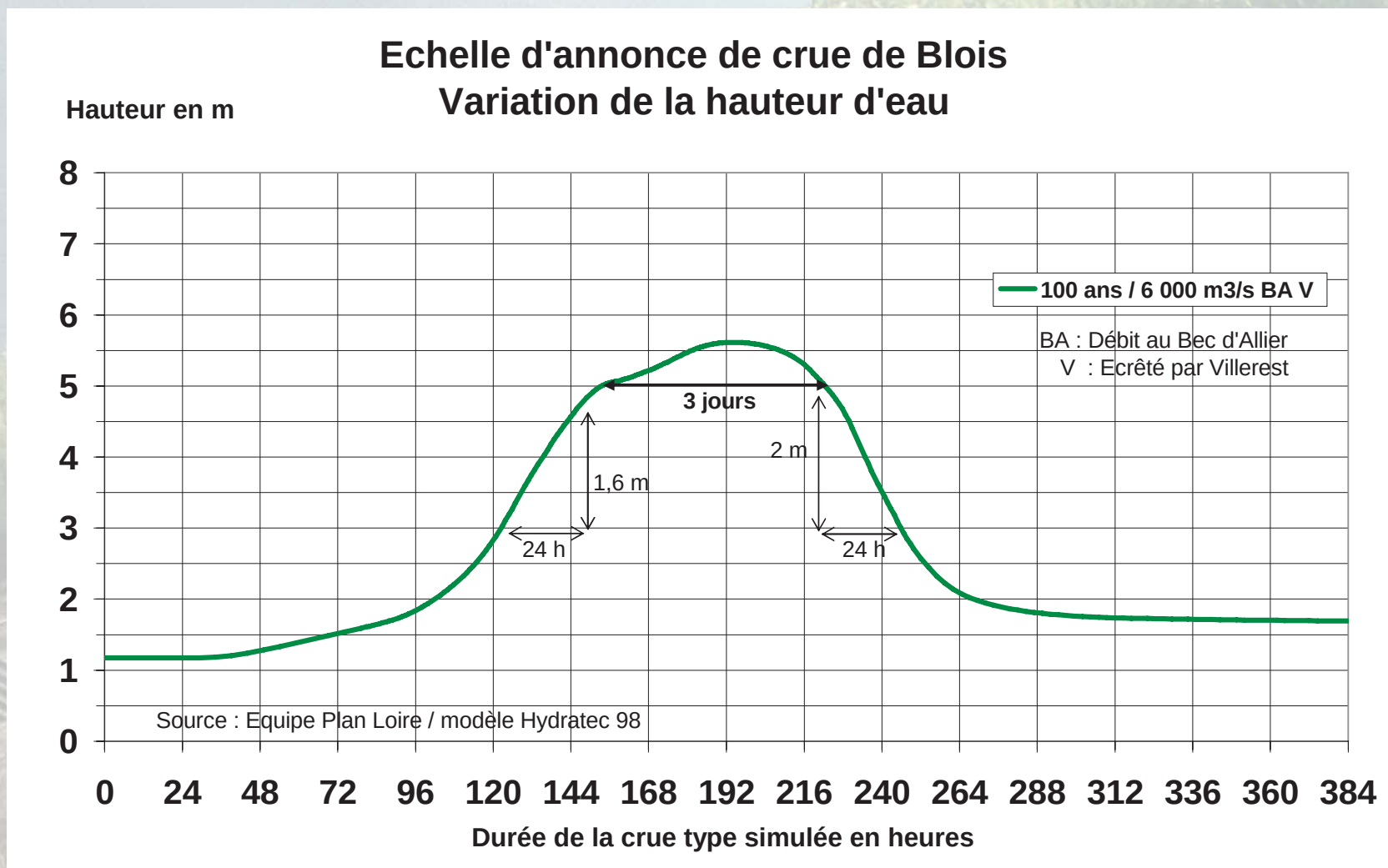
- Le modèle à casiers calcule des volumes d'eau écrêtés dans les zones d'expansion et les hauteurs d'eau moyennes dans le maillage des casiers, là aussi en fonction du temps.

- Le modèle calcule également d'autres grandeurs physiques telles que le rayon hydraulique, la vitesse moyenne sur une section dans le lit mineur et dans le lit majeur, la section mouillée...

Minéa - Hydratec

Courbe de la hauteur d'eau

Les courbes de l'évolution de la hauteur d'eau en fonction du temps donnent la vitesse de montée ou de descente des eaux et le nombre de jours pour lesquels le niveau d'eau se maintient au-dessus d'une hauteur donnée.

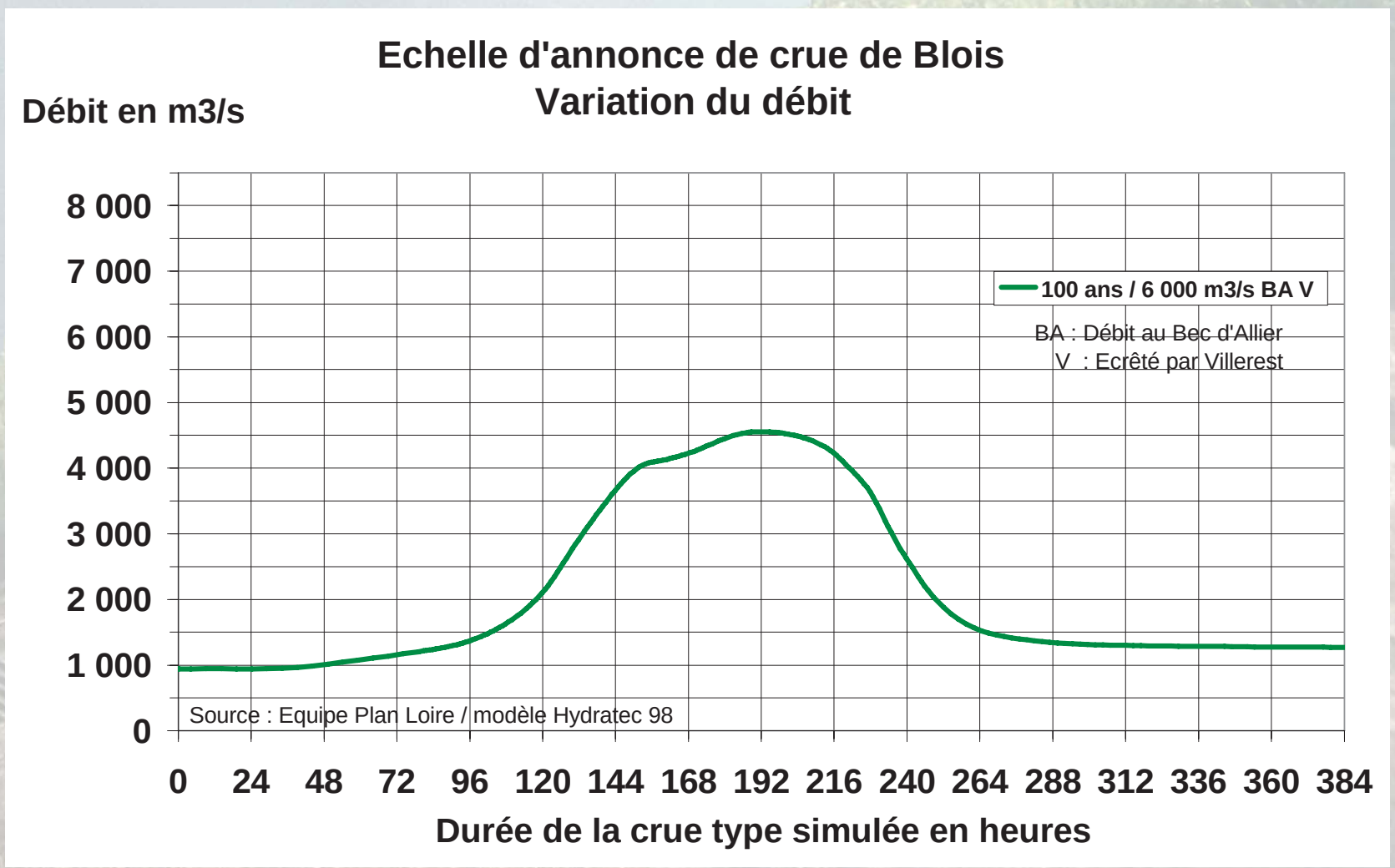


Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

Courbe d'évolution du débit

Les courbes d'évolution du débit en fonction du temps décrivent le passage du débit, avec une pointe plus ou moins étalée dans le temps, et donnent un maximum atteint en un point donnée.

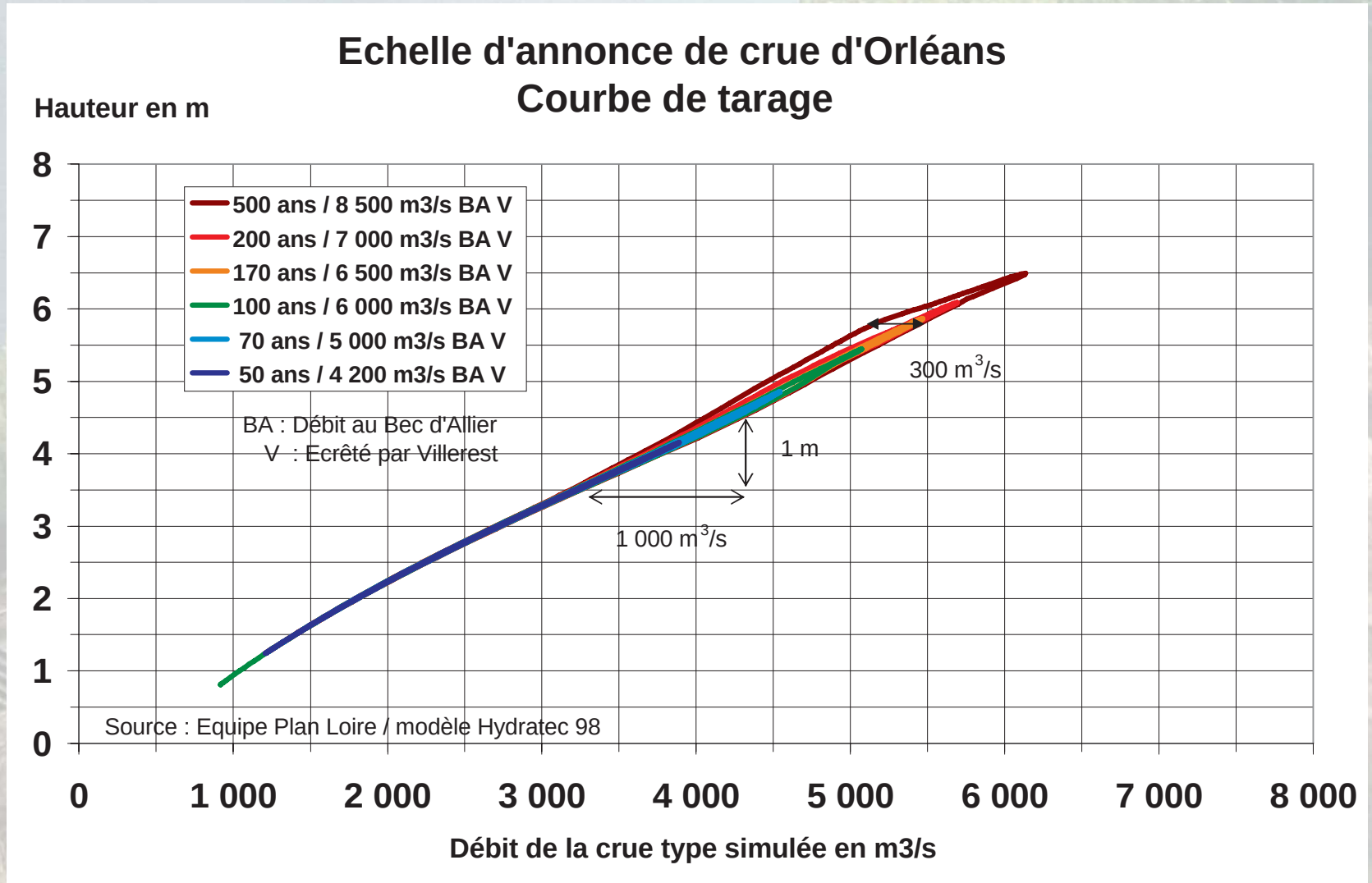


Minéa - Hydratec

Courbe de tarage

La courbe de tarage est une corrélation du débit en fonction de la hauteur d'eau de la Loire.

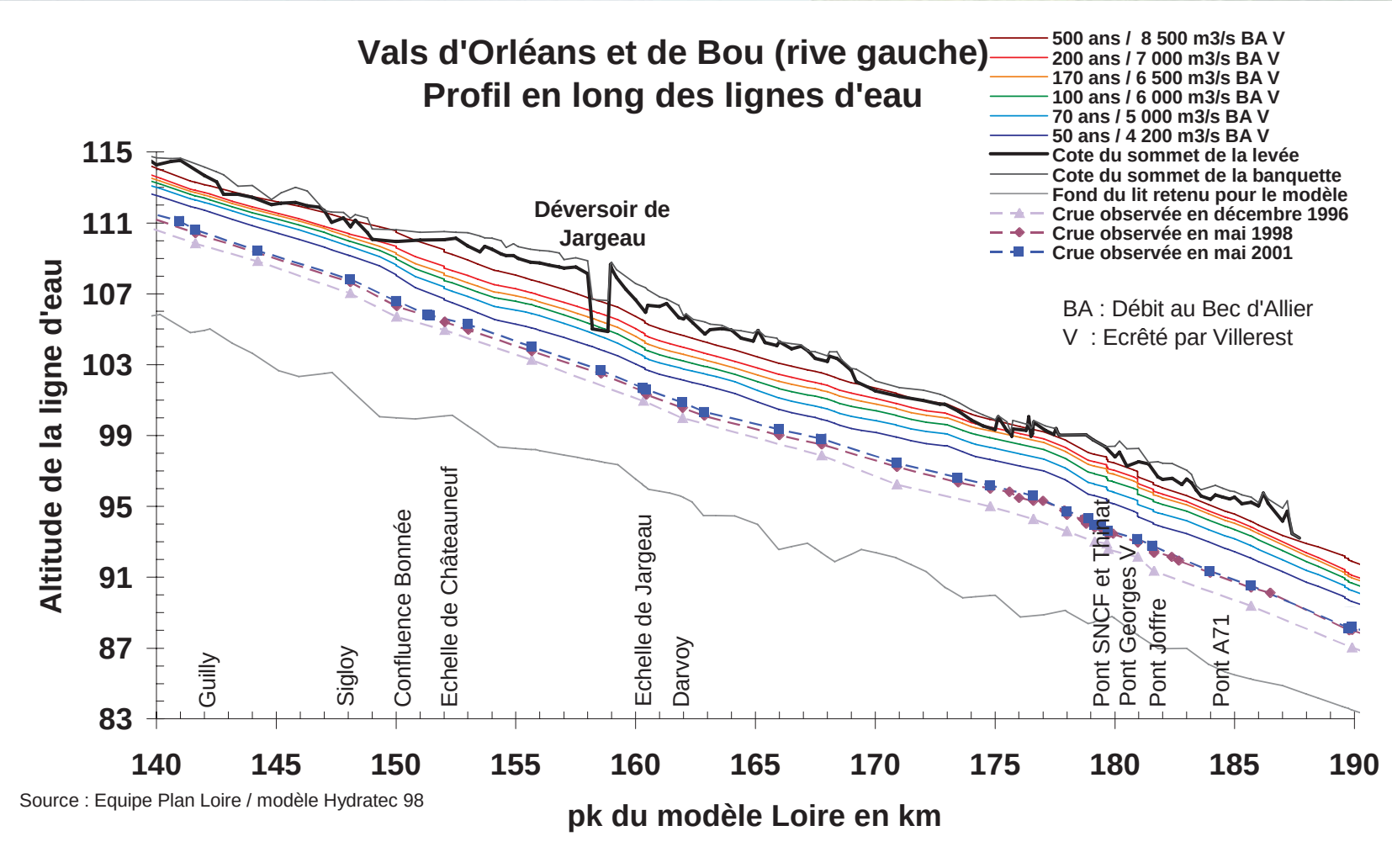
Au droit des échelles de crue, ces courbes donnent la relation entre le débit en Loire et la hauteur lue sur l'échelle de crue.



Minéa - Hydratec

Profil en long des lignes d'eau

L'analyse des profils en long en Loire de la ligne d'eau maximale permet de repérer les secteurs sensibles caractérisés par des revanches faibles, par un appui de la ligne d'eau sur la banquette ou par des surverses par-dessus la levée ou la banquette.



Source : Equipe Plan Loire / modèle Hydratec 98

Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

Le modèle ne simule pas tout

Des facteurs aggravants de l'inondation ne sont pas simulés par le modèle :

- Les effets du vent qui peut provoquer des vagues.
- Des rehausses dans les virages dues à la force centrifuge.
- Des brèches accidentelles autres que celles dues à des surverses (renards, érosions, embâcles et encombres, défauts divers...).
- Des remontées de nappe.
- Des encombres et embâcles sous les ponts.

Minéa - Hydratec

Les six Loire de la Loire moyenne

La Loire d'Authion

De la confluence avec la Vienne à celle avec la Maine, la Loire longe un immense territoire : le val d'Authion. Repoussé en rive gauche, le fleuve aidé des flots en provenance de ses affluents menace le val sans pour cela l'inonder avant l'apparition de très fortes crues.

La Loire tourangelle

De la confluence du Beuvron à celle du Cher, la vallée est relativement étroite. Elle comprime, d'abord en rive droite puis en rive gauche et même sur les deux rives, un lit endigué qu'aucun déversoir ne vient soulager lors des fortes crues.

La Loire orléanaise

La vallée est beaucoup plus large. Des vals endigués et dotés de déversoirs en rive droite et en rive gauche accompagnent le lit mineur qui méandre. Le seuil rocheux du Bec du Loiret se complète d'un sévère rétrécissement de la vallée.

La Loire des confluences

Le Cher, l'Indre et la Vienne confluent avec la Loire sur une bien courte distance. L'apport des affluents lors des crues ne donne à la Loire, dans ce secteur, que peu de possibilités de s'écouler. Les crues d'origine océanique de ces affluents précèdent généralement dans le temps la crue de la Loire.

La Loire blésoise

Entre les confluences du Loiret et du Beuvron, la vallée étroite accueille, alternativement en rive droite et en rive gauche, de longs vals dotés de déversoirs.

La Loire Moyenne amont

D'une largeur faible, la rivière est contenue entre le coteau en rive droite et le canal latéral en rive gauche. Des vals relativement petits et étroits repoussent en rive droite le lit endigué.

Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

Un secteur géographique de 450 km entièrement modélisé

Le modèle enregistre toutes les surfaces inondables de la Loire moyenne entre Nevers et Montjean-sur-Loire. Les affluents apparaissent dans leur partie aval influencée par la Loire.

C'est une carte du fleuve dans laquelle les relations hydrauliques, définies numériquement, s'enchaînent les unes aux autres :

- Les secteurs filaires se représentent par des couloirs recoupés tous les kilomètres.
- Les casiers matérialisent les espaces inondables par des surfaces appropriées. Les principaux obstacles à l'écoulement sont eux aussi répertoriés et qualifiés.

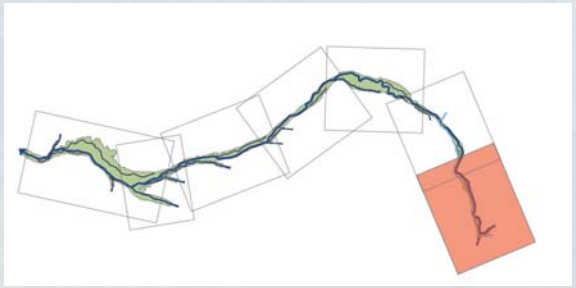
Minéa - Hydratec

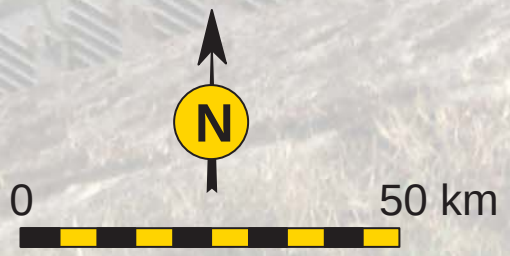
Comment lire la carte de l'architecture

	-------	Casier
	-------	Couloir d'écoulement filaire
Bou	-------	Val sans déversoir
Ardoux (Mazan)	-------	Val (déversoir)
Avaray	-------	Val muni d'un déversoir du même nom
Vouvray	-------	Agglomération
Orléans	-------	Préfecture
L'Ardoux	-------	Affluent secondaire
Le Cher	-------	Affluent important

Minéa - Hydratec

La Loire moyenne amont sud

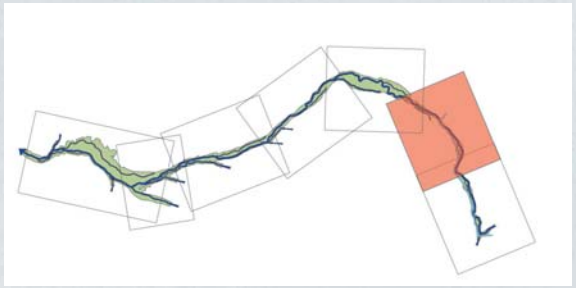




Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

La Loire moyenne amont nord



Sully

Pierrelaye (Dampierre)

Gien

Gien (St-Martin-sur-Ocre)

Pont Canal de Briare

Briare

Saint-Firmin

Ousson-sur-Loire

Léré aval (Léré)

Neuvy-sur-Loire

La Celle

Centrale nucléaire de Belleville

Léré

Léré amont

La Judelle

Cosne-Cours-sur-Loire

Sancerre

Couargues

Pouilly-sur-Loire

La Charité aval (Passy)

Canal latéral à la Loire

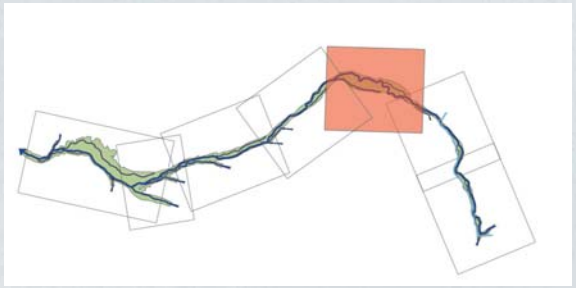
N

0 50 km

Minéa - Hydratec

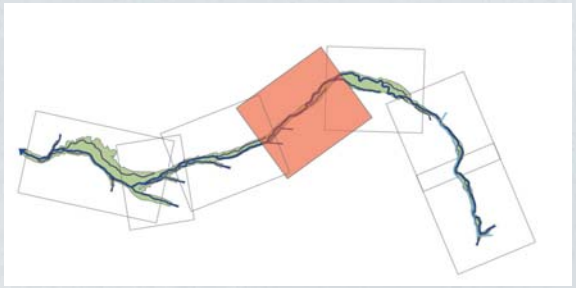
Retour au sommaire

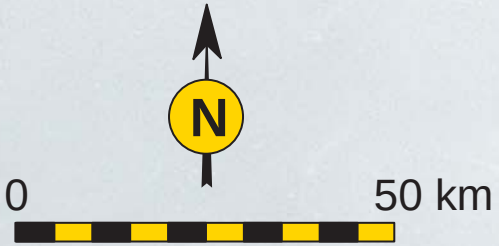
La Loire orléanaise



Retour au sommaire

La Loire blésoise





Orléans

A 10

A 71

Bouverie

Meung-sur-Loire

Baule

Le Loiret

Beaugency

Ardoux (Mazan)

Avaray

La Tronne

L'Ardoux

St Pryvé-St Mesmin

Mer

Olivet

Centrale nucléaire de St Laurent-des-Eaux

St-Jean-le-Blanc

La Chaussée St-Victor

St Denis-en-Val

Blois

Blois amont (Montlivault)

La Cisse

Le Cosson

Onzain

Blois aval (La Bouillie)

Cisse

Nazelles-Négron

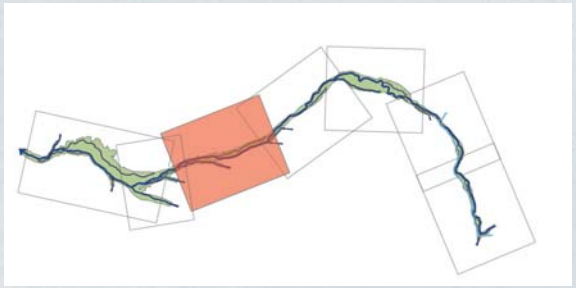
Le Beuvron

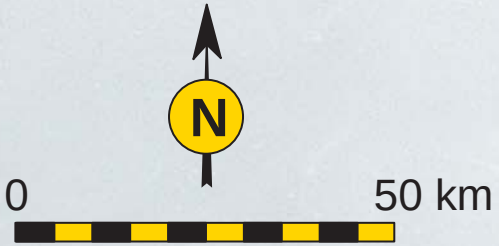
Chaumont-sur-Loire

Retour au sommaire

Minéa - Hydratec

La Loire tourangelle



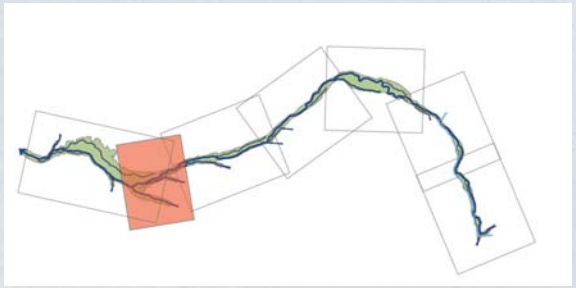


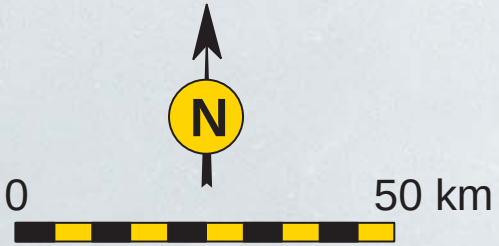
Blois
La Cisse
Le Cosson
Onzain
Cisse
Tours rive droite
TGV Atlantique
Nazelles-Négron
A 10
Vouvray
Tours
Chaumont-sur-Loire
Le Beuvron
Luynes
Chargé
Amboise
Langeais
Husseau
Azay-sur-Cher
Langeais
A 85
Tours
Le Cher
Bréhémont (La Chapelle-aux-Naux et Vieux-Cher)
Azay-le-Rideau
La Riche
L'Indre
St-Pierre-des-Corps
Montlouis sur-Loire
La Ville-aux-Dames

Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

La Loire des confluences

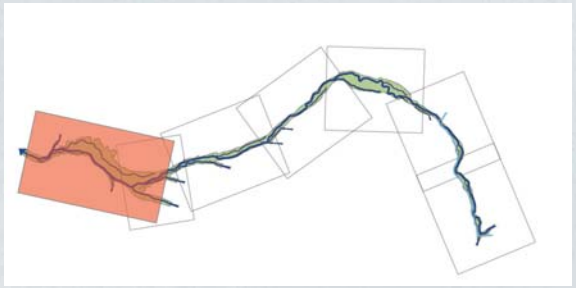




Minéa - Hydratec

Retour au sommaire

La Loire d'Authion



Retour au sommaire