L'étude de cohérence du bassin de La Maine

La crue de 1995 à Sablé.

Le bassin de la Maine (22 000 km²) a été très fortement touché par la crue de janvier 1995.

Dans le cadre d'une réflexion portée par les collectivités du bassin de la Maine et les services de l'État, des propositions de mesures ont été réalisées suivant le principe exemplaire des 3 P : **Prévention**, **Prévision** et **Protection**, développé par l'équipe pluridisciplinaire formée par l'État, l'Agence de l'Eau et l'EPALA.

Un certain nombre de ces actions et aménagements sont en cours de réalisation en 2008 ou opérationnels (cas du réseau CRISTAL de télémesures des rivières du bassin). Cet ensemble de mesures visant à réduire les conséquences des inondations constitue le **Programme d'Actions de Prévention des Inondations du Bassin de la Maine**, le **PAPI Maine**, initialement dénommé PPIBM.

L'étude de cohérence a pour objet de vérifier l'impact de tout projet d'aménagement, afin de connaître leur incidence directe à l'aval du bassin.

L'étude de cohérence a été réalisée par le bureau d'études Hydratec de juillet 2005 à décembre 2007, sous la maîtrise d'ouvrage de l'Établissement Public Loire, assisté d'un comité de suivi regroupant les autres partenaires financeurs (État, Région des Pays de la Loire, et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne), ainsi que les collectivités locales du bassin de la Maine et des associations de riverains.

Etablissement Public LOIRE

L'étude de cohérence des aménagements a conclu à la compatibilité hydraulique des ouvrages de réduction du risque d'inondation sur le bassin de la Maine proposés par le PAPI Maine.

Les objectifs de « l'étude de cohérence »

L'étude devait, avec l'aide d'une modélisation numérique des principaux cours d'eau du bassin et de leurs vallées :

→ **Analyser** les mécanismes de formation et de propagation des crues à l'échelle du bassin versant de la Maine jusqu'aux entrées des Basses Vallées Angevines.

→ **Simuler** les projets d'aménagements prévus par le Programme d'Actions de Prévention des Inondations du Bassin de la Maine (le PAPI Maine) et analyser leurs incidences sur les crues, rivière par rivière, et en concomitance selon une hydrologie étudiée à partir de plusieurs crues connues.

→ **Réaliser** un outil de modélisation évolutif permettant de simuler d'autres scénarios d'aménagements qui pourraient être intéressants pour améliorer la protection contre les inondations dans le bassin.

Le déroulé de l'étude

→ **Synthèse des données et études existantes,** et recherche d'informations complémentaires. En début d'étude, des enquêtes sur le terrain et des relevés topographiques complémentaires ont été faits pour permettre de réaliser la modélisation hydraulique répondant aux besoins. Les données pluviométriques et hydrométriques ont également été approfondies.

→ **Construction d'un outil global et évolutif de modélisation** des crues. La modélisation a été réalisée à l'aide du logiciel de modélisation fluvial HYDRARIV. L'outil permet d'estimer les impacts des aménagements projetés et de juger de leur cohérence hydraulique en différents points du bassin jusqu'aux entrées des Basses Vallées Angevines. Ce territoire a fait l'objet d'une modélisation spécifique.

→ **Prise en compte des projets d'aménagements du PAPI Maine.** Le recensement des projets, fait en 2006, a été basé sur la Convention Cadre du Plan de Prévention des Inondations du Bassin de la Maine. Une actualisation, en avril 2007, a permis de prendre en compte les dernières avancées dans les études des projets pour la modélisation. Les aménagements retenus pour les scénarios de l'étude de cohérence visent à ralentir les débits en amont ou correspondent à des aménagements localisés de protection ou d'amélioration des écoulements.

Type d'ouvrages pris en compte dans l'étude de cohérence.

Exemple de l'ouvrage de Margon, sur l'Huisne :

L'ouvrage ralentisseur de crues : perpendiculaire à la rivière, il provoque une rétention des eaux des crues.

Le pertuis limite le débit d'écoulement des eaux.

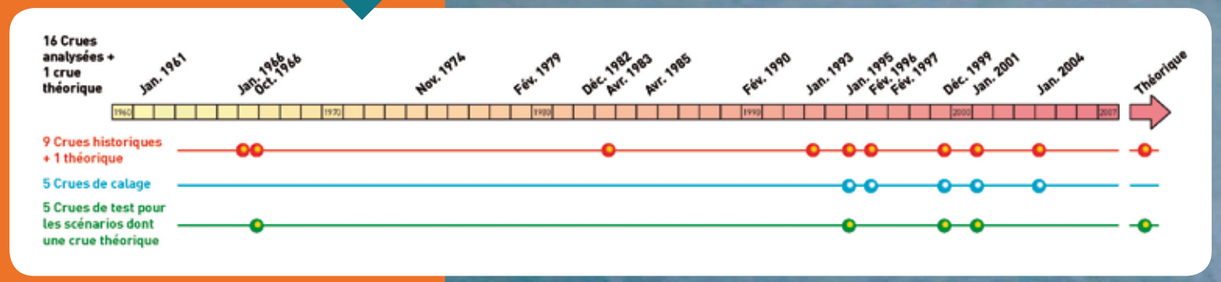
Le déversoir laisse passer les eaux quand le niveau d'eau est trop élevé.

Une étude largement concertée

Un comité de suivi a été constitué sous la direction de la maîtrise d'ouvrage de l'Établissement Public Loire. Il regroupe les services de l'État (DIREN et DDE), la Région Pays de la Loire, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne qui participent aussi au financement de l'étude. Des représentants des départements, des communes, des syndicats, des SAGE et d'associations de riverains inondés ont participé activement aux nombreuses réunions.

Crue de la Sarthe,
à Vivoin, 1995.

Les crues analysées pour l'étude



Crue de l'Oudon,
à Saint-Aubin-du-Pavoil, 1999.

Comité de suivi du 22 janvier 2008.

Analyse et choix des crues de référence du modèle

Une analyse a permis de définir la typologie des crues du bassin de la Maine (« monopics » / « multipics », ordre d'arrivée des pointes aux confluences, crues affectant tels ou tels affluents...) et de choisir les neuf crues historiques, représentatives de la gamme de crues pouvant survenir, utilisées pour la modélisation.

Après sa construction, le modèle a été calé sur les crues les plus récentes pour lesquelles il existe des repères de crue : janvier 1995, décembre 1999, janvier 2001, janvier 2004, ainsi que février 1996 pour l'Oudon.
Une crue théorique a été reconstituée, proche de la crue centennale sur l'ensemble du bassin, elle est basée sur la crue de janvier 1995 mais plus forte.

Pour évaluer les impacts des projets d'aménagements du PAPI Maine, cinq crues de test ont été retenues en concertation :

→ La crue de janvier 1995 : la plus forte crue ayant affecté tout le bassin de la Maine.
→ Une crue théorique, plus forte que la crue de 1995, de même forme et durée que cette crue de 1995, permet de tester les impacts à attendre des différents projets d'aménagements pour une crue exceptionnelle.
→ La crue d'octobre-novembre 1966, qui est la plus forte crue sur la Sarthe.
→ La crue de décembre 1999 : crue « multipics » qui affecte tout le bassin.
→ La crue de janvier 2001 : forte crue sur l'Oudon.

Évaluation des impacts hydrauliques des projets d'aménagements PAPI Maine suivant cinq scénarios

Les scénarios correspondent à des combinaisons différentes entre les projets d'aménagements testés.

Cinq scénarios (dont un retenant la totalité des aménagements projetés) ont été testés et comparés à la situation actuelle. L'évaluation des impacts des projets du PAPI Maine a porté sur :

→ le transfert des ondes de crue d'amont en aval,
→ l'horloge des crues (déphasage des pointes),
→ les débits de pointe cumulés en aval du bassin versant,
→ les cotes des eaux.

Le modèle permet d'accéder à l'évaluation des impacts en tout point de calcul du modèle.

Influence des aménagements projetés sur la propagation des crues

Conception et réalisation : Minea/Sophia Mejdoub. Crédits photographiques : DDE 72, Hydratec, Minea. Août 2008.

Route de Sablé au Mans, crue de 1995.

Les hydrogrammes issus du modèle (débit de crue en fonction du temps) sont très peu déformés et l'ordre d'arrivée des différentes pointes de crue reste inchangé. On peut mettre en évidence cette invariabilité sur l'ensemble des crues testées.

Les décalages des maximums des crues entre les différents sous-bassins versants sont faibles. Ils n'ont que peu d'incidence sur l'horloge des crues.

Quel que soit le scénario testé, il n'y a pas de perturbation de « l'horloge Sarthe-Huisne » au Mans, ni de perturbation de « l'horloge Oudon-Mayenne-Sarthe-Loir » à l'entrée des Basses Vallées Angevines.

L'étude de cohérence et les études antérieures

Les études antérieures relatives aux différents projets d'aménagements gardent toute leur valeur. Les écarts constatés pour certains aménagements s'expliquent par les différences entre les topographies prises en compte, particulièrement poussées pour l'étude de cohérence, les modèles utilisés, les scénarios testés et les types de crues simulés.

Les projets inscrits dans le PAPI Maine sont hydrauliquement compatibles entre eux, et l'ensemble, en référence à l'intitulé de l'étude, est cohérent.

D'une manière générale, les projets d'aménagements testés n'entraînent pas de modifications des concomitances et donc n'aggravent pas le risque inondation en aval, à l'entrée des Basses Vallées Angevines.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT, ET DE L'AMÉNAGEMENT DURABLES

Etablissement Public LOIRE

Région PAYS DE LA LOIRE

agence de l'eau Loire-Bretagne
Établissement public du ministère chargé du développement durable

« L'horloge des crues » à l'entrée des Basses Vallées Angevines dans la situation actuelle

L'horloge des crues correspond à l'ordre d'arrivée des pointes de crues et au décalage, calculés en heures, entre les pics de crues des différentes rivières. Ce décalage est une moyenne issue de l'analyse des dix crues faisant l'objet d'une simulation.

Les pics de crue de l'Oudon et la Mayenne arrivent presque simultanément à l'entrée des BVA puis, entre 10 et 20 heures plus tard, arrive celui de la Sarthe. Le pic du Loir arrive après, avec 50 à 120 heures de retard sur les pics de l'Oudon et la Mayenne.

Les volumes d'eau des crues de chacune des rivières rapportés à l'apport global dans les Basses Vallées Angevines ont pu être calculés (en pourcentage) grâce à l'analyse des dix crues. Ainsi, l'Oudon apporte 10 % du volume total, la Mayenne 27 %, la Sarthe 35 % et le Loir 28 %.

Les calculs effectués avec le modèle montrent que la réalisation des aménagements du PAPI Maine ne change pas l'ordre et modifie peu ces décalages et les volumes des crues.

La Sarthe, à Malicorne, crue de 1995.

Fonctionnement hydraulique par sous-bassin dans la situation actuelle

L'écluse de la Suze-sur-Sarthe, crue de 1995.

L'Oudon

L'Oudon à l'amont de Craon, l'Hière et la Verzée (et l'Argos) avec respectivement 20 %, 15 % et 30 % des débits totaux de l'Oudon représentent les apports principaux de l'Oudon lors de crue. Le comportement de l'Oudon en crue est similaire à celui de la Mayenne. Les affluents ont des pointes de crue quasi simultanées, avec un écart maximum de 20 heures. Ils participent au maximum de crue sur l'Oudon aval.
L'Oudon et la Mayenne sont synchronisés. Les pointes de crue à Segré et à Château-Gontier arrivent en général avec un écart de quelques heures.
Les champs d'expansion des crues ne jouent pas un rôle important.

La Mayenne

Les crues de la Mayenne sont principalement dues aux apports de l'amont de Mayenne, l'Ernée et la Jouanne, avec respectivement environ 35 %, 10 % et 10 % des débits totaux de la Mayenne. Toutes les rivières de ce sous-bassin ont des pointes de crue quasi simultanées.
Les champs d'expansion des crues ne jouent pas un rôle important.

Le Loir

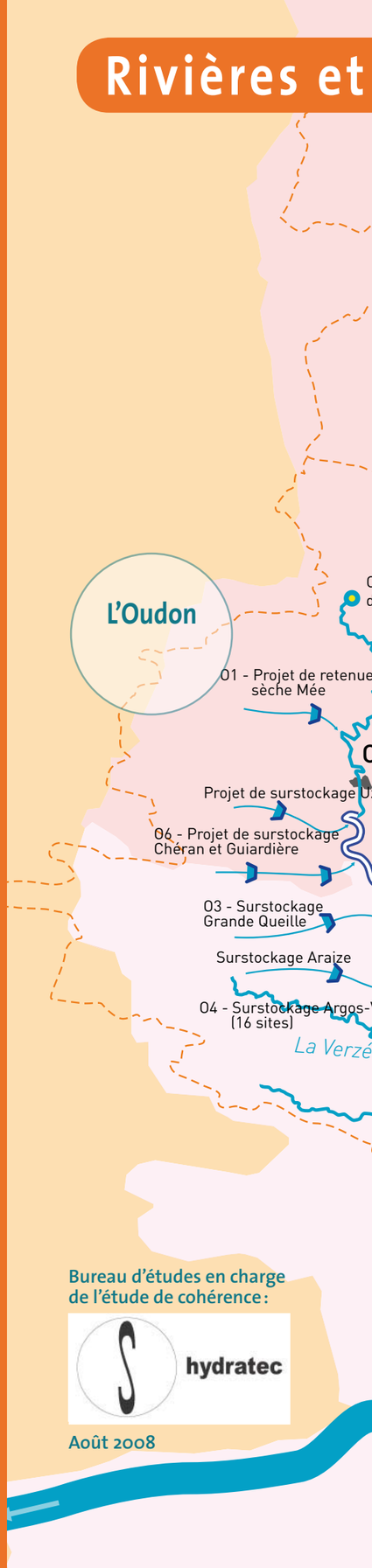
En amont de la confluence avec la Braye, le débit de l'Ozanne et du Loir amont constitue la part principale du débit du Loir. En aval, ce sont les apports de la Braye qui constituent la pointe de crue.
La vallée du Loir est très large entre La Chartre et La Flèche. C'est là que se localisent les principaux champs d'expansion.

La Sarthe et l'Huisne

Les crues de la Sarthe sont principalement dues aux apports de la Sarthe en amont du Gué Ory, l'Orne Saosnoise, la Vaige, l'Erve et la Vègre. L'Huisne en amont de Margon, le Dué et la Rhone constituent les apports principaux de l'Huisne en période de crue.
Au Mans, on ne distingue pas d'ordre chronologique systématique de l'arrivée des pointes de crue de l'Huisne et de la Sarthe. L'écart entre les deux pics excède rarement 30 heures.
La pointe de crue sur l'aval de la Sarthe est principalement constituée des apports de la Vaige, l'Erve et la Vègre. On observe dans la majorité des cas une pointe de crue formée de deux pics à Beffes.
Les champs d'expansion des crues ayant un rôle prépondérant sont localisés entre Spay et la Suze sur la Sarthe.

L'étude de cohérence confirme les analyses antérieures issues des études plus détaillées de fonctionnement des rivières.

La Sarthe, rue Bara au Mans, crue de 1995.



aménagements pris en compte pour la modélisation de l'étude de cohérence

Mayenne
La Mayenne
L'Ernée
53
Laval
La Jouanne
02 - Projet de surstockage
de la Guéhardière
La Mayenne
L'Erve
La Vaige
Craon
L'Hière
zure
05 - Surstockage Hière
Sablé-sur-Sarthe
Château-Gontier
Jaille-Yvon
07 - Elargissement du
vieux pont de Segré
Verzé
Segré
L'Oudon
La Mayenne
L'Argos
49
La Maine
Angers
La Loire
S1 - Projet de retenue sèche du Gué Ory
La Sarthe
72
Fresnay-sur-Sarthe
S6 - Curage Digne-Vivoin
L'Orne Saônoise
La Sarthe
et l'Huisne
La Vègre
La Suze-sur-Sarthe
Spay
Le Mans
S2 - Clapets barrage de Sablé
Pincé
Durtal
La Flèche
L1 - Tranchée dans le remblai SNCF
L2 - Ouvrage décharge sous RD70
L3 - Effacement barrage Moulins-Neufs
37
Nogent-le-Rotrou
61
Margon
H1 - Retenue sèche de Margon
La Rhone
H5 - Vannage Fouton
H6 - Projet de 26 levées sur l'Huisne
La Ferté-
Bernard
H2 - Ouverture de l'ancien
remblai SNCF
L'Huisne
Connerré
Le Dué
S3 - Arasement seuil pont Greffier
S5 - Déversoir latéral Ile aux Planches
H4 - Endiguement quartier Crétois
S7 - Clapets barrage Gué de Maulny
H3 - Amélioration pont Abattoirs
S7 - Clapets barrage St-Georges
S4 - Endiguement quartier Australie-Heuzé
S7 - Clapets barrage de Chaoué
S7 - Clapets barrage de Prélandon
La Braye
La Chartre-sur-le-Loir
Château-du-Loir
L4 - Projet de 9 levées sur le Loir
Le Loir
Montoire-
sur-le-Loir
Vendôme
Le Loir
28
L'Ozanne
Bonneval
Châteaudun
41

Un modèle évolutif sur l'ensemble du bassin de la Maine

780 km de rivières ont été modélisés. Combiné avec le modèle récent des Basses Vallées Angevines avec lequel il est complémentaire, le modèle de l'étude de cohérence constitue dorénavant un outil de référence du bassin de la Maine. L'Établissement Public Loire en est propriétaire, il peut l'exploiter pour le compte de toute collectivité qui en ferait la demande ou le mettre à leur disposition.
Le modèle peut ainsi permettre de simuler de nouveaux projets d'aménagements mais également d'autres types de crues.

N
0 20 km

Limite de bassin versant
Basses Vallées Angevines
Cours d'eau non modélisé
Cours d'eau modélisé

Les projets d'aménagements PAPI Maine

Série de levées transversales
Retenue d'eau
Autre aménagement

Cartographie Minea