



DEPARTEMENT DE LA MAYENNE
DDT DE LA MAYENNE



Révision du PPRI des communes de Changé, Laval et L'Huisserie

NOTE DE PRESENTATION

DOCUMENT DEFINITIF

DIRECTION REGIONALE OUEST

2 Impasse Claude Nougaro
44 800 SAINT HERBLAIN

Tel. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99

DATE : SEPTEMBRE 2023

REF : 4532408



Direction Régionale Ouest
2 Impasse Claude Nougaro
44 800 SAINT HERBLAIN

Tél. : 02 28 09 18 00

ARTELIA Direction Régionale Ouest 2 Impasse Claude Nougaro 44 800 SAINT HERBLAIN Tél. : 02 28 09 18 00	N° Affaire	4532408			Etabli par	Vérfié par
	Date	SEPTEMBRE 2023			A. MARTIN	Y. GASOWSKI
	Indice	A	B	C		

SOMMAIRE

PREAMBULE	1
Section 1 Contexte et cadre réglementaire	1
1. LE CONTEXTE DE LA PREVENTION DES RISQUES D'INONDATION	2
1.1. LES GRANDS PRINCIPES DE LA GESTION DES RISQUES D'INONDATION	2
1.1.1. LA « DIRECTIVE INONDATION »	2
1.1.2. LA STRATEGIE NATIONALE DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION	3
1.1.3. LES PLANS DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION (PGRI)	3
1.2. LES FONDEMENTS DE LA POLITIQUE DE L'ETAT EN MATIERE DE RISQUES NATURELS	4
1.2.1. L'INFORMATION PREVENTIVE DES CITOYENS	5
1.2.2. LA PROTECTION	5
1.2.3. LA PREVENTION	6
1.2.4. LA PREVISION DES CRUES	6
1.2.5. LA GESTION DE CRISE	7
1.3. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES INONDATION : UN OUTIL JURIDIQUE	7
1.3.1. OBJECTIFS D'UN PPRI	7
1.3.2. PROCEDURE D'ELABORATION D'UN PPRI	7
1.3.3. CONTENU D'UN PPRI	9
1.3.4. PORTEE D'UN PPRI	10
1.3.4.1. Opposabilité au Plan Local d'Urbanisme (PLU)	10
1.3.4.2. La responsabilité des différents acteurs en matière de prévention du risque inondation	10
1.3.4.3. Les conséquences en matière d'assurance	12
2. REVISION DU PPRI DES COMMUNES DE CHANGE, LAVAL ET L'HUISSERIE	13
2.1. OBJECTIF DE LA REVISION DU PPRI	13
2.2. PERIMETRE REVISE DU PPRI	13
2.3. DEROULEMENT DE LA PROCEDURE DE REVISION	15
Section 2 Présentation du bassin versant de la Mayenne	16
1. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN VERSANT	17
2. RELIEF ET TOPOGRAPHIE	19
2.1. RELIEF DU BASSIN VERSANT	19
2.2. RECUEIL ET ANALYSE DES DONNEES TOPOGRAPHIQUES	21
3. GEOLOGIE	25
4. RESEAU HYDROGRAPHIQUE	27
5. CLIMATOLOGIE	30
6. OCCUPATION DES SOL	31
7. RECENSEMENT DES OUVRAGES	33
8. RECENSEMENT DES TRAVAUX REALISES	39

Section 3 Recensement des crues historiques et analyse hydrologique **41**

1. CRUES HISTORIQUES	42
1.1. GENESE DES CRUES HISTORIQUES	42
1.2. CRUE D'OCTOBRE 1966	42
1.3. CRUE DE NOVEMBRE 1974	44
1.4. CRUE DE JANVIER 1995	46
2. ANALYSE HYDROLOGIQUE	49
2.1. STATION HYDROMETRIQUE ET DONNEES DISPONIBLES	49
2.2. DEBIT MOYENS MENSUELS ET MODULE	51
2.3. DEBITS DE CRUE	52
2.3.1. ESTIMATION DES DEBITS D'EVENEMENTS FREQUENTS	52
2.3.2. ESTIMATION DE LA CRUE CENTENNALE (ALEA DE REFERENCE)	52
2.3.3. ESTIMATION DE LA CRUE MILLENALE (EVENEMENT EXCEPTIONNEL)	55

Section 4 Qualification et cartographie de l'aléa **56**

1. MODELISATION HYDRAULIQUE	57
1.1. PRESENTATION DU LOGICIEL UTILISE	57
1.2. CONSTRUCTION DU MODELE HYDRAULIQUE	57
1.2.1. STRUCTURE ET CARACTERISTIQUES DU MODELE	57
1.2.1.1. Correction du MNT LIDAR	57
1.2.1.2. Définition du maillage	58
1.2.1.3. Représentation des ouvrages	60
1.2.1.4. Rugosité	60
1.2.2. CONDITIONS AUX LIMITES	62
1.3. CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE	62
1.3.1. CALAGE SUR UN EVENEMENT HYDROLOGIQUE NON DEBORDANT	63
1.3.2. CALAGE SUR UN EVENEMENT HYDROLOGIQUE DEBORDANT (CRUE DE 1974)	65
1.4. VALIDATION DU MODELE HYDRAULIQUE	68
1.4.1. SUR LA CRUE HISTORIQUE DE 1966	68
1.4.2. SUR LA CRUE HISTORIQUE DE 1995	70
1.5. SYNTHESE DES PHASES DE CALAGE ET DE VALIDATION DU MODELE	72
1.6. MODELISATION DE LA CRUE CENTENNALE (ALEA DE REFERENCE)	72
1.7. MODELISATION DE LA CRUE DECENNALE (EVENEMENT FREQUENT)	75
1.8. MODELISATION DE LA CRUE MILLENALE (EVENEMENT EXCEPTIONNEL)	77
2. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA	80
2.1. GENERALITES	80
2.2. METHODOLOGIE	80
2.3. EVOLUTION DE LA CARTOGRAPHIE DE L'ALEA	82

Section 5 Recensement des enjeux et caractérisation de leur vulnérabilité _____ **84**

1. RECENSEMENT DES ENJEUX _____ **85**

1.1. METHODOLOGIE _____ 85

1.2. LES ENJEUX SURFACIQUES _____ 85

1.2.1. LES SECTEURS URBANISES _____ 85

1.2.2. LES SECTEURS NON URBANISES _____ 86

1.3. LES ENJEUX LINEAIRES _____ 87

1.4. LES ENJEUX PONCTUELS _____ 87

1.5. ANALYSE DES ENJEUX RECENSES _____ 88

1.6. ANALYSE DES DOCUMENTS D'URBANISMES EN VIGUEUR _____ 89

2. CARACTERISATION DE LA VULNERABILITE _____ **90**

Section 6 Elaboration du zonage réglementaire _____ **91**

1. LE PLAN DE ZONAGE BRUT _____ **92**

2. LE PLAN DE ZONAGE REGLEMENTAIRE _____ **93**

2.1. REPRESENTATION GRAPHIQUE DU ZONAGE REGLEMENTAIRE DU PPRI _____ 93

2.2. LES REGLES D'URBANISME _____ 96

2.2.1. LES PRINCIPES _____ 96

2.2.1.1. Prévenir les conséquences des inondations _____ 96

2.2.1.2. Limiter les facteurs aggravant les risques _____ 97

2.2.2. STRUCTURE ET CONTENU DU REGLEMENT _____ 97

Section 7 Mesures de réduction de la vulnérabilité _____ **99**

1. NOTIONS DE VULNERABILITE _____ **100**

1.1. VULNERABILITE DES PERSONNES _____ 100

1.2. VULNERABILITE DES BIENS EXPOSES _____ 100

2. MESURES DE REDUCTION DE LA VULNERABILITE _____ **101**

TABLEAUX

Tabl. 1 -	Caractéristiques du bassin versant de la Mayenne au droit de l'écluse de Bonne	17
Tabl. 2 -	Comparaison des sections mouillées de plein bord	23
Tabl. 3 -	Données climatologiques (Station climatique de Laval-Entrammes – 1981 - 2010)	30
Tabl. 4 -	Cote de surverse des ouvrages d'art (cote du haut de tablier)	34
Tabl. 5 -	Cote de déversement moyenne des seuils	34
Tabl. 6 -	Nombre de sinistrés et montant des dommages par secteurs ⁽³⁾	43
Tabl. 7 -	Débits moyens mensuels	51
Tabl. 8 -	Débit caractéristique instantané maximal et intervalle de confiance	52
Tabl. 9 -	Estimation du débit de pointe d'une crue centennale	54
Tabl. 10 -	Ecarts entre les niveaux d'eau simulés et levés lors de la campagne topographique de 2018	63
Tabl. 11 -	Ecarts entre les niveaux d'eau observés et simulés pour la crue de 1974	65
Tabl. 12 -	Ecarts entre les niveaux d'eau observés et simulés pour la crue de 1966	68
Tabl. 13 -	Ecarts entre les niveaux d'eau observés et simulés pour la crue de 1995	70
Tabl. 14 -	Superficie des zones inondables par commune pour la crue centennale	73
Tabl. 15 -	Superficie des zones inondables par commune pour la crue millénaire	78
Tabl. 16 -	Table de croisement pour obtenir les classes d'aléas	81
Tabl. 17 -	Représentation graphique du zonage réglementaire du PPRI	94

FIGURES

Fig. 1.	Les 7 composantes de la prévention des risques (CETE Sud-Ouest, 2008)	4
Fig. 2.	Synoptique de la procédure d'élaboration des PPRN	8
Fig. 3.	Périmètre révisé du PPRI	14
Fig. 4.	Exemple d'indices de compacité de bassin versant (A. Musy)	17
Fig. 5.	Influence de la forme du bassin versant sur l'hydrogramme de crue (A. Musy)	18
Fig. 6.	Topographie	20
Fig. 7.	Localisation des profils en travers réalisés	22
Fig. 8.	Profil en long de la Mayenne sur l'emprise du PPRI et localisation des ouvrages hydrauliques et des ouvrages d'art	24
Fig. 9.	Géologie	26
Fig. 10.	Réseau hydrographique	29
Fig. 11.	Diagramme ombrothermique	30
Fig. 12.	Occupation des sols (Corine Land Cover 2012)	32
Fig. 13.	Localisation des ouvrages hydraulique et des ouvrages d'art	35
Fig. 14.	Halte nautique de Laval en 2001 (gauche) et en 2018 (droite) (Source : IGN - Remonter le temps)	39
Fig. 15.	Halte nautique de Laval en novembre 2018 (ARTELIA)	40
Fig. 16.	Photographie des inondations de 1974 à Mayenne	44
Fig. 17.	Niveau d'eau au droit du Pont Vieux lors de la crue de 1974	45
Fig. 18.	Hydrogramme et limnigramme de la crue de janvier 1995 à la station de Bonne	46
Fig. 19.	Extrait du journal « Le courrier de la Mayenne »	48
Fig. 20.	Localisation des stations hydrométriques implantées sur la Mayenne	50
Fig. 21.	Graphique présentant les débits moyens mensuels et le module (source : Banque Hydro)	51
Fig. 22.	Lit de la Mayenne avant et après correction du MNT LIDAR	58
Fig. 23.	Enveloppe et maillage 2D du modèle hydraulique	59
Fig. 24.	Spatialisation de la rugosité	61
Fig. 25.	Ligne d'eau obtenue pour le calage du modèle sur les niveaux d'eau observés lors de la campagne topographique	64
Fig. 26.	Ligne d'eau simulée pour la crue de 1974	67
Fig. 27.	Ligne d'eau simulée pour la crue de 1966	69
Fig. 28.	Ligne d'eau simulée pour la crue de 1995	71
Fig. 29.	Ligne d'eau simulée pour la crue centennale (aléa de référence)	74
Fig. 30.	Ligne d'eau simulée pour la crue décennale (événement fréquent)	76
Fig. 31.	Ligne d'eau simulée pour la crue millénaire (événement exceptionnel)	79
Fig. 32.	Tableau de la capacité physique des personnes à se déplacer dans l'eau	83

PREAMBULE

Les inondations sont les catastrophes naturelles les plus fréquentes en Europe. La France n'échappe pas à ce phénomène naturel qui constitue l'un des risques naturels majeurs le plus prégnant sur le territoire national. L'agglomération de Laval a notamment été impactée à diverses reprises au cours du XX^{ème} siècle par des crues historiques (1966, 1974 et 1995) qui ont engendré des dégâts considérables et ont marqué les esprits.

Compte tenu de l'urbanisation des vallées et de la pression foncière croissante qui s'y exerce, ces phénomènes peuvent être à l'origine de risques graves. Pour y faire face, les ouvrages de protection ne sont pas les solutions de prévention les plus pertinentes, sauf pour protéger les lieux déjà fortement urbanisés. La priorité doit être la préservation des champs d'expansion des crues, la maîtrise de l'urbanisme et la prise en compte des risques dans les différents modes d'utilisation du sol dans une perspective de développement durable.

La répétition d'événements catastrophiques a conduit à renforcer la politique de prévention des inondations. Ainsi, depuis la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, le Plan de Prévention des Risques inondation (PPRI) constitue l'outil réglementaire de référence en matière de prévention des risques.

Le PPRI a pour objectif d'assurer la sécurité des personnes et des biens face aux risques d'inondation par débordement de cours d'eau. Il vise en priorité à ne pas aggraver les risques et à réduire la vulnérabilité sur le territoire qu'il couvre, tant du point de vue de l'urbanisation future que des modalités de construction et des usages du territoire.

La révision du PPRI de Changé, Laval et L'Huisserie, pilotée par la Direction Départementale des Territoires de la Mayenne (DDT53), a fait l'objet d'une association étroite avec les services des trois communes concernées, et a permis d'aboutir à ce projet de PPRI validé par tous les partenaires.

Pour cela, des études techniques complexes ont été menées afin de déterminer l'aléa de référence sur ce tronçon de la Mayenne, afin de cartographier les aléas sur le territoire et d'analyser les enjeux et leur vulnérabilité face à ces aléas d'inondations.

La complexité du sujet, l'importance des enjeux de sécurité et les impératifs de développement et d'aménagement durables rendent nécessaire l'appropriation de ce plan par l'ensemble des acteurs de ce territoire.

Le présent document constitue la note de présentation du PPRI révisé de Changé, Laval et L'Huisserie et a pour objectif de :

- Rappeler le contexte de la prévention des risques d'inondation et la démarche globale de gestion de ce risque ;
 - D'expliquer les raisons de la révision du PPRI existant ;
 - De décrire et présenter le fonctionnement du bassin versant étudié ;
 - Rappeler les crues historiques connues et présenter le contexte hydrologique actuel de la Mayenne ;
 - Présenter les hypothèses retenues et les résultats de modélisation hydraulique (calage, validation, simulations) ;
 - Présenter le mode de qualification et de cartographie de l'aléa ;
 - Recenser et cartographier les enjeux et leurs vulnérabilités ;
 - Présenter le zonage et le règlement.
-

SECTION 1

CONTEXTE ET CADRE REGLEMENTAIRE

1. LE CONTEXTE DE LA PREVENTION DES RISQUES D'INONDATION

1.1. LES GRANDS PRINCIPES DE LA GESTION DES RISQUES D'INONDATION

1.1.1. LA « DIRECTIVE INONDATION »

La directive européenne 2007/60/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, dite « Directive Inondation » fixe un cadre et une méthode pour l'élaboration et la mise en œuvre des politiques publiques de gestion des risques d'inondation.

Les objectifs de cette directive ont été repris dans la loi portant engagement national pour l'environnement (ENE) du 12 juillet 2010, codifié aux articles L.566-1 et suivants du Code de l'Environnement. Cette loi introduit également l'élaboration collective d'une Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation (SNGRI).

La directive inondation impose aux États Membres de se fixer des objectifs de réduction des conséquences dommageables des inondations et d'évaluer les résultats obtenus. Elle définit une méthode de travail commune à l'échelle européenne et un calendrier intégrant un cycle de révision tous les six ans. Chacun de ces cycles se décompose en trois phases successives, conduites sous l'autorité du préfet coordonnateur du bassin : une phase d'évaluation des risques et de diagnostic, une phase de planification, puis une phase d'action.

La mise en œuvre de la Directive Inondation s'appuie sur un dispositif qui comprend :

- un état des lieux des risques connus et des enjeux exposés : l'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) ;
- la définition d'une géographie prioritaire d'intervention : les Territoires à Risque important d'Inondation (TRI). Identifiés sur la base de l'état des lieux, les TRI sont les bassins de vie qui concentrent des enjeux exposés aux risques (population, emplois, bâti...). La connaissance des risques est alors approfondie à l'échelle du TRI, à travers une cartographie du risque ;
- l'élaboration d'une stratégie partagée par les parties prenantes concernées : le Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI), qui décline à l'échelle du district hydrographique la Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation (SNGRI) validée par les ministres en charge de la gestion des risques ;
- la déclinaison de ce plan de gestion à l'échelle du bassin de risques des TRI à travers une Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation (SLGRI).

L'élaboration des SLGRI en 2016 a constitué la dernière étape de la mise en œuvre de la Directive Inondation pour le premier cycle 2016 – 2021.

1.1.2. LA STRATEGIE NATIONALE DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION

Issue d'une consultation nationale auprès du grand public, la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation vise à assurer la cohérence des actions menées sur le territoire. Elle a été arrêtée par les ministres de l'Environnement, de l'Intérieur, de l'Agriculture et du Logement le 7 octobre 2014.

La stratégie nationale fixe trois grands objectifs :

- augmenter la sécurité des populations ;
- réduire le coût des dommages ;
- raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés.

L'élaboration collective et concertée de cette stratégie nationale de gestion des risques d'inondation, au sein de la Commission mixte inondation (CMI), a conduit à un texte partagé par l'État et les parties prenantes.

Cette stratégie répond ainsi à une attente forte de tous les partenaires, notamment des collectivités territoriales, d'un cadre partagé orientant la politique nationale de gestion des risques d'inondation.

1.1.3. LES PLANS DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION (PGRI)

La directive européenne Inondation (2007/60/CE) fixait pour objectifs aux États membres de l'Union Européenne d'élaborer pour le 22 décembre 2015 des Plans de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) par district hydrographique.

Le but de ces plans est de permettre aux États de se fixer des objectifs à atteindre en matière de gestion des inondations en fonction des analyses préliminaires (carte des zones inondables et carte des risques d'inondation) et en tenant compte notamment des coûts et des avantages.

Les Plans de Gestion des Risques d'Inondation englobent tous les aspects de la gestion des risques d'inondation, en mettant l'accent sur la prévention, la protection, la préparation, et la réparation et analyse post-crise, y compris la prévision des inondations et les systèmes d'alerte précoce, et en tenant compte des caractéristiques du bassin hydrographique ou du sous-bassin considéré. Les Plans de Gestion des Risques d'Inondation peuvent également comprendre l'encouragement à des modes durables d'occupation des sols, l'amélioration de la rétention de l'eau, ainsi que l'inondation contrôlée de certaines zones en cas d'épisode de crue.

1.2. LES FONDEMENTS DE LA POLITIQUE DE L'ETAT EN MATIERE DE RISQUES NATURELS

La prévention des risques naturels majeurs en France est organisée par les textes fondateurs suivants :

- la loi du 13 juillet 1982 modifiée, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles ;
- la loi du 22 juillet 1987 modifiée, relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs ;
- la loi du 2 février 1995 (dite « loi Barnier ») relative au renforcement de la protection de l'environnement qui a notamment instauré les Plans de Prévention des Risques Naturels Prévisibles ;
- la loi du 30 juillet 2003, relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- la loi du 13 août 2004, relative à la modernisation de la sécurité civile.

La politique de l'État en matière de gestion des risques naturels a pour objectif d'assurer la sécurité des personnes et des biens dans les territoires exposés à ces risques. La politique de prévention s'appuie sur 7 composantes complémentaires (Fig. 1), qui sont :

- la connaissance de l'aléa et des enjeux ;
- la surveillance, la prévision, la vigilance et l'alerte ;
- l'éducation et l'information préventive des citoyens ;
- la maîtrise de l'urbanisation et du bâti par la réglementation et les plans de prévention des risques (PPRn) ;
- la réduction de la vulnérabilité ;
- la protection ;
- la préparation aux situations d'urgence (gestion de crise).



Fig. 1. Les 7 composantes de la prévention des risques (CETE Sud-Ouest, 2008)

Il convient d'observer que l'application de ces principes est partagée avec les élus locaux et avec les citoyens (particuliers, maîtres d'œuvre). Ces derniers, en s'informant, peuvent, à leur échelle, mettre en œuvre des mesures de nature à prévenir ou à réduire les dommages.

1.2.1. L'INFORMATION PREVENTIVE DES CITOYENS

Chaque citoyen a droit à une information sur les risques auxquels il est exposé et sur les mesures de sauvegarde mises en œuvre ou susceptibles de l'être, par les différents acteurs, dont lui-même (articles L.125-2, L.125-5 et L.563-3 et R.125-9 du code de l'environnement).

Cette information est donnée, d'une part, dans un cadre supra-communal, au travers d'atlas et de cartographies des risques, des plans de prévention des risques naturels (PPRn), du dossier départemental des risques majeurs (DDRM), et d'autre part, au niveau de la commune.

Pour chaque commune concernée par un ou plusieurs risques naturels, l'information des élus se fait au travers d'un Porter à Connaissance (PàC) ou d'un PPRI élaboré par l'État. Il appartient ensuite au maire d'informer ses administrés au moyen du dossier d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM), voire au travers d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS).

La loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages a créé une obligation d'information de l'acheteur ou du locataire de tout bien immobilier (bâti et non bâti) situé dans un plan de prévention des risques prescrit ou approuvé. À cet effet, sont établis directement par le vendeur ou le bailleur, un état des risques naturels et technologiques à partir des informations mises à disposition du Préfet du département (Information Acquéreur Locataire - IAL) et une déclaration sur les sinistres ayant fait l'objet d'une indemnisation consécutive à une catastrophe naturelle reconnue comme telle.

1.2.2. LA PROTECTION

La protection vise à limiter les conséquences du phénomène d'inondation sur les personnes et les biens et revêt trois formes d'action :

➔ L'action sur le phénomène « crue » lui-même pour en réduire les conséquences.

De manière générale, il peut s'agir de réaliser des travaux tels que barrages écrêteurs, recalibrages de cours d'eau, endiguements, remblaiements, etc. Ces travaux, qui concernent en priorité les secteurs présentant des enjeux forts et notamment les lieux urbanisés, ne doivent pas avoir pour conséquence d'inciter à urbaniser davantage les espaces ainsi protégés.

Par ailleurs, ces techniques, bien qu'efficaces dans les conditions hydrologiques pour lesquelles elles ont été conçues, présentent toutefois un certain nombre d'inconvénients :

- elles n'offrent pas une protection absolue car des crues supérieures aux crues prises en références pour la conception des ouvrages peuvent se produire ;
- elles sont coûteuses et nécessitent généralement des délais de réalisation importants ;
- elles ont généralement un impact négatif fort sur l'équilibre des milieux et, nécessairement, des conséquences sur les écoulements en amont et en aval du projet.

➔ La préparation de la gestion de la crue et l'organisation prévisionnelle des secours.

Ce sont les plans de secours (dispositif ORSEC – Organisation de la Réponse de Sécurité Civile) et les plans communaux de sauvegarde (PCS), institués par la loi du 13 août 2004.

- ➔ **La mise en place de procédures d'alerte qui permettent de réduire les conséquences de la crue par des mesures temporaires adaptées (évacuation des habitants, mise en sécurité des biens).**

1.2.3. LA PREVENTION

La prévention vise principalement à limiter l'implantation et le développement des enjeux dans les zones inondables et à ne pas aggraver l'aléa. Elle repose sur :

- la connaissance des phénomènes physiques ayant affecté l'aire d'étude et sur la détermination d'un aléa de référence ;
- le recensement des enjeux dans les secteurs susceptibles d'être impactés par l'aléa de référence ;
- la prise en compte du risque dans l'aménagement du territoire, pour laquelle l'un des principaux outils est la réalisation de Plans de Prévention des Risques (P.P.R.), qui s'imposent aux documents d'urbanisme en leur qualité de Servitude d'Utilité Publique.

1.2.4. LA PREVISION DES CRUES

Le réseau de prévision des crues, constitué du Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la prévision des Inondations (SCHAPI) et des 19 Services de Prévision des Crues (SPC), assure une veille hydrométéorologique permanente 24 heures sur 24 sur l'ensemble des cours d'eau suivis par l'État.

Le SPC Maine-Loire aval de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Pays-de-la-Loire assure la surveillance, la prévision et la transmission de l'information sur les crues. Il établit deux fois par jour (à 10h et 16h) le niveau de vigilance requis en fonction de la dangerosité des phénomènes d'inondation attendus dans les 24 heures à venir, sur une échelle à quatre niveaux :

- Vigilance verte : pas de vigilance particulière requise ;
- Vigilance jaune : risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées ;
- Vigilance orange : risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des personnes et des biens ;
- Vigilance rouge : risque de crue majeure ; menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.

Ces bulletins de vigilance ainsi que les données de hauteur d'eau produites par le SPC sont consultables par les particuliers sur le site national Vigicrues : <http://www.vigicrues.gouv.fr/>

Outre la publication des bulletins d'informations et de vigilance sur sa zone de compétence, le SPC Maine-Loire aval met quotidiennement à disposition du public les prévisions à 24 heures, ainsi que les tendances à 48 et 72 heures d'évolution de la cote atteinte par la Mayenne pour les différentes stations disponibles.

1.2.5. LA GESTION DE CRISE

Dès lors que le phénomène se déclenche, la gestion de crise a pour objectif de rendre les secours, l'évacuation et la gestion des phénomènes les plus efficaces possible, ce qui nécessite une préparation préalable comme :

- la mise en place de procédures d'alerte (prévisions des crues) qui permettent de réduire les conséquences de la catastrophe par des mesures temporaires adaptées (évacuation des habitants, mise en sécurité des biens) ;
- la préparation de la gestion de la crue et l'organisation prévisionnelle des secours est encadrée par les plans de secours (dispositif ORSEC – Organisation de la Réponse de Sécurité Civile) et les plans communaux de sauvegarde (PCS), institués par la loi du 13 août 2004.

Le retour d'expérience permet de tirer un certain nombre de leçons destinées à diminuer les conséquences néfastes d'événements analogues quand ils se produiront.

1.3. PLAN DE PREVENTION DES RISQUES INONDATION : UN OUTIL JURIDIQUE

Les Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) ont été créés par la loi du 2 février 1995 (Loi Barnier). Ce sont des instruments essentiels de la politique de l'Etat en matière de prévention et de contrôle des risques naturels. Le PPRI est un outil de gestion des risques qui vise à maîtriser l'urbanisation en zone inondable afin de réduire la vulnérabilité des biens et des personnes.

L'ensemble est aujourd'hui codifié aux articles L.562-1 à L.562-9 (partie législative) et R.562-1 à R.562-10-2 (partie réglementaire) du Code de l'Environnement.

1.3.1. OBJECTIFS D'UN PPRI

Un PPRI a pour objectifs :

- d'identifier les zones à risque et le niveau d'aléa ;
- de maîtriser l'urbanisation future en interdisant toute nouvelle construction dans les zones d'aléas les plus forts et en les limitant dans les autres zones inondables ;
- de réduire la vulnérabilité au risque d'inondation des constructions et installations existantes et futures ;
- de préserver les capacités d'écoulement et les zones d'expansion de crue afin de ne pas aggraver les risques en amont et en aval ;
- de prescrire des mesures de prévention et de sauvegarde.

1.3.2. PROCEDURE D'ELABORATION D'UN PPRI

Le PPRI est élaboré par les services de l'État, sous l'autorité du Préfet, selon les modalités du décret du 5 octobre 1995 précité.

Son élaboration est prescrite par arrêté préfectoral et est conduite en concertation avec les collectivités locales concernées, les Établissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI), ainsi que les organismes associés qui sont consultés au cours des différentes phases d'étude. Son approbation fait l'objet d'un arrêté préfectoral, après consultation des communes et enquête publique. La Fig. 2 présente la procédure d'élaboration des PPRn.

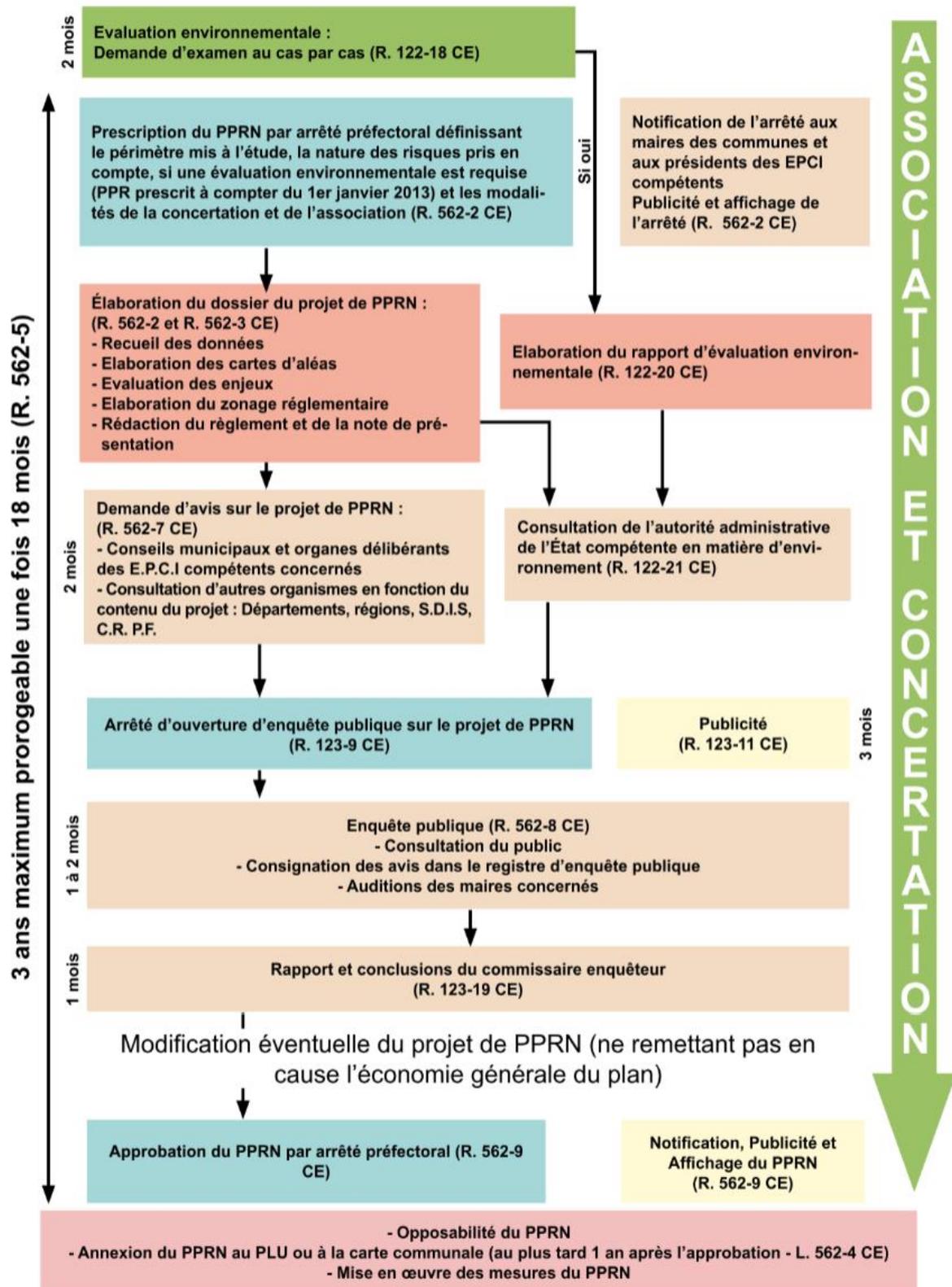


Fig. 2. Synoptique de la procédure d'élaboration des PPRN

Source : Guide Général, MEEM, 2016.

1.3.3. CONTENU D'UN PPRI

Le contenu d'un PPRI est défini dans l'article R.562-3 du Code de l'Environnement et détaillé ci-après :

- Une **note de présentation** (présent document) présentant notamment :
 - le contexte général en matière de prévention des risques d'inondation ;
 - les conditions de détermination de l'aléa de référence du PPRI ;
 - les différents niveaux d'aléas d'inondation retenus ;
 - les enjeux susceptibles d'être impactés par ces aléas ;
 - les éléments de justification à la fois quant à la mise en œuvre du PPRI et quant au dispositif réglementaire retenu.

- Le **plan de zonage réglementaire** résultant du croisement sur un même document graphique de la carte de l'aléa et de la carte des enjeux. Il délimite les zones sur lesquelles sont applicables des interdictions, des prescriptions et/ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Il s'appuie essentiellement sur :
 - la prise en compte des aléas les plus forts pour des raisons évidentes de sécurité des personnes et des biens ;
 - la préservation des zones d'expansion des crues essentielles à la gestion globale des cours d'eau, à la solidarité des communes amont-aval et à la protection des milieux ;
 - les espaces urbanisés, et notamment les centres urbains, lorsqu'ils ne sont pas situés dans les zones d'aléas les plus forts, pour tenir compte de leurs contraintes spécifiques de gestion (maintien des activités, contraintes urbanistiques et architecturales, gestion de l'habitat, etc.).

- Le **règlement** qui s'applique au plan de zonage réglementaire, précisant :
 - les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables aux projets nouveaux dans chacune des zones délimitées par les documents graphiques ;
 - les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, et celles qui peuvent incomber aux particuliers, ainsi que les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan ;
 - le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour leur réalisation.

- En plus des pièces réglementaires présentées ci-dessus, d'autres pièces graphiques sont produites pour aider à la compréhension du dossier, mais n'ont en revanche aucune portée réglementaire. Il s'agit de :
 - la **cartographie de l'aléa** qui détermine l'aléa de référence et traduit le croisement des données de hauteurs d'eau et de vitesses ;
 - **des atlas de zones inondables** pour un évènement fréquent (crue décennale) et pour un évènement exceptionnel (crue millénale) ;
 - la **carte des enjeux** qui traduit la vulnérabilité en délimitant la zone urbanisée et en inventoriant notamment certains enjeux spécifiques.

1.3.4. PORTEE D'UN PPRI

1.3.4.1. OPPOSABILITE AU PLAN LOCAL D'URBANISME (PLU)

L'article L.562-4 du Code de l'Environnement stipule que le PPRI approuvé vaut Servitude d'Utilité Publique¹ (SUP) et doit à ce titre annexé au PLU des communes concernées en application de l'article L126-1 du Code de l'Urbanisme par l'autorité responsable de la réalisation du PLU. Comme toute servitude d'utilité publique, les dispositions d'un PPRI annexé au PLU prévalent sur celles du PLU en cas de contradiction.

La mise en conformité du PLU avec les dispositions du PPRI est de la compétence du Maire et doit intervenir à la première modification ou révision du PLU.

1.3.4.2. LA RESPONSABILITE DES DIFFERENTS ACTEURS EN MATIERE DE PREVENTION DU RISQUE INONDATION

Pour l'application de la politique de gestion des risques naturels majeurs, dont les grands principes ont été précédemment rappelés, il convient de distinguer trois niveaux de responsabilités des principaux acteurs concernés, sachant que certaines de ces responsabilités peuvent être partagées.

Il convient de noter que la responsabilité des différents acteurs évoqués aux chapitres suivants s'exerce dans les trois grands domaines du droit que sont la responsabilité administrative, la responsabilité civile et la responsabilité pénale.

1.3.4.2.1. LA RESPONSABILITE DE L'ÉTAT

L'article L.564-1 du Code de l'Environnement issu de l'article 41 de la loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 stipule que « l'organisation de la surveillance, de la prévision et de la transmission de l'information sur les crues est assurée par l'État ».

Un des rôles majeurs de l'État est donc d'informer les élus et les citoyens dans le domaine des risques. Cette information est assurée dans le cadre des Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM), des Porter à la Connaissance « Risques » et des Porter à la Connaissance relatifs aux documents d'urbanisme.

Le deuxième rôle essentiel de l'État en matière de prévention du risque d'inondation est le pilotage de l'élaboration des Plans de Prévention des Risques.

Par ailleurs, l'État assure, en liaison avec les autres acteurs, la surveillance des phénomènes, l'alerte ainsi que l'organisation des plans de secours.

Enfin, mais de manière exceptionnelle, l'État peut recourir à la procédure d'expropriation si le déplacement des populations, dont la vie serait particulièrement menacée, se révèle être la seule solution à un coût acceptable.

1.3.4.2.2. LA RESPONSABILITE DES COLLECTIVITES

A l'instar de l'État, les maires ou responsables de structures intercommunales ont un devoir d'information de leurs administrés à qui ils doivent faire connaître les risques par l'intermédiaire du Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRM).

La loi du 30 juillet 2003 a renforcé le dispositif antérieur en précisant que « dans les communes sur le territoire desquelles a été prescrit ou approuvé un plan de prévention des risques naturels

¹ Les servitudes d'utilité publiques (SUP) constituent des limitations administratives au droit de la propriété instituées au bénéfice de personnes publiques (Etat, collectivités locales, établissements publics, etc.). Elles imposent soit des restrictions à l'usage du sol, soit des obligations de travaux aux propriétaires.

prévisibles, le maire informe la population au moins une fois tous les 2 ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la commune pour gérer le risque ainsi que sur les garanties prévues à l'article L 125.1 du code des assurances ».

De plus, la loi relative à la modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004 rend obligatoire l'élaboration d'un Plan Communal de Sauvegarde (P.C.S.) dans les communes dotées d'un Plan de Prévention des Risques naturels approuvé.

La vocation du PCS est d'anticiper sur l'organisation et les moyens à mettre en œuvre pour assurer la sécurité et la sauvegarde de la population. Ce document est élaboré sous la responsabilité du Maire.

La maîtrise de l'occupation du sol et sa mise en cohérence avec les risques identifiés, à travers l'élaboration des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU), font également partie de ce rôle de prévention échu aux collectivités. En outre, dans l'exercice de ses compétences en matière d'urbanisme opérationnel, si celles-ci lui ont été transférées, (c'est à dire dès lors que le PLU de la commune en cause est approuvé) le maire conserve la possibilité de recourir à l'article R.111-2 du Code de l'urbanisme relatif à la sécurité publique. Cet article permet de refuser un projet donné, ou de l'autoriser sous réserve du respect de prescriptions spéciales, s'il est de nature à porter atteinte à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation à proximité d'autres installations.

Les collectivités locales et territoriales peuvent aussi réaliser des travaux de protection des lieux habités et réduire ainsi leur vulnérabilité, si ces travaux présentent un caractère d'intérêt général.

Par ailleurs, les collectivités locales participent, en lien avec l'État, à l'organisation des secours et au financement des services départementaux d'incendie et de secours.

Enfin, il convient de rappeler qu'en vertu du code général des collectivités locales, le maire a l'obligation de prendre les mesures nécessaires afin de prévenir les atteintes à la sécurité publique résultant de risques naturels dans l'exercice de ses pouvoirs ordinaires de police.

1.3.4.2.3. LA RESPONSABILITE DES MAITRES D'OUVRAGE ET DES MAITRES D'ŒUVRE

Les études ou dispositions constructives, qui relèvent du Code de la Construction en application de son article R.126-1, sont de la responsabilité à la fois du maître d'ouvrage, qui s'engage à respecter ces règles lors du dépôt de permis de construire, et des maîtres d'œuvre chargés de réaliser le projet.

Enfin, les prescriptions et les interdictions relatives aux ouvrages, aménagements et exploitations de différentes natures sont de la responsabilité des maîtres d'ouvrages ou exploitants en titre. En cas de non-respect des interdictions et prescriptions du PPRI, les sanctions pénales sont celles prévues par le Code de l'Urbanisme (article L.562-5 du code de l'environnement).

Certaines mesures de prévention, de protection et de sauvegarde, ainsi que des mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation de constructions et d'ouvrages existants à la date d'approbation du présent plan sont rendus obligatoires dans un délai de 5 ans. À défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivi d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur (article L.562-1 III du code de l'environnement).

1.3.4.2.4. LA RESPONSABILITE DU CITOYEN

Le citoyen qui a connaissance d'un risque potentiel a le devoir d'en informer le Maire.

Il a aussi le devoir de ne pas s'exposer sciemment à des risques naturels, en vérifiant notamment que les conditions de sécurité au regard de ces risques sont bien remplies, comme l'y incite le code civil.

Par ailleurs, en application de l'article L.125-5 du Code de l'Environnement, l'information sur l'état des risques et des indemnisations après sinistres est une double obligation à la charge des vendeurs ou des bailleurs lors des transactions immobilières pour les biens situés dans un périmètre de Plan de Prévention des Risques Inondation (prescrit ou approuvé) ou ayant fait l'objet d'une reconnaissance de catastrophe naturelle « inondation ».

1.3.4.3. LES CONSEQUENCES EN MATIERE D'ASSURANCE

L'indemnisation des catastrophes naturelles est régie par les articles L.125-1 à L.125-6 du Code des Assurances. Il impose aux assureurs, pour tout contrat d'assurance dommages aux biens ou aux véhicules, d'étendre leur garantie aux effets de catastrophes naturelles.

L'approbation d'un PPRI n'a pas pour effet de modifier le régime d'assurance des biens exposés aux risques naturels. Le Code des Assurances précise qu'il n'y a pas de dérogation possible à l'obligation de garantie pour les « biens et activités existant antérieurement à la publication de ce plan ».

Cependant les infractions aux règles du PPRI ouvrent deux possibilités de dérogation pour :

- Les biens immobiliers construits et les activités exercées à la suite de l'approbation du PPRI et en violation des règles administratives de ce PPRI ;
- Les constructions existantes dont la mise en conformité avec les mesures rendues obligatoires par le PPRI n'a pas été effectuée par le propriétaire, exploitant ou utilisateur, dans le délai imparti.

2. REVISION DU PPRI DES COMMUNES DE CHANGE, LAVAL ET L'HUISSERIE

2.1. OBJECTIF DE LA REVISION DU PPRI

Le PPRI de l'agglomération de Laval a été approuvé par arrêté préfectoral du 29 octobre 2003 et couvre les communes de Changé, Laval et de L'Huisserie. Ce PPRI porte sur les phénomènes d'inondation par débordement de la Mayenne.

La Direction Départementale des Territoires de la Mayenne (DDT53) a lancé une procédure de révision du PPRI afin :

- de mettre à jour le zonage réglementaire en considérant l'évolution de l'occupation des sols et en utilisant les nouvelles données disponibles comme le MNT LIDAR qui fournit des données altimétriques précises notamment en lit majeur ;
- de prendre en compte l'évolution de l'hydrologie de la Mayenne ;
- d'intégrer le quartier de Sainte-Croix et de Saint-Pierre-Le-Potier dans le périmètre du PPRI révisé ;
- de cartographier les enveloppes d'inondations pour un événement fréquent (période de retour décennale) et exceptionnel (période de retour millénale).

2.2. PERIMETRE REVISE DU PPRI

Le secteur d'étude concerne la rivière de la Mayenne au droit de sa traversée sur les communes de Changé, Laval et L'Huisserie.

L'arrêté préfectoral du 15 mars 1996 de prescription du PPRI (version initiale) précise les limites du périmètre d'étude. Ce dernier s'étend du barrage de l'aval du barrage de « Belle Poule », sur le territoire de la commune de Changé, jusqu'au barrage de Cumont, en amont immédiat de St-Pierre-le-Potier, soit un linéaire de près de 8,8 km sur la Mayenne.

Afin de cartographier le risque inondation au droit du quartier de Sainte-Croix et de Saint-Pierre Le Potier, le périmètre du PPRI a été modifié dans le cadre de la procédure de révision.

Ainsi, l'arrêté préfectoral du 22 décembre 2020 porte prescription de la révision du PPRI et précise les nouvelles limites du périmètre d'étude (Annexe 1). Ce dernier s'étend maintenant de l'aval du barrage de « Belle Poule », sur le territoire de la commune de Changé, jusqu'à environ 1,4 km en aval du barrage de Cumont, soit un linéaire d'environ 10,2 km sur la Mayenne (Fig. 3). Sur le ruisseau du Saint-Nicolas, la limite du périmètre d'étude se situe en aval du Boulevard Francis Le Basser.

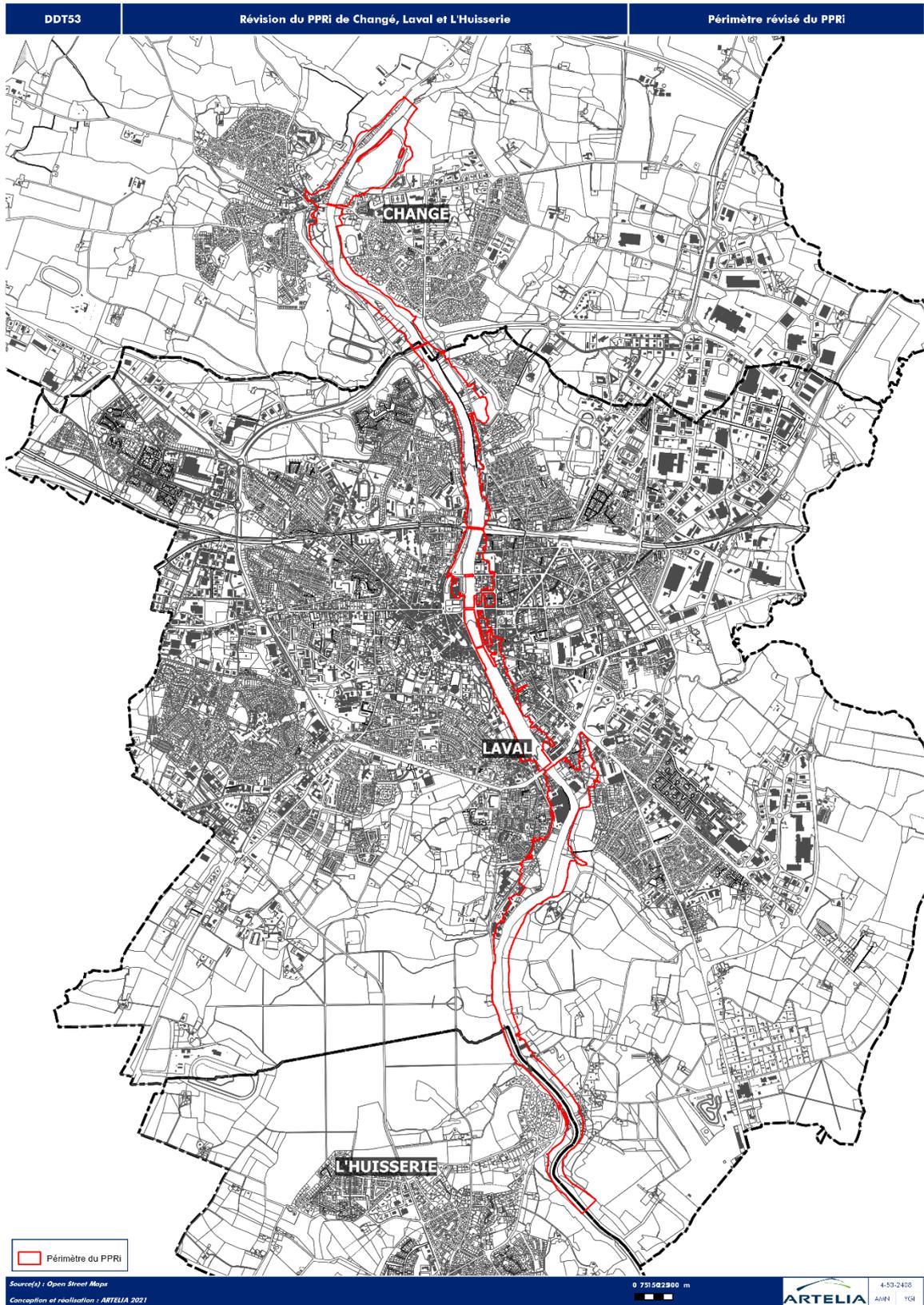


Fig. 3. Périmètre révisé du PPRI

2.3. DEROULEMENT DE LA PROCEDURE DE REVISION

La révision du PPRI de la Mayenne sur les communes de Changé, Laval et L'Huisserie a été prescrite le 22 décembre 2020 par arrêté préfectoral. Le périmètre révisé du PPRI y est annexé.

Des études techniques complexes ont été menées afin de déterminer l'aléa de référence sur ce tronçon de la Mayenne, afin de cartographier les aléas sur le territoire et d'analyser les enjeux et leur vulnérabilité face à ces aléas d'inondations entre 2018 et 2021, en vue d'établir le dossier du PPRI.

La révision du PPRI de Changé, Laval et L'Huisserie, pilotée par la Direction Départementale des Territoires de la Mayenne (DDT53), a fait l'objet d'une association étroite avec les services des trois communes concernées, du Conseil Départemental de la Mayenne (CD53) et de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) des Pays de la Loire.

Des réunions de travail ont ainsi été organisées par les services de la DDT à différentes phases de l'élaboration du PPRI. Ces réunions ont permis d'échanger sur les résultats des études d'aléas, de recenser et de hiérarchiser les enjeux en zones inondables et de définir les principes d'établissement du zonage réglementaire. Ces réunions avaient également pour objet de prendre connaissance des projets portés par les divers acteurs du territoire et les confronter à la nouvelle connaissance de l'aléa inondation. Cela a permis d'aboutir à ce projet de révision du PPRI qui a été validé par tous les partenaires lors du comité de pilotage du 30 mars 2022.

Le dossier du projet de PPRI a été transmis pour la consultation officielle prévue à l'article R.562-7 du Code de l'Environnement pour avis.

Après avoir pris en compte les éventuelles remarques, un arrêté d'ouverture d'enquête publique sur le projet de révision du PPRI a été émis (R.123-9 du Code de l'Environnement).

Comme prévu à l'article R.562-8 du Code de l'Environnement, le projet de révision du PPRI a été présenté lors de deux réunions publiques qui se sont déroulées le 16 (commune de Changé) et 24 novembre 2022 (communes de Laval et L'Huisserie).

Le public a pu consulter, dans chaque mairie concernée, le dossier complet de révision du PPRI comportant l'ensemble des atlas cartographiques (aléas, enjeux, zonage réglementaire, ...). Ces documents ont été mis à la disposition du public aux jours et heures d'ouverture des bureaux en mairies. Un registre permettant de recueillir les observations des habitants et des personnes intéressées par le projet de révision a également été mis en place dans chaque mairie.

Le commissaire enquêteur a remis un avis favorable au projet de révision du PPRI le 10 août 2023.

L'arrêté d'approbation de la révision du PPRI a été signé le 27 septembre 2023.

SECTION 2

PRESENTATION DU BASSIN VERSANT DE LA MAYENNE

1. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN VERSANT

Pour réaliser une analyse pertinente de l'hydrologie de la Mayenne au sein du périmètre du PPRI, il est nécessaire de comprendre le fonctionnement du bassin versant dans sa globalité, à travers notamment l'étude de ses caractéristiques physiques. En effet, ces dernières ont une incidence notable sur la réponse hydrologique et hydraulique du bassin versant de la Mayenne. Le tableau ci-après synthétise les résultats obtenus.

Tabl. 1 - Caractéristiques du bassin versant de la Mayenne au droit de l'écluse de Bonne

Bassin versant de la Mayenne au droit de l'écluse de Bonne à L'Huisserie	
Superficie du bassin versant	2903 km ²
Périmètre du bassin versant	377 km
Indice de compacité de Gravelius	1,97
Longueur du talweg principal (*)	122 km
Temps de concentration (**)	63,5 h
Coefficient de ruissellement (***)	0,24
Pente	0,6 % jusqu'à Couterne puis 0,08%

(*) La longueur hydraulique a été mesuré depuis la source de la Mayenne jusqu'au barrage de Bonne.

(**) Le temps de concentration (Tc) correspond au temps de parcours de l'eau depuis l'amont du bassin versant jusqu'à son exutoire. Il a été calculé à l'aide de trois méthodes adaptées aux bassins versants ruraux (Dujardin/Sogreah, Sogreah1, Sogreah2), puis moyenné.

(***) Le coefficient de ruissellement obtenu est issu d'une pondération entre les différents types d'occupation des sols et la surface de chacun.

$$\text{Indice de compacité de Gravelius} = \frac{\text{Périmètre}}{2 \times \sqrt{\pi} \times \text{Surface du bassin versant}}$$

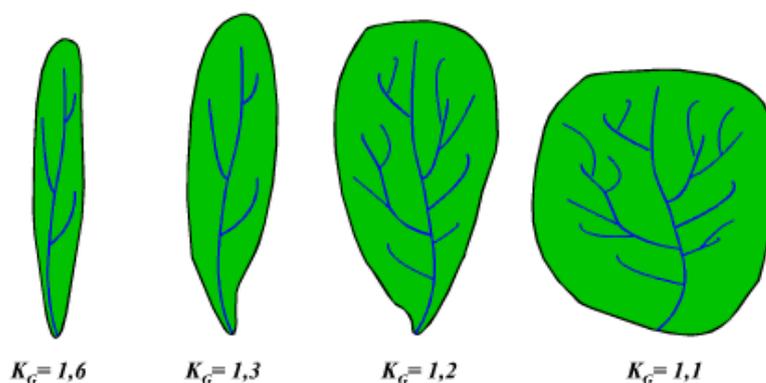


Fig. 4. Exemple d'indices de compacité de bassin versant (A. Musy)

L'indice de compacité de Gravelius (1914) montre que le bassin versant de la Mayenne présente une forme allongée ($K_G > 1,6$).

La forme d'un bassin versant a une influence sur le temps de concentration et la forme de l'hydrogramme de crue. Cette dernière est illustrée par la relation suivante.

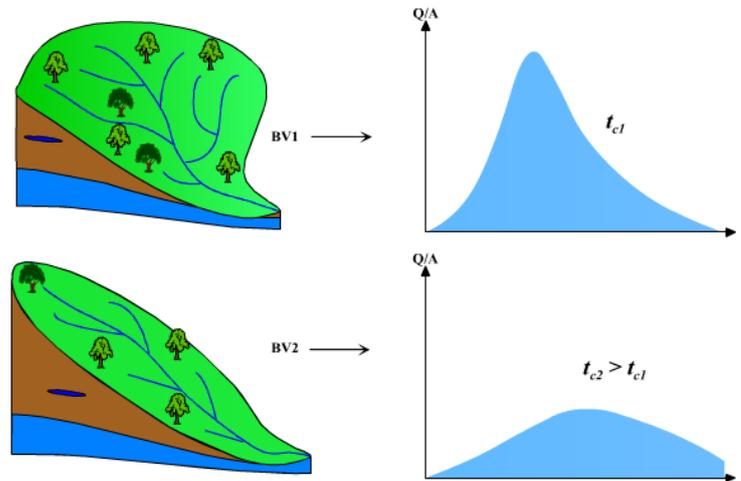


Fig. 5. Influence de la forme du bassin versant sur l'hydrogramme de crue (A. Musy)

Le bassin versant de la Mayenne est un vaste territoire de 5 830 km², dont la forme est allongée (du nord au sud, la longueur du bassin versant est de 135 km environ). Cette forme de bassin versant favorise généralement un hydrogramme de crue étalée dans le temps avec un débit de pointe plus faible que pour un bassin versant de forme arrondi, et ceux pour un même évènement pluvieux. Cela vient du fait que le temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire est plus important (temps de concentration).

2. RELIEF ET TOPOGRAPHIE

2.1. RELIEF DU BASSIN VERSANT

L'altitude du bassin versant de la Mayenne varie entre 344 m NGF, au niveau du Mont des Avaloirs qui constitue le point culminant du Massif Armoricaïn, et 41,80 m NGF au droit du barrage de Bonne (Fig. 6).

Le profil en long de la vallée de la Mayenne peut être décomposé en 3 tronçons distincts. Le cours amont de la Mayenne est peu incisé et coule à « fleur de prairie » dans la région de Couterne. Le talweg s'enfonce progressivement à partir d'Ambrières et la vallée prend alors l'allure d'un couloir étroit qu'aucune route ne peut longer. Sur le cours aval, en mayenne angevine, les berges de la rivière s'adoucisent, mais la vallée demeure étroite et peu commode d'accès (Etude de cohérence du Bassin de la Maine, Hydratec, 2008).

Le profil en travers du lit mineur et du lit majeur de la Mayenne varie également de manière longitudinale. En effet, le lit mineur dans le secteur de Laval présente une largeur moyenne comprise entre 60 et 70 m tandis que le lit majeur a une largeur de l'ordre de 500 m. Aux abords de la commune de Changé, la vallée de la Mayenne se resserre. Le lit majeur est alors fortement réduit car ce dernier est divisé par 5 pour atteindre une largeur moyenne inférieure à 100 m.

Ce resserrement du lit majeur sur les trois-quarts du cours de la Mayenne est naturellement propice à des vitesses d'écoulement assez élevées, et à des temps de propagation des crues relativement courts. De plus, au regard de l'étroitesse de sa vallée, la Mayenne ne présente pas, hormis sur son cours supérieur, de champs d'inondations particulièrement développés. A la traversée des principales agglomérations (Mayenne, Laval, Château-Gontier), la rivière présente une capacité du lit mineur (de par les protections réalisées) ne conduisant à des débordements qu'à partir de valeurs de débit de période de retour 10 ans environ. Les problèmes d'inondation dans cette vallée sont donc limités.

Le relief du périmètre d'étude est marqué par l'encaissement de la Mayenne et dans une moindre mesure de ses affluents, créant des fortes pentes le long de la rivière et de certains cours d'eau.

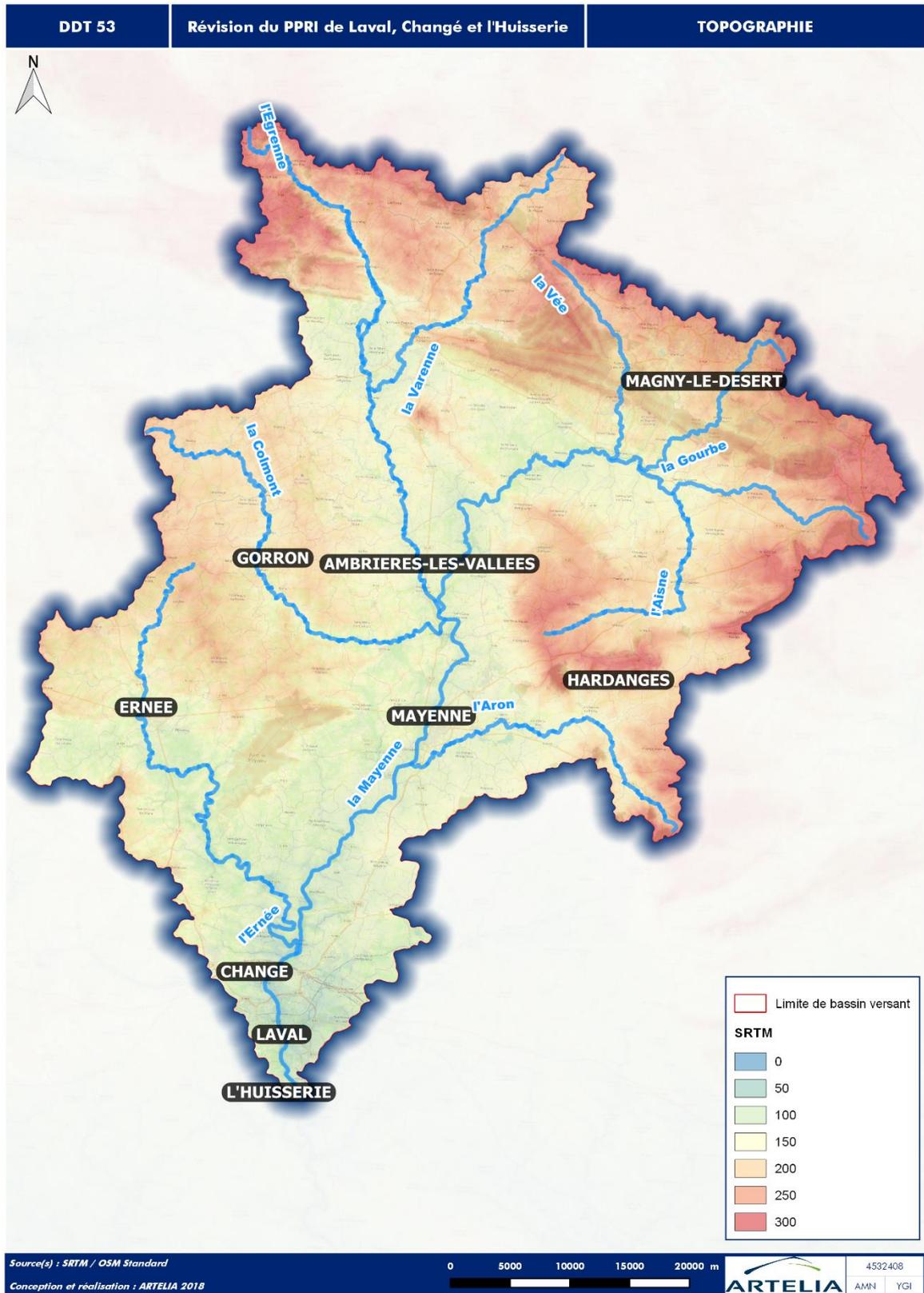


Fig. 6. Topographie

2.2. RECUEIL ET ANALYSE DES DONNEES TOPOGRAPHIQUES

Afin de préparer la construction du modèle hydraulique, les données topographiques existantes ont été recueillies et analysées afin d'évaluer si elles étaient suffisantes et exploitables pour la construction du modèle. Les données recueillies sont listées ci-dessous :

- Les dalles du LIDAR (Light Detection And Ranging) datant du 2014. Le LIDAR permet d'obtenir un Modèle Numérique de Terrain (MNT) par balayage laser du terrain depuis un avion ;
- Les profils bathymétriques utilisés pour élaborer le PPRI de Changé, Laval et L'Huisserie arrêté en 2003. Ces 49 profils datent de 2001 et ont une précision altimétrique de 20 cm.

Le lit mineur de la Mayenne est susceptible d'avoir évolué au cours de ces 17 dernières années, ce qui peut occasionner des relèvements notables de la ligne d'eau en cas de modification substantielle du lit de la rivière.

Toutefois, d'après les services du Conseil Départemental de la Mayenne, qui effectuent des travaux annuels d'extractions de sédiments, aucune opération de dragage sur le linéaire concerné n'a été nécessaire depuis 2003 sur le chenal de navigation, du fait de l'absence de dépôt de sédiment.

Dans l'objectif de valider les profils bathymétriques existants, une nouvelle campagne bathymétrique a été réalisée, à raison de 3 profils par bief en moyenne (soit 15 profils), afin d'obtenir des éléments de comparaison. La Fig. 7 localise les profils existants (2001) et ceux réalisés en 2018.

Les profils issus des deux campagnes bathymétriques ont ensuite été superposés et recalés altimétriquement afin d'estimer l'évolution du fond de la Mayenne.

Révision du PPRI des communes de **Changé, Laval et L'Huisserie**

Note de présentation

DOCUMENT DEFINITIF

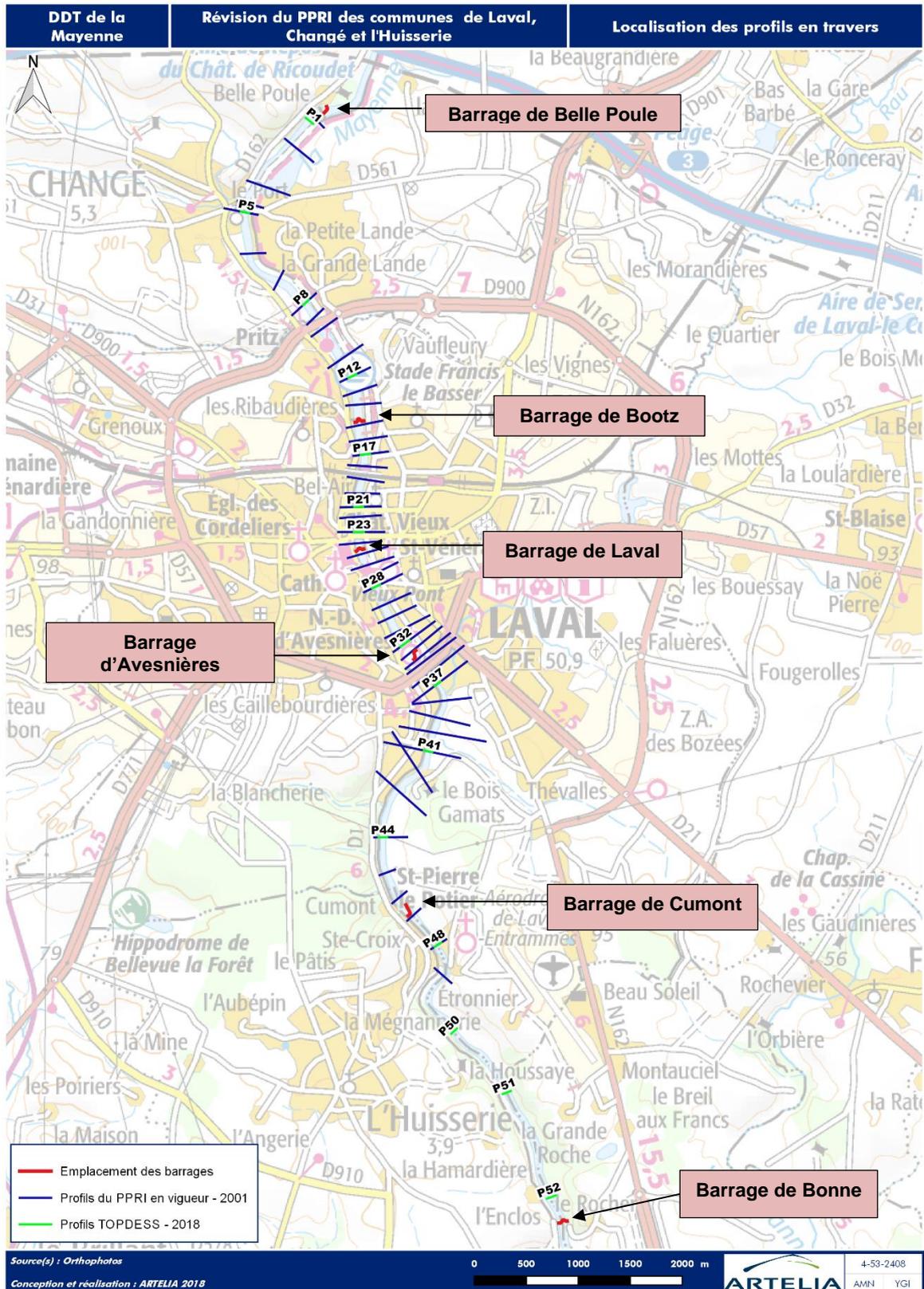


Fig. 7. Localisation des profils en travers réalisés

Le tableau suivant compare la section mouillée de plein bord obtenu pour chaque profil dans le cadre des deux campagnes bathymétriques réalisées en 2001 et en 2018. L'évolution relative est fournie en pourcentage.

Tabl. 2 - Comparaison des sections mouillées de plein bord

Profil	Section mouillée (m ²)		Evolution relative (%)
	2001	2018	
PT1	302,7	315,9	4,2
PT5	225,1	225,0	0
PT8	261,0	252,9	-3,2
PT12	309,9	306,5	-1,1
PT17	326,7	315,7	-3,5
PT21	285,5	290,9	1,8
PT23	485,6	507,3	4,3
PT28	356,0	335,0	-6,3
PT32	465,0	463,0	-0,4
PT37	244,7	244,8	0
PT41	251,5	252,2	0,3
PT44	278,2	283,7	1,9
PT48	248,5	257,0	3,3

L'évolution maximale de la section mouillée est observée au profil n°28 avec une diminution de 6,3%. Cette évolution s'explique par le fait que le profil réalisé en 2018 a été levé plus en aval que celui de 2001 (Fig. 7). Un rétrécissement s'opère entre les deux profils suite à un aménagement du quai Paul Boudet.

En revanche, les profils 5, 32, 37 et 41 montrent une évolution inférieure à 1 %. Les autres profils présentent quant à eux une évolution comprise entre 1 et 4,5 % ce qui demeure relativement faible.

Les évolutions les plus marquées sont observées au niveau des berges. Plusieurs causes peuvent être à l'origine de ces variations :

- les berges ont fait l'objet d'un aménagement / terrassement ;
- le profil n'a pas été réalisé exactement au même endroit ;
- le lit de la Mayenne a évolué au sein de son fuseau de mobilité.

Ainsi, il s'avère que le lit mineur de la Mayenne a peu évolué au cours de ces 17 dernières années. En effet, le fond du lit de la Mayenne présente en moyenne une évolution comprise entre 10 et 30 cm, ce qui correspond au degré de précision altimétrique des levés de 2001 qui était de l'ordre 20 cm. De plus, ces évolutions sont souvent très localisées sur les profils. Par conséquent, il est possible de conclure que ces variations n'auront aucune incidence sur la ligne d'eau, notamment lors d'événements hydrologiques rares.

L'évolution des profils étant négligeable, le MNT LIDAR a été corrigé en y intégrant les données bathymétriques issues des profils afin de corriger le lit mineur de la Mayenne par interpolation.

La Fig. 8 présente le profil en long de la Mayenne sur l'emprise du PPRI révisé et localise les différents ouvrages présents sur son cours.

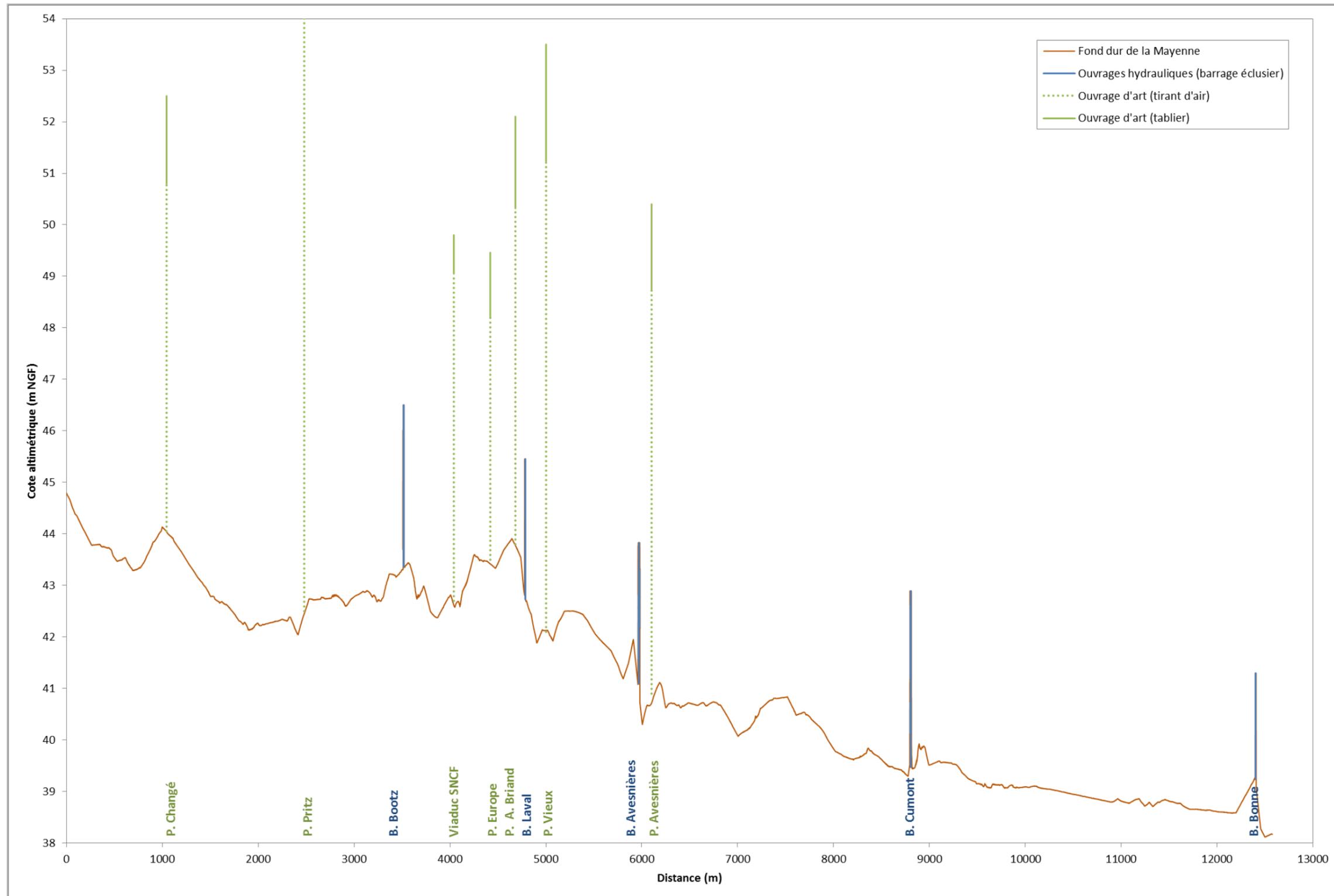


Fig. 8. Profil en long de la Mayenne sur l'emprise du PPRI et localisation des ouvrages hydrauliques et des ouvrages d'art

3. GEOLOGIE

Source : Carte géologique 1/1 000 000^{ème} de la France, BRGM

À l'exception de quelques placages de sédiments meubles appartenant à l'histoire tertiaire et quaternaire, le bassin de la Mayenne se compose uniquement de terrains précambriens et paléozoïques appartenant à l'extrémité orientale du Massif armoricain.

Les terrains précambriens sont représentés par une puissante série grésopélique à passées conglomératiques, largement affectée par le métamorphisme thermique induit par les granitoïdes cadomiens, et attribuée au groupe supérieur du Briovérien. Ces terrains qui couvrent une vaste surface au Nord et dans le quart sud-ouest de la carte seront déformés au cours de l'orogénèse cadomienne et injectés de granites et granodiorites vers 540Ma.

Les terrains paléozoïques discordants sur le socle cadomien sont impliqués dans deux structures varisques : l'extrémité méridionale du synclinal de la forêt de Mayenne qui se raccorde à la structure varisque majeure représentée par le synclinorium de Laval. Dans ce dernier, appelé également bassin de Laval, est préservée une couverture paléozoïque puissante de plus de 3 000 m et qui s'échelonne de l'Ordovicien inférieur au Carbonifère supérieur.

Ce contexte géologique est caractérisé par une porosité de fracture et peu de réserve de nappe, ce qui constitue une zone très peu perméable et par conséquent, très réactive à la pluie.

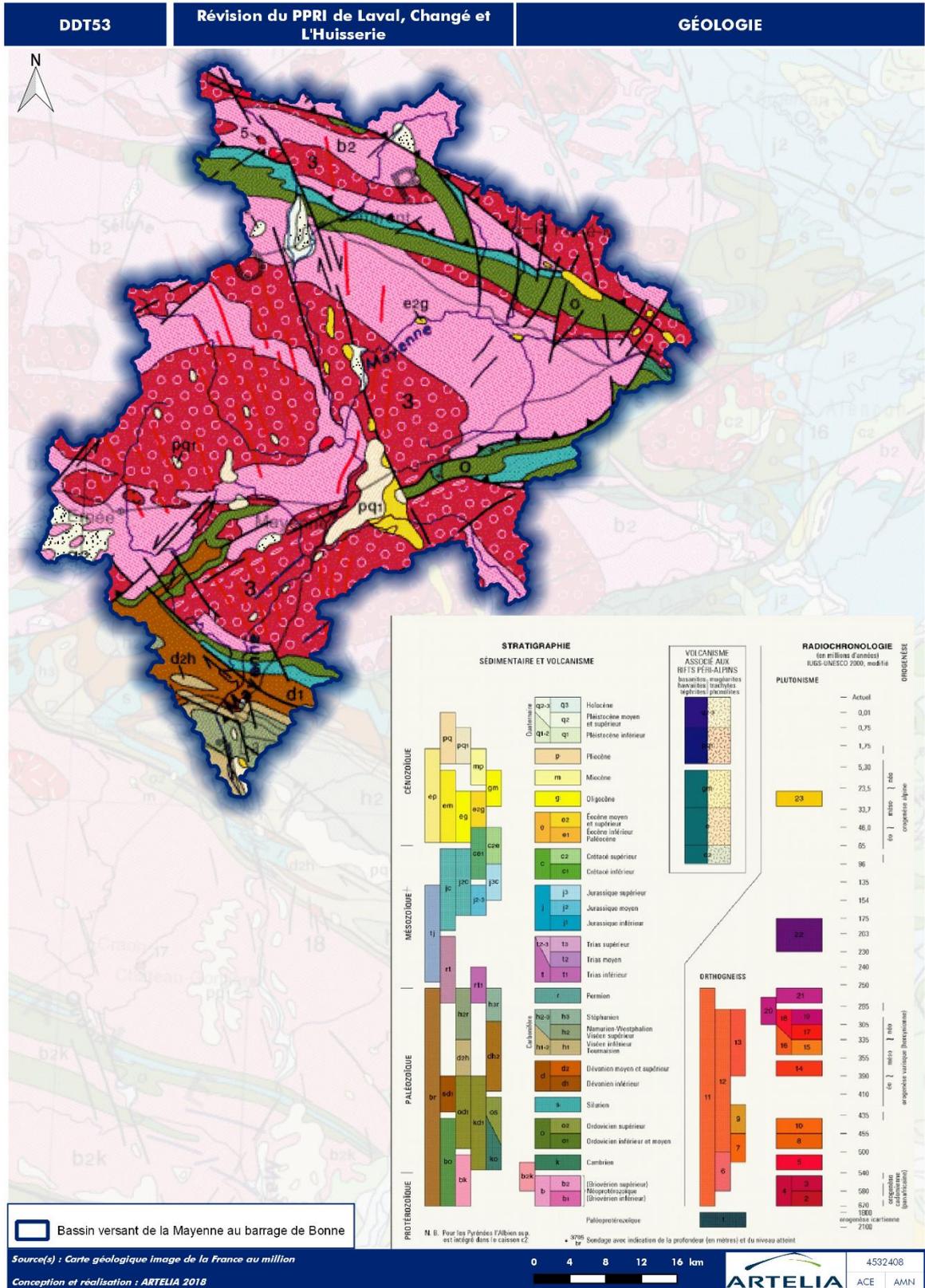


Fig. 9. Géologie

4. RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le chevelu hydrographique du bassin de la Mayenne est particulièrement dense, ce qui est une caractéristique des bassins où affleure le socle cristallin. Sa longueur totale est de 4900 km environ dont 730 km pour les cours d'eau principaux, à savoir de l'amont vers l'aval :

- La Mayenne,
- L'Aisne (rive gauche),
- La Gourbe (rive droite),
- La Vée (rive droite),
- La Varenne (rive droite),
- L'Egrenne (rive droite),
- La Colmont (rive droite),
- L'Aron (rive gauche),
- L'Ernée (rive droite),
- La Jouanne (rive gauche),
- Le Vicoin (rive droite),
- L'Ouette (rive gauche).

La Mayenne prend sa source au pied du Mont des Avaloirs à environ 344 m NGF, sur le flanc nord de la partie culminante du massif armoricain tandis que son talweg commence à 293 m NGF sur le flanc du massif de la forêt de Multonne. Il se termine à environ 200 km en aval, à la confluence avec la Sarthe, à une altitude de 15 m NGF. La pente moyenne du cours d'eau est de 1,4 ‰, avec les valeurs suivantes par tronçon :

- De la source à Couterne : 5,9 ‰,
- De Couterne à Mayenne : 0,8 ‰,
- De Mayenne à Laval : 1,2 ‰,
- De Laval à Château-Gontier : 0,5 ‰,
- De Moulin Corçu à Moulin-Oger : 2,8 ‰ (barre de grès armoricain qui traverse la vallée).

La partie supérieure du cours d'eau draine, sur une faible longueur, plusieurs centaines de kilomètres carrés de bassin versant, et présente donc très vite un débit spécifique élevé. Son orientation est Est-Ouest à l'amont (Fig. 10).

En aval de Sept Forges, le talweg rencontre la ligne de fracture Domfront-Malicorne, qu'il suit pendant quelques kilomètres. Ensuite, la Mayenne, entre St-Fraimbault et Changé, va suivre une direction NE-SO, comme la Jouanne.

Entre Changé et l'amont de Château-Gontier, la Mayenne retrouve une direction NNO-SSE. Le cours aval de la Mayenne reprend enfin une orientation nord-sud.

Sogreah (devenue ARTELIA depuis 2010) a réalisé en juin 2005 une analyse des linéaires et des pentes des différents cours d'eau du bassin versant de la Mayenne dans le cadre de l'étude « Outil de prévision des crues du bassin de la Mayenne » pour le compte de la DDE du Maine-et-Loire. Il en ressort les éléments suivants :

- Les cours d'eau situés en amont du bassin versant de la Mayenne ont logiquement des pentes plus marquées (Gourbe 0,62%, Vée 0,62%, Aisne 0,42%, Egrenne 0,37%, Varenne amont 0,31%),
- Les affluents intermédiaires de la Mayenne ont quasiment tous une pente comprise entre 0,2 et 0,3% (Aron, Ernée, Colmont, Ouette, Vicoin),
- La pente de la Mayenne devient quant à elle rapidement inférieure à 0,1%, après un parcours de 37 km à proximité de la commune de Couterne.

Ainsi, les sous-bassins de la Mayenne peuvent être regroupés en trois entités distinctes, de l'amont en aval :

- La haute Mayenne, de la source à la ville de Mayenne,
- La Mayenne lavalloise (entre les villes de Mayenne et Château-Gontier),
- La Mayenne angevine (hormis l'Oudon).

On note que la Mayenne ne supporte qu'un affluent au sein du périmètre du PPRI, dénommé « le ruisseau de Saint Nicolas ». Ce dernier conflue avec la Mayenne en rive gauche en aval du centre-ville de Laval.

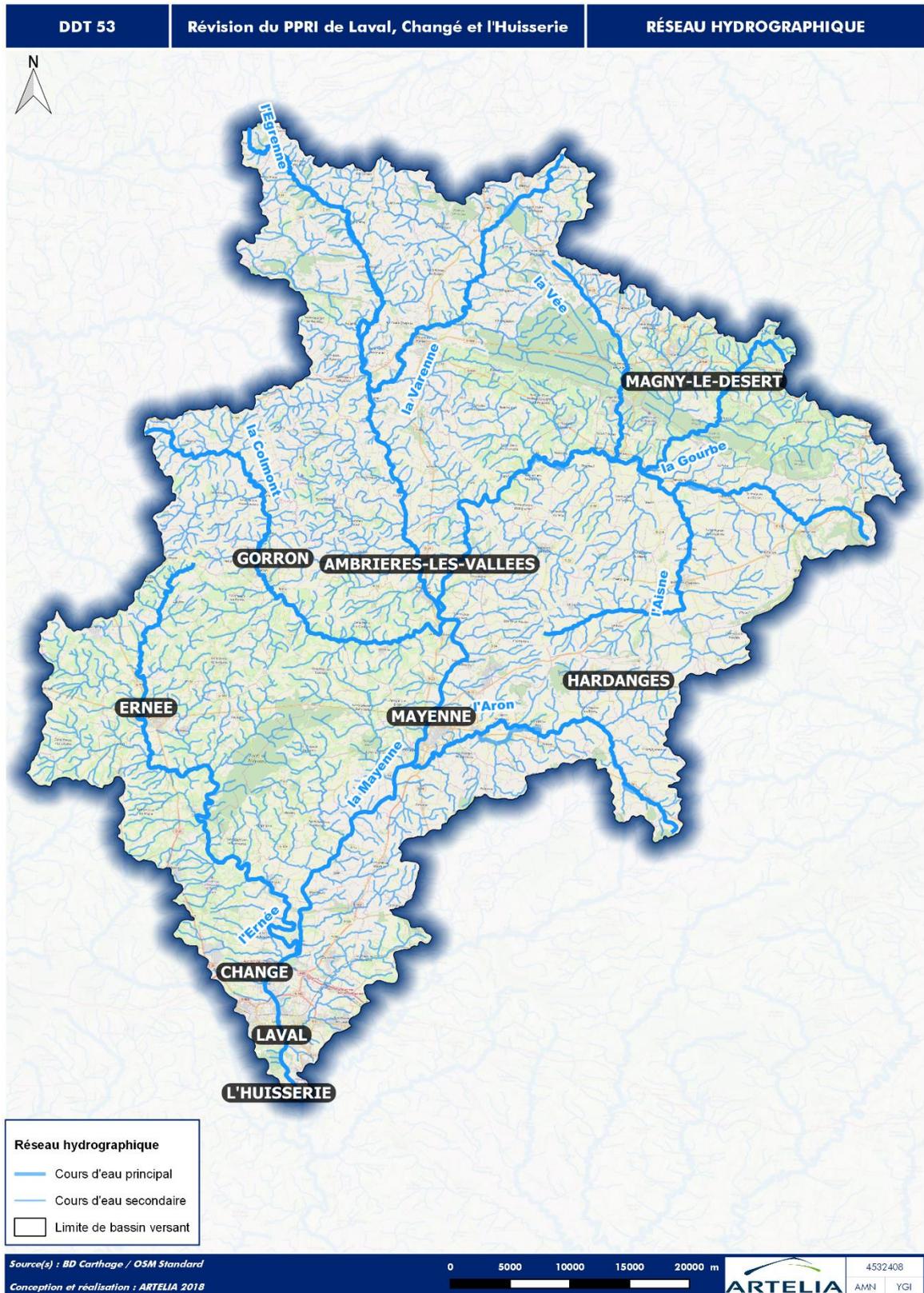


Fig. 10. Réseau hydrographique

5. CLIMATOLOGIE

Les données climatiques présentées ci-après sont issues de la station météorologique Météo-France de Laval-Entrammes (53), localisée à environ 4 km au sud-est de la commune de Laval. Cette station est située à environ 100 mètres d'altitude dans la plaine de la Mayenne.

Les données présentées sont basées sur la période 1981-2010 (cf. tableau ci-après).

La ville de Laval, avec une température moyenne annuelle de 11,8°C, bénéficie de températures sans excès en été comme en hiver. Les mois les plus froids sont décembre, janvier et février (moyenne d'environ 5,5°C), alors que les mois les plus chauds sont juillet et août (moyenne d'environ 19°C). L'insolation moyenne annuelle est de l'ordre 1 655 h à Laval.

La pluviométrie s'élève à 740 mm/an avec un maximum en décembre de 81,6 mm. Le mois le plus sec est août avec 43,8 mm. Il pleut près d'un jour sur trois en moyenne. Toutefois, il est intéressant de noter que le cumul annuel pluviométrique atteint 1100 mm sur la partie nord du bassin versant de la Mayenne, qui est la plus arrosée.

Tabl. 3 - Données climatologiques (Station climatique de Laval-Entrammes – 1981 - 2010)

Paramètres	Unités	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
T minimales	°C	2,5	2,5	4,1	5,4	9,1	11,6	13,4	13,5	10,8	8,7	4,9	2,7	7,4
T maximales	°C	8,0	9,5	12,6	15,0	19,2	22,3	24,3	24,8	21,3	16,7	11,3	8,2	16,1
T moyennes	°C	5,2	6,0	8,3	10,2	14,1	16,9	18,9	19,2	16,1	12,7	8,1	5,4	11,8
Précipitations	mm	73,0	59,6	52,4	56,2	67,3	45,4	48,1	43,8	60,6	79,4	72,6	81,6	740,0
Durée d'insolation	h	63,4	85,5	125,3	151,5	197,2	214,2	207,6	216,9	164,5	105,2	69,2	54,9	1655

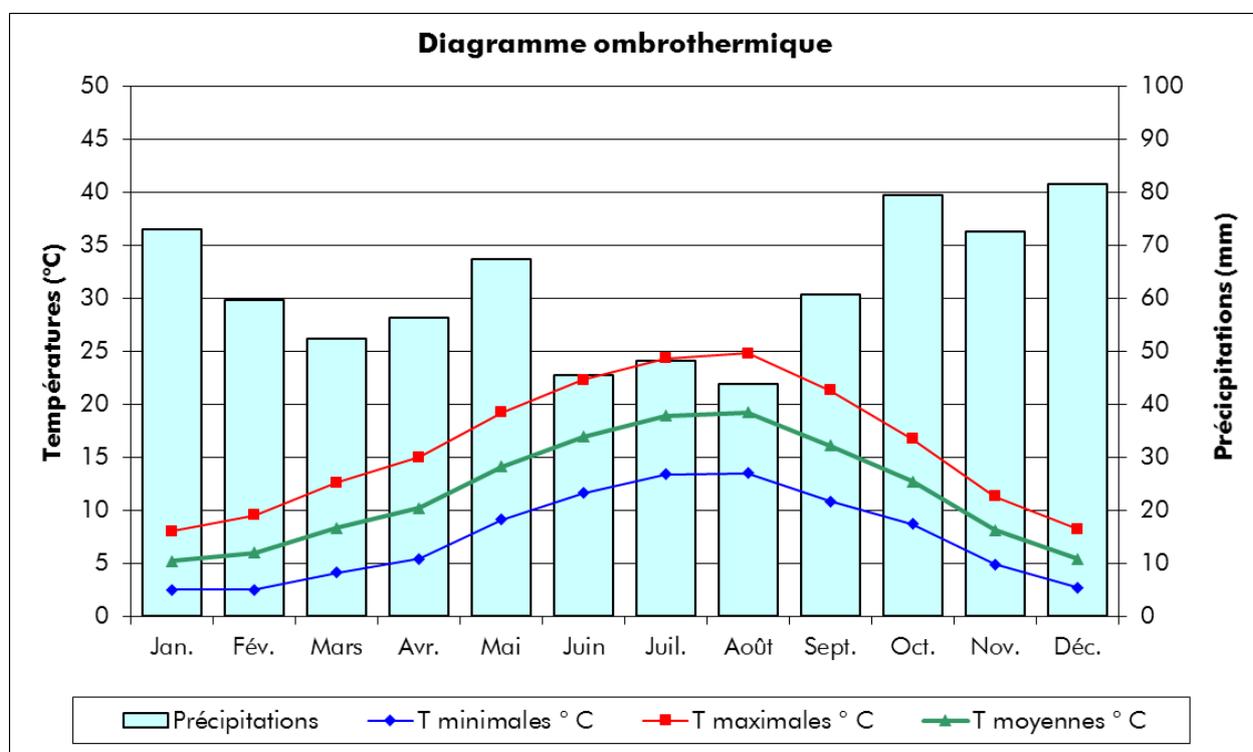


Fig. 11. Diagramme ombrothermique

6. OCCUPATION DES SOLS

A l'échelle du bassin versant de la Mayenne, l'occupation des sols est fortement marquée par les activités agricoles ainsi que par la présence importante de prairies :

- Au nord du bassin versant (sous bassin de l'Egrenne et de la Varenne), secteur où l'on observe une présence importante de zones humides,
- A l'est du bassin versant, sur les sous bassins de la Jouanne et de l'Aron.

Les secteurs urbains sont relativement peu nombreux et bien délimités. Ces zones urbanisées fortement imperméabilisées représentent seulement 1% de la superficie totale du bassin versant.

A l'échelle du périmètre du PPRI, le tissu urbain est principalement formé par les trois communes étudiées : Changé, Laval et L'Huisserie. Des zones industrielles et/ou commerciales sont situées en périphérie du centre-ville de Laval.

Au-delà, les prairies et les systèmes culturaux dominent le paysage (Fig. 12). Le bois de l'Huisserie constitue également un espace forestier important.

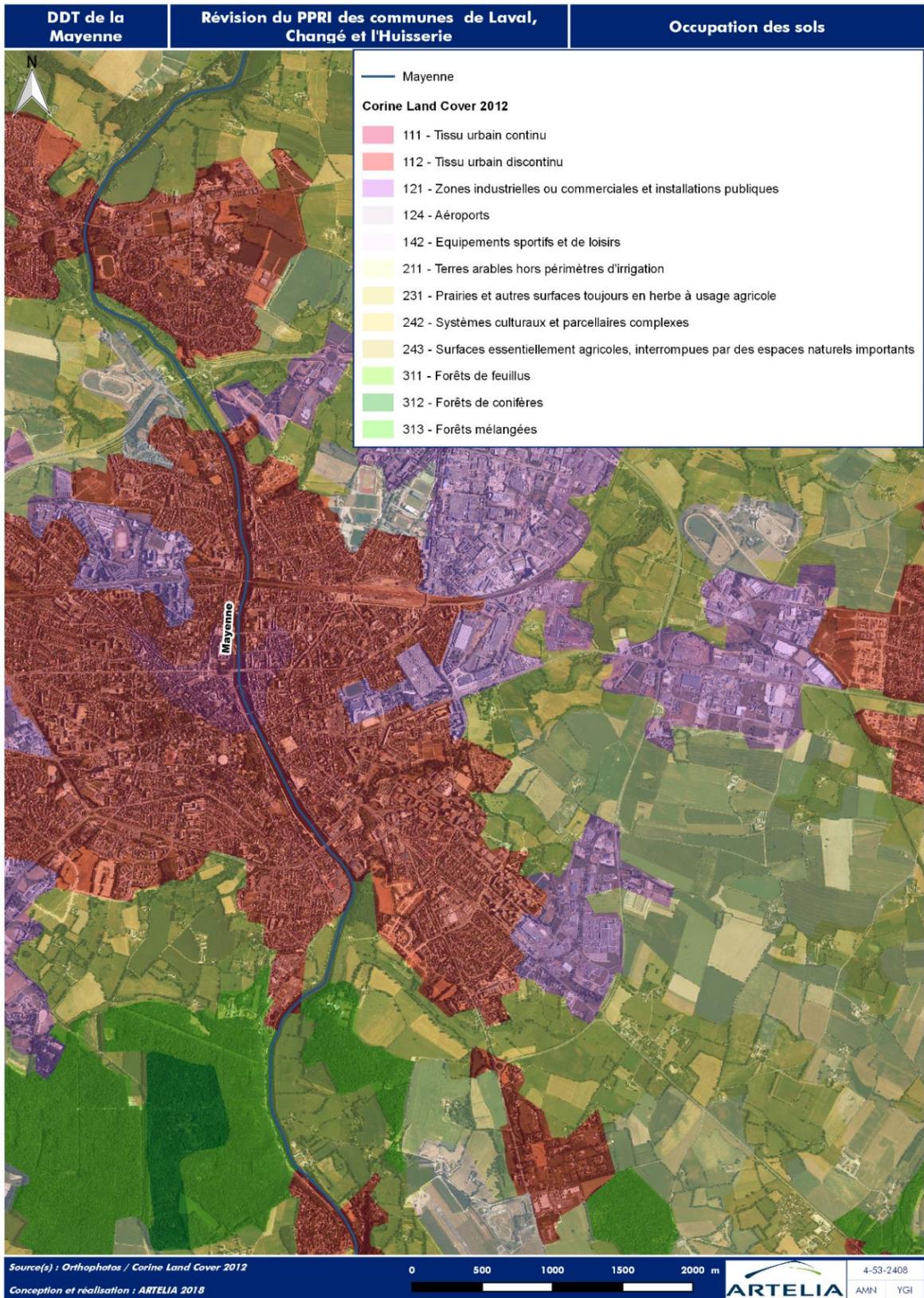


Fig. 12. Occupation des sols (Corine Land Cover 2012)

7. RECENSEMENT DES OUVRAGES

Les ouvrages hydrauliques et les ouvrages d'art ainsi que l'ensemble des aménagements réalisés sur le cours de la Mayenne sont autant de facteurs anthropiques susceptibles d'avoir une influence sur l'écoulement des eaux en crue et/ou d'être à l'origine de dysfonctionnements hydrauliques.

Au XIX^{ème} siècle, dans le cadre de l'intensification du transport fluvial et de la mise en navigabilité de la Mayenne pour des bateaux de forts tonnages, des travaux de canalisation de la rivière ont été entrepris. La rivière a ainsi été rescindée, creusée et endiguée sur son cours aval jusqu'à Brive, à environ 3 km en amont de la ville de Mayenne. Elle est aujourd'hui tronçonnée en biefs par une succession de barrages éclusiers :

- 21 biefs sur 34 km entre Mayenne et Laval,
- 24 biefs sur 88 km de Laval jusqu'à la confluence de la Mayenne avec la Sarthe.

Les barrages permettent d'assurer une profondeur constante tout au long de l'année afin de permettre la navigation. L'article 6 du Règlement Particulier de Police (RPP) de la navigation prescrit un enfoncement maximal des embarcations de 1,4 m.

Ces ouvrages induisent des pertes de charges hydrauliques et une pente motrice de la rivière moins importante qu'à l'état naturel, ce qui a tendance à ralentir les écoulements. En revanche, la canalisation de la rivière a tendance à lisser les profils en travers et le tracé général du cours d'eau, et par conséquent, à accélérer ces mêmes écoulements.

Si une gestion adaptée des ouvrages présents sur les rivières navigables permet d'influer sur les débits de pointe et sur les niveaux d'eau pour de petites crues, il ne semble pas que cela soit possible d'influer les conditions d'écoulement des grandes crues historiques. Sur la Mayenne, cette conclusion est renforcée par la « molesse » des hydrogrammes de crue qui engendre la nécessité de stocker d'importants volumes d'eau pour obtenir des abaissements notables des débits de pointe.

De même, comme le montrent les études existantes, si la mise en place de barrages d'écrêtement de débits pourrait permettre d'influer sur les petites crues sur les secteurs amont du bassin versant, les gains en termes de débits, sur le secteur aval, ne sont pas satisfaisants vis-à-vis des investissements qu'il faudrait réaliser. Il est à noter que l'analyse hydrologique du bassin versant de la Maine amène à penser que le barrage de soutien d'étiage de Saint-Fraimbault-des-Prières sur la Mayenne, construit en 1978, d'une capacité maximale de 4,5 millions de m³, n'a ainsi aucune influence, dans son mode de fonctionnement actuel, sur les crues importantes.

Les ouvrages présents au sein du périmètre arrêté sont localisés en Fig. 13 et listés ci-après :

- **7 ouvrages d'art**
 - Pont de Changé-Les-Laval,
 - Pont de Pritz,
 - Viaduc SNCF (une passerelle piétonne susceptible d'influencer les écoulements lors des crues importantes est adossée à l'amont du viaduc),
 - Pont de l'Europe,
 - Pont Aristide Briand,
 - Pont Vieux,
 - Pont d'Avesnières.

Le tableau ci-dessous rappelle la cote de surverse de chaque ouvrage d'art.

Tabl. 4 - Cote de surverse des ouvrages d'art (cote du haut de tablier)

Nom de l'ouvrage d'art	Cote de surverse (m NGF)
Pont de Changé	52,5
Pont de Pritz	58,26
Viaduc SNCF / Passerelle piétonne	73,4 / 49,8
Pont de l'Europe	49,1
Pont A. Briand	52,12
Pont Vieux	53,7
Pont d'Avesnières	49,8

- **5 ouvrages hydrauliques**

- Barrage de Bootz (comprend un canal de dérivation en rive gauche pour une passe à canoës),
- Barrage de Laval,
- Barrage d'Avesnières,
- Barrage de Cumont,
- Barrage de Bonne.

Chaque barrage est à minima constitué :

- D'un seuil déversant ;
- D'un sas éclusier ;
- D'un pertuis composé soit :
 - D'une seule vanne (Bootz, Avesnières, Bonne) ;
 - De 4 vannes (barrage de Laval et Cumont).

Un programme d'aménagement vise à terme le remplacement de ces 4 vannes par une seule vanne.

Le tableau ci-dessous rappelle les cotes de crêtes de déversement des différents barrages.

Tabl. 5 - Cote de déversement moyenne des seuils

Nom de l'ouvrage hydraulique	Cote de la crête déversante (m NGF)
Barrage de Bootz	46,50
Barrage de Laval centre	45,45
Barrage d'Avesnières	43,83
Barrage de Cumont	42,89
Barrage de Bonne	41,30

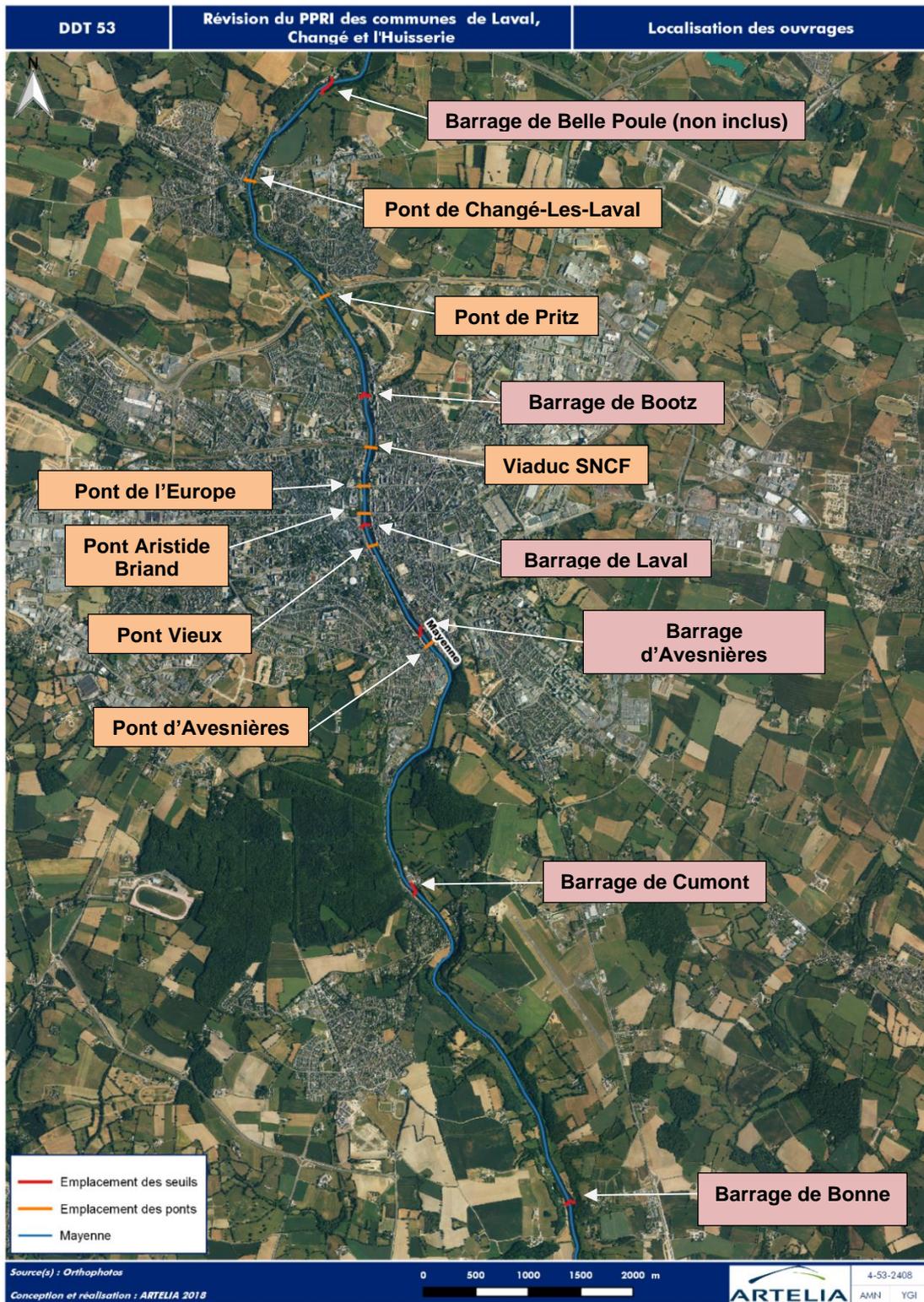


Fig. 13. Localisation des ouvrages hydraulique et des ouvrages d'art

Un atlas photographique de ces ouvrages est présenté ci-après.



Barrage de Belle Poule



Vannage et microcentrale du barrage de Belle Poule



Pont de Changé-Lès-Laval



Plan d'eau du Port



Pont de Pritz



Barrage de Bootz



Viaduc SNCF



Pont de l'Europe



Pont Aristide Briand



Barrage de Laval



Pont Vieux



Barrage d'Avesnières



Pont d'Avesnières



Barrage de Cumont



Ecluse du barrage de Bonne



Barrage de Bonne

8. RECENSEMENT DES TRAVAUX REALISES

L'analyse menée par le service police de l'eau de la DDT 53 n'a pas permis d'identifier d'aménagements dans le lit mineur de la Mayenne qui ait conduit à une modification notable du champ d'écoulement de la rivière depuis 2003 (année d'approbation du PPRI initial).

Les aménagements listés ci-après ont été identifiés, bien qu'ils n'impactent pas ou très faiblement le champ d'écoulement de la Mayenne :

- L'installation d'une prise de secours d'eau potable au droit du plan d'eau du Port situé en rive gauche sur la commune de Changé. Les anciennes prises d'eau, en particulier au droit du plan d'eau du Port, situées dans l'axe de la rivière sont toujours en place ;
- Des protections de berges ponctuelles, les dernières mises en place se situant au droit du plan d'eau du Port en rive gauche et en aval de Laval en rive droite. Les linéaires aménagés sont toutefois limités (de l'ordre de la centaine de mètres par tronçons). Ces protections font appels à des techniques mixtes (minérales et végétales) sans rescindement des berges. La digue de Belle-Poule, côté ouest, a été reprise entièrement (suppression de la végétation et reconstitution d'un perré maçonné).
- La mise en place des jets d'eau en aval du pont Aristide Briand sur la commune de Laval.
- La construction de bers métalliques pour soutenir les bateaux lavoirs.

En revanche, la halte nautique de Laval ne semble pas avoir été modifiée depuis 2001 (Fig. 14 et Fig. 15)



Fig. 14. Halte nautique de Laval en 2001 (gauche) et en 2018 (droite)

(Source : IGN - Remonter le temps)



Fig. 15. Halte nautique de Laval en novembre 2018 (ARTELIA)

SECTION 3

RECENSEMENT DES CRUES HISTORIQUES ET ANALYSE HYDROLOGIQUE

1. CRUES HISTORIQUES

1.1. GENESE DES CRUES HISTORIQUES

Les crues historiques sont des évènements hydrologiques rares qui engendrent généralement des dégâts importants, tant humain que matériel, et qui touchent des enjeux symboliques (destruction d'ouvrages, monuments, lieux culturels, ...). Cela est souvent corrélé à une vaste enveloppe d'inondation, des débits et des hauteurs d'eau élevées.

Les crues historiques connues sur le bassin versant de la Mayenne sont pour la plupart générées par des cumuls pluvieux importants établis pendant plusieurs mois suivis d'un événement plus intense sur quelques jours. Le cumul pluviométrique préalable engendre une saturation des sols très importante qui ne permet plus l'absorption des pluies lors de l'arrivée de l'événement plus intense. Les eaux drainées par le bassin versant rejoignent alors le cours d'eau rapidement pour y générer des débits importants (SCE, PPRI de Laval – Notice de présentation, 2003).

Les caractéristiques du bassin versant de la Mayenne (faible pente, occupation des sols à dominance rurale, ...) engendrent des hydrogrammes étalés dans le temps (temps de montée important et absence de pic de crue net) qui présentent des durées de crues pouvant atteindre plusieurs jours. Parfois, à l'image de la crue de 1995, l'hydrogramme présente plusieurs pics de crue d'importance équivalente pour un même événement.

Il est important de remarquer que les évaluations de période de retour des crues historiques sont susceptibles de fluctuer au fur et à mesure que les chroniques de débits observés vont s'enrichir. Cette variation risque d'être d'autant plus importante que l'événement hydrologique considéré sera fort, et par conséquent rare. Toutefois, il peut être considéré comme certain que les crues historiques connues ont jusqu'alors une période de retour inférieure à 100 ans.

1.2. CRUE D'OCTOBRE 1966

La crue de 1966 s'est déroulée entre le 25 et le 26 octobre. Le débit de pointe de cette crue est estimé à 520 m³/s (Banque HYDRO), soit une période de retour d'environ 40 ans. 15 laisses de crue ont été recensées à ce jour pour cette crue par la DIREN des Pays de la Loire sur le secteur étudié. L'atlas de cartes informatives relatif à cette crue est fourni en Annexe 2.

Des précipitations d'une forte intensité s'abattent sur le département pendant trois jours consécutifs (23 au 25 octobre) alors que, déjà, d'abondantes précipitations avaient été recueillies sur toute la région pendant les deux premières décades du mois d'octobre. En effet, la plupart des stations météorologiques des départements enregistrent déjà des quantités d'eau supérieures à deux fois la moyenne pluviométrique mensuelle du mois d'octobre. Les sols étaient donc bien mouillés et les nappes souterraines bien réalimentées lorsque se produisirent les chutes d'eau abondantes des 23, 24, 25 octobre².

Cette crue, d'une ampleur exceptionnelle, a des effets immédiats sur les rivières proches du bassin rennais. Ainsi, dans la nuit du 25 au 26 octobre le niveau de la rivière Mayenne monte à son tour pour atteindre 2,13 m à Laval. Cet événement est considéré comme la première des trois crues historiques que la rivière ait connues³.

² Mounier, J. La crue de la Vilaine d'octobre 1966. In : Norois, n°55, Juillet-Septembre 1967, pp. 501-511.

³ Ouest-France, 2018. Inondations en Mayenne. Retour sur les principales crues depuis 1966.

Les secteurs les plus touchés ont été naturellement ceux situés à proximité du lit de la Mayenne et ses principaux affluents, ainsi que ceux qui se trouvaient proches d'étangs importants et que la crue a fait déborder. Aucune victime humaine n'a été recensée. En revanche, plusieurs familles menacées d'isolement ont dû être évacuées et relogées. C'est ainsi, qu'une centaine de personnes et plus de 200 animaux ont été mis à l'abri. Dans son bulletin de communication, le Conseil Général évoque un premier bilan des dommages et estime le montant des dégâts entre 5 et 7 millions de Francs.

La crue a eu un impact direct et indirect sur les activités des entreprises de la région. Certaines ont dû stopper leur activité le temps de la décrue (les Toiles de Mayenne et la Fonderie de Port-Brillet par exemple), tandis que d'autres ont été affectées indirectement par la privation d'eau et d'électricité industrielle comme ce fut le cas pour l'ensemble des entreprises de Château-Gontier. Certaines enfin, ont subi des dommages plus directs dans leur potentiel de production, qu'il s'agisse des industries laitières de Laval, de quelques entreprises textiles, ou encore des ardoisières de la « Rivière » à St-Saturnin-du-Limet dont deux niveaux d'exploitation sur quatre ont été noyés, ce qui a entraîné un chômage de plus de deux mois pour 150 ouvriers.

Les installations publiques ont elles aussi souffert des inondations, tant dans le domaine électrique que dans celui des postes de télécommunications, ou des stations d'épuration d'eau. Les hôpitaux de Laval et de Château-Gontier ont plus particulièrement été atteints dans leur matériel de cuisine, de chauffage ou de radiologie. Les établissements scolaires ont également fermé en raison de la privation d'eau.

En matière de voirie, un certain nombre de routes départementales et communales et de ponts ont été endommagés⁴.

Le montant total des dommages a été estimé à 2 081 130 Francs d'après la note issue du cabinet du préfet relatif aux dégâts constatés suite aux inondations des 24, 25 et 26 octobre 1966 ⁽³⁾.

Tabl. 6 - Nombre de sinistrés et montant des dommages par secteurs ⁽³⁾

Arrondissement	Nombre de sinistrés	Montant des dommages (en Francs)		
		Habitations	Commerciaux et artisanaux	Agricoles
Laval	162	262 096	61 325	59 957
Mayenne	43	45 841	75 838	44 496
Château-Gontier	86	121 623	33 576	12 449
Total	291	429 560	170 739	116 902

340 000 Francs ont été prélevés sur le « fonds de secours aux victimes de sinistres et calamités » et mis à disposition du département. Cette somme a été répartie de la manière suivante :

- 242 000 Francs (71 %) pour les entreprises industrielles ;
- 41 000 Francs (12 %) pour les commerciaux et les artisans ;
- 40 000 Francs (12 %) pour les particuliers ;
- 17 000 Francs (5 %) pour les dommages agricoles.

⁴ Département de la Mayenne, Cabinet du Préfet. Communication au Conseil Général sur les inondations des 24, 25 et 26 octobre 1966. Référence : 449W19.

1.3. CRUE DE NOVEMBRE 1974

La crue de 1974 s'est déroulée entre le 15 et le 17 novembre. Le débit de pointe de cette crue est estimé à 604 m³/s (Banque HYDRO), soit une période de retour d'environ 70 ans. La hauteur d'eau a atteint 2,5 m à Laval. Cette crue a fait l'objet d'un recensement important de laisses de crue. En effet, 47 laisses de crue ont été recensées par la DIREN des Pays de la Loire sur les communes de Changé, Laval et L'Huisserie. L'atlas de cartes informatives relatif à cette crue est fourni en Annexe 3.

Après plusieurs semaines particulièrement pluvieuses, plusieurs régions de France sont fortement touchées par les inondations. A la station météorologique de Pré-en-Pail, il est tombé 42 mm d'eau en moins de 24 heures durant le pic de pluviométrie. Celle que l'on appelle la « crue du siècle » est encore la plus grande crue que la commune de Laval a connu à ce jour.

Du 15 au 17 novembre 1974, plusieurs communes du département de la Mayenne sont déclarées sinistrées. Près de 3 000 familles, en grande partie des agriculteurs, voient leurs biens détruits ou endommagés par les crues. Dix-sept fermes furent isolées le long des cours des rivières mayennaises et ravitaillées par des gendarmes et des militaires.

A l'échelle de la commune de Laval, c'est l'équivalent de 1 500 à 2 000 foyers qui ont été touchés⁵. 200 familles ont procédé à leur propre évacuation et 200 personnes ont été évacuées grâce aux pouvoirs publics. De nombreuses exploitations industrielles ont également été impactées comme par exemple les usines Besnier, Boissel, Feinte et Baujeu et les textiles Vermandois.

Le dispositif ORSEC (Organisation de la Réponse de Sécurité Civile) a notamment été déclenché. Ce programme d'organisation des secours à l'échelle départementale permet une mise en œuvre rapide et efficace de tous les moyens nécessaires sous l'autorité du préfet en cas de catastrophe.



Fig. 16. Photographie des inondations de 1974 à Mayenne ⁶

À Laval, un bateau-lavoir s'est fracassé contre un pont tandis qu'une péniche, fut entraînée à vive allure sur la rivière par le courant, tant bien que cette dernière a réussi à franchir quatre écluses⁷.

La Fig. 17 présente le niveau d'eau maximal atteint par la Mayenne au droit du pont Vieux lors de la crue de 1974.

⁵ EPRI Loire-Bretagne, 2011. Evaluation des conséquences négatives des inondations ; résultats sur le sous-bassin de l'Allier et de la Loire amont, p 64.

⁶ Ouest-inondation. Chronologie des principales inondations dans l'ouest [en ligne]. Disponible sur : <https://ouestinondations.wordpress.com/2013/06/13/374/>

⁷ Ouest-France, 2018. Inondations en Mayenne. Retour sur les principales crues depuis 1966.

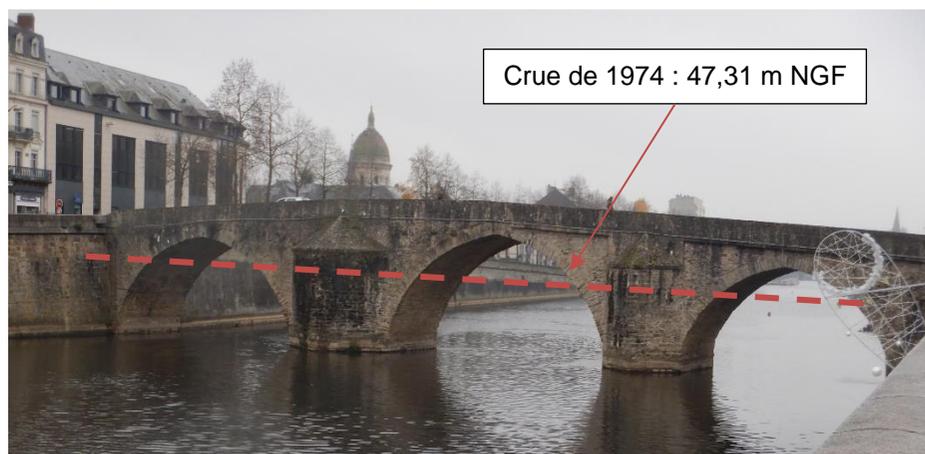
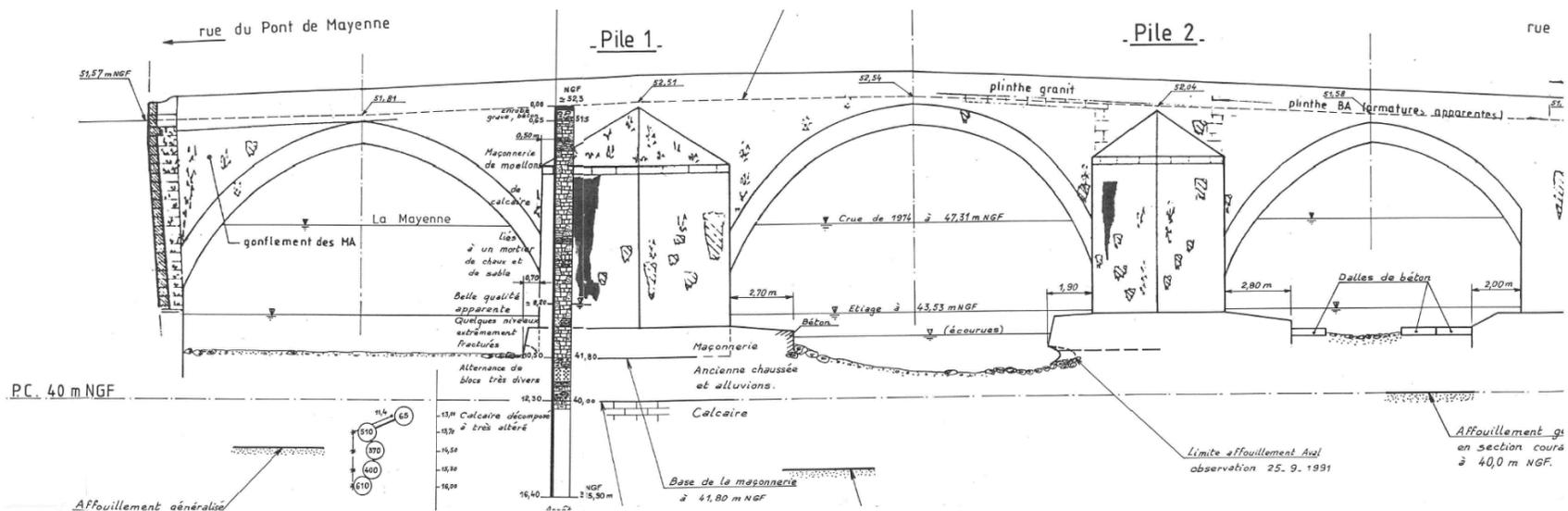


Fig. 17. Niveau d'eau au droit du Pont Vieux lors de la crue de 1974

1.4. CRUE DE JANVIER 1995

La crue de 1995 s'est déroulée du 23 au 29 janvier. Le débit de pointe de cette crue est estimé à 517 m³/s (Banque HYDRO), soit une période de retour d'environ 40 ans. L'hydrogramme et le limnigramme ont été extraits de la Banque HYDRO et sont présentés en Fig. 18.

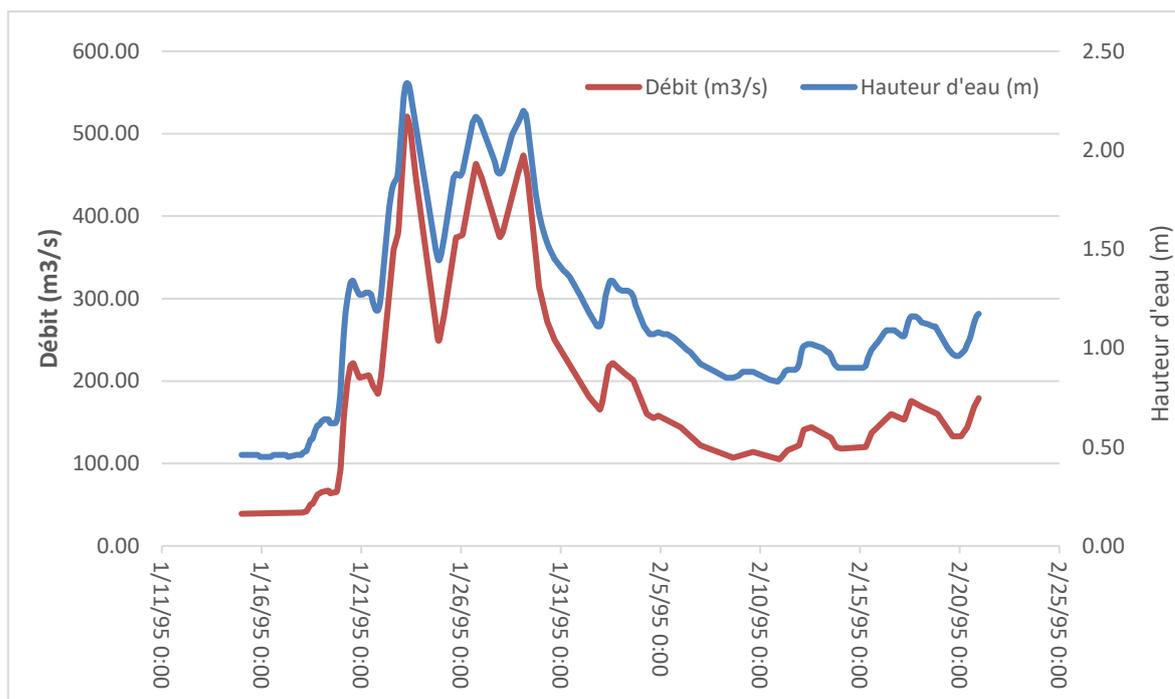


Fig. 18. Hydrogramme et limnigramme de la crue de janvier 1995 à la station de Bonne

Cette crue était du même ordre de grandeur que la crue de 1966 mais de plus faible ampleur que celle de 1974. En effet, les laisses de crues répertoriées pour cette crue présentent des cotes plus basses d'environ 50 cm par rapport à celles de 1974. Bien que cette crue soit la plus récente des trois, seulement 4 laisses de crues ont été recensées par la DIREN des Pays de la Loire. L'atlas de cartes informatives relatif à cette crue est fourni en Annexe 4.

L'année 1994 fut très humide sur l'ensemble du bassin de la Maine. Le cumul annuel en termes de pluviométrie dépassa de l'ordre de 30 % le cumul moyen annuel, et jusqu'à 70 % dans le sud-ouest du bassin. Pour le seul mois de décembre, le cumul pluviométrique de 174 mm. C'est dans ce contexte que surviennent les épisodes pluvieux du mois de janvier 1995. Sur une durée de 11 jours (du 19 au 30 janvier 1995), il tomba l'équivalent de 150 à 200 mm, répartis du sud au nord (203 mm à Lassay, 204 mm à Pré-en-Pail) sur les départements de la Mayenne et la Sarthe⁸.

La succession d'épisode pluvieux d'intensités variables va engendrer des crues sur tous les sous-bassins de la Maine. Le bassin versant de la Mayenne sera particulièrement touché.

⁸ EPRI Loire-Bretagne, 2011. Evaluation des conséquences négatives des inondations ; résultats sur le sous-bassin de l'Allier et de la Loire amont, p 144.

Le 28 janvier 1995, à Laval, la cote d'alerte de la Mayenne est largement dépassée et la rivière sort de son lit. Le niveau d'eau atteint 2,20 m à Laval et 2,40 m à Château Gontier⁹. Les zones de débordement les plus importantes sont observées sur les communes de Chailland, Laval, Mayenne et Château Gontier.

Le bilan des dégâts est important avec 130 communes déclarées sinistrées sur l'ensemble du bassin versant de la Maine. Au total, environ 3 000 habitations ont été inondées et 959 personnes ont été évacuées. Aucune victime n'a été déplorée. Les habitations situées en rive droite de la Mayenne entre le barrage de Belle-Poule et le pont de Changé sont particulièrement touchées. Les secours, fortement sollicités pour porter assistance aux sinistrés, sont intervenus pas loin de 7 000 fois.

En termes d'infrastructures, 33 routes ont été coupées. La route départementale reliant Ahuillé à Courbeville fut notamment endommagée à la suite d'un glissement de terrain provoqué par un ruisseau en crue. Bien que relativement proche de l'enveloppe d'inondation de la crue, l'église et la mairie de Changé ont été épargnées. Il en est de même pour le stade. En revanche, la station d'épuration de Laval a été fortement impactée. D'un point de vue environnemental, 79 cas de pollutions par hydrocarbures ont été recensés comme en témoigne l'extrait de journal fournit ci-après.

⁹ Ouest-France, 2018. Inondations en Mayenne. Retour sur les principales crues depuis 1966.

Jeudi 2 février 1995

DEPARTEMENT

La décrue est bien engagée

La vie reprend son cours

Depuis lundi, les cours d'eau sont en dessous de leur cote d'alerte. Et même si certaines routes étaient encore coupées en début de semaine, en Mayenne la vie reprend son cours ... tout comme les rivières

Certes, la Mayenne a été relativement épargnée par les inondations comparée aux départements voisins que sont la Sarthe, l'Ille et Vilaine et le Maine-et-Loire. Pour autant, ces intempéries n'ont pas manqué de perturber la vie de nombreuses familles. Et que dire de l'activité des entreprises.

500 moteurs démontés chez TDV

A Laval, au bord de la Mayenne sur la route de l'Huisserie, l'entreprise de textile TDV a dû mettre au chômage technique 180 de ses 210 employés. C'est l'atelier de teinture qui a été le premier inondé. Les produits chimiques de l'atelier ont été évacués pour éviter toute pollution de la rivière. Puis, les infiltrations se sont propagées aux ateliers de tissage et de filature. Vendredi, devant la poursuite de la crue, le personnel d'entretien et d'encadrement de l'usine s'est mobilisé. Quelque 500 moteurs de machines et armoires électriques ont été débranchés et mis hors de portée de l'eau. Au cours de cette même journée, il a fallu surélever 4000 pots contenant des matières premières. Et le soir, les responsables de l'entreprise s'apprétaient à passer un week-end difficile. Mais la décrue engagée dans la journée de dimanche a permis de reprendre le travail dès lundi matin. Certes l'outil industriel ne pouvait pas fonctionner à plein régime, seuls les ateliers de filature et de tissage ont pu redémarrer après un nettoyage effectué dans la nuit de dimanche. Selon Bernard Coisne, l'un des gérants, le préjudice pourrait dépasser le million de francs. "Au delà des dégâts, nous avons dû engager des frais comme l'achat de par-



Vendredi après-midi, les machines de l'usine TDV baignaient dans l'eau. Il a fallu démonter quelques 500 moteurs.

paings et de palettes par centaines". Bien que rassuré par la météo et les services de secours avec lesquels la direction de TDV a été en contact pendant toute la durée des inondations, lundi Bernard Coisne restait sur le qui-vive.

Chômage technique

Egalement touchée, l'usine de découpe de granit située plus en aval, Rocamat, a aussi eu recours au chômage technique pour ses 33 salariés. De nombreux moteurs de machines sont aujourd'hui hors d'usage et certains dallages ont été souillés par de l'huile. "On a nettoyé toute la matinée de lundi mais on ne recommencera à travailler correctement que mercredi matin". Au siège administratif de

Besnier, 100 personnes ont dû être évacuées. Elles ont réintégré leurs bureaux lundi matin et découvert l'étendue des dégâts.

Aujourd'hui, les entreprises et particuliers sinistrés nettoient et reprennent un semblant de vie normale. Demain, il leur faudra multiplier les démarches pour que les dossiers d'indemnisation aboutissent. Et attendre la déclaration d'état de catastrophe naturelle au journal officiel. Qui a dit que la vie est un long fleuve tranquille ?

JMD

Des centaines de milliers de francs de dégâts

Les premières estimations des dégâts sont impressionnantes. Ainsi, la petite commune de Chailand chiffre les dommages à 900 000 francs. "Mais tous les particuliers n'ont pas déposé leurs dossiers, on pourrait atteindre le million de francs" pense-t-on à la mairie. Il est vrai qu'ici, une vingtaine de personnes ont été évacuées dès le premier week-end d'inondations. Un peu plus loin, à Ernee, on ne trahit pas. La mairie a déjà transmis le dossier au Préfet Bilan : 800 000 francs de dégâts pour 17 dossiers traités. "C'est la minoterie du Château qui est la plus touchée" précisent les services techniques. A Mayenne où une quarantaine de personnes a dû se réfugier dans les étages de leur domicile, la note est moins salée : environ 500 000 francs. Laval et Château-Gontier n'ont pas encore procédé aux premières évaluations qui devraient se chiffrer en millions de francs.



Toujours chez TDV, 4 000 futs contenant du coton ont été surélevés dans la journée de vendredi

Une pluviométrie exceptionnelle

Entre le 17 et le 30 janvier, la pluviométrie a battu tous les records. Au cours de ces treize jours, à Azé il est tombé 106 litres d'eau par mètre carré soit 15 % de la pluviométrie annuelle normale. Et plus l'on remonte vers le nord du département, plus les précipitations ont été importantes. Ainsi, à Laval, on a recensé 144 litres par m² soit 84 % de plus qu'au cours d'un mois

de janvier normal. Il s'agit là de la 6ème plus forte valeur établie en 48 ans. Pré-en-Pail bat tous les records avec 219 litres par m², ce qui correspond à 28% de ce qu'il tombe habituellement au cours de toute une année. Jamais une telle quantité n'avait été recueillie depuis 1948. Le précédent record, 162 mm, datait de 1953.



Mardi matin, cet habitant de Changé nettoyait son garage envahi par une eau boueuse pendant près de huit jours

Fig. 19.

Extrait du journal « Le courrier de la Mayenne »

2. ANALYSE HYDROLOGIQUE

2.1. STATION HYDROMETRIQUE ET DONNEES DISPONIBLES

La DREAL possède un réseau de stations hydrométriques important dont plusieurs sont implantées sur le cours principal de la Mayenne.

Les principales stations en fonctionnement à ce jour sont présentées en Fig. 20 et listés ci-après :

- La Mayenne à Madré (BV = 335 km²),
- La Mayenne à Ambrières-les-Vallées (BV = 828 km²),
- La Mayenne à St-Fraimbault-de-Prières (BV = 1851 km²),
- La Mayenne à l'Huisserie (Bonne) (BV = 2890 km²),
- La Mayenne à Château-Gontier (BV = 3910 km²),
- La Mayenne à Chambellay (BV = 4160 km²),
- La Mayenne à Montreuil-Juigné (BV = 5803 km²),
- L'Ernée à Andouillé (Les Vaugeois) (BV = 375 km²).

En raison de sa localisation et de sa proximité géographique avec le secteur étudié dans le cadre de la révision du PPRI de Changé, Laval et L'Huisserie, **la station de Bonne à l'Huisserie a été retenue** pour réaliser l'analyse hydrologique présentée ci-après.

Cette station dispose de 48 années d'observations (1971-2018). Ces données ont été utilisées pour caractériser l'hydrologie de la Mayenne et pour définir les valeurs des débits de crue suivants :

- Evénements fréquents (période de retour T= 10),
- Evénement de référence (T= 100 ans),
- Evénement exceptionnel (T= 1000 ans).



Fig. 20. Localisation des stations hydrométriques implantées sur la Mayenne

2.2. DEBIT MOYENS MENSUELS ET MODULE

Les débits moyens mensuels et le débit moyen inter-annuel (module) sont présentés dans le tableau et la figure suivants.

Tabl. 7 - Débits moyens mensuels

	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juill.	aout	sept	oct.	nov.	déc.	module
Station hydrométrique à l'Huisserie [Bonne] (m³/s)	64,9	64,7	50,7	33,5	22,6	14,3	8,87	6,34	6,3	13,4	26,3	46,9	29,7

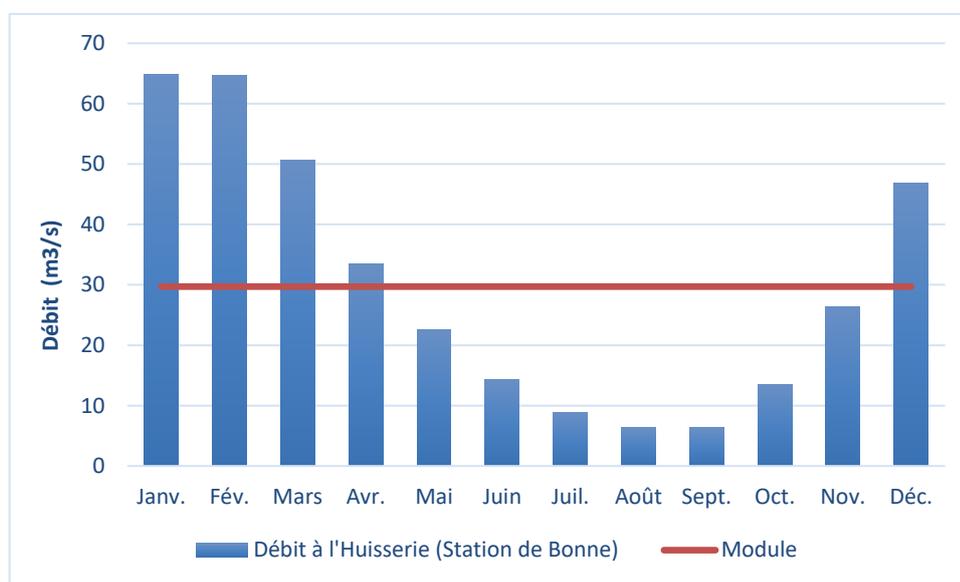


Fig. 21. Graphique présentant les débits moyens mensuels et le module (source : Banque Hydro)

La Fig. 21 montre que le cours d'eau est marqué par quatre périodes hydrologiques distinctes :

- Une période dite de « hautes eaux » qui s'étend des mois de Décembre à Mars, caractérisée principalement par des crues hivernales ;
- La période dite de « basses eaux » qui s'étend des mois de Juillet à Septembre (période estivale) ;
- Deux périodes intermédiaires (Avril à Juin et Octobre à Novembre).

La Mayenne est donc caractérisée par un régime pluvial océanique.

2.3. DEBITS DE CRUE

2.3.1. ESTIMATION DES DEBITS D'ÉVÉNEMENTS FREQUENTS

La disposition 5-3 du Plan de Gestion du Risque Inondation (PGRI) du bassin Loire-Bretagne préconise que les PPR incluent une présentation et une caractérisation d'un événement fréquent (période de retour 10 ans retenue).

Le site de la Banque Hydro fournit d'ores et déjà une estimation des débits caractéristiques instantanés pour plusieurs périodes de retour (2, 5, 10, 20 et 50 ans). Ces valeurs sont calculées sur 48 années d'observations par ajustement à la loi de Gumbel et présentées dans le tableau ci-après avec leur intervalle de confiance associé. Cette loi est couramment utilisée pour l'étude des valeurs « extrêmes » telles que maxima ou minima d'un échantillon de données.

La période d'observation (48 ans) est jugée suffisamment longue pour estimer les débits de crue pour ces périodes de retour par simple traitement statistique, avec un intervalle de confiance qui demeure acceptable.

Tabl. 8 - Débit caractéristique instantané maximal et intervalle de confiance

Fréquence	Débit instantané maximal estimée par Hydratec ¹⁰	Débit instantané maximal (m ³ /s) (Banque Hydro)
Biennale – 2 ans	250 [220 ; 290]	240 [220 ; 260]
Quinquennale – 5 ans	360 [320 ; 440]	330 [310 ; 370]
Décennale – 10 ans	440 [380 ; 540]	400 [360 ; 450]
Vicennale – 20 ans	510 [440 ; 640]	460 [410 ; 530]
Cinquantennale – 50 ans	600 [510 ; 770]	540 [480 ; 630]

On note une diminution du débit instantané maximal pour une période de retour donnée entre les valeurs estimées par Hydratec en 2008 et les données fournies par Banque Hydro en 2018. Cette baisse s'explique probablement par le fait que les données utilisées ont été actualisées (13 années d'observations supplémentaires prises en compte). Les données fournies par la procédure CRUCAL de la Banque Hydro montrent qu'entre 2005 et 2018, la crue la plus importante est survenue en 2013 avec 322 m³/s. Sa période de retour est de l'ordre de 5 ans.

La crue d'occurrence 10 ans est estimée à 400 m³/s à la station hydrométrique de Bonne.

2.3.2. ESTIMATION DE LA CRUE CENTENNALE (ALEA DE REFERENCE)

Selon la circulaire du 24 janvier 1994, l'aléa de référence est déterminé à partir de l'évènement le plus important connu et documenté (plus hautes eaux connues) ou d'un évènement théorique de fréquence centennale, si ce dernier est plus important.

En l'occurrence, la crue centennale n'a jamais été observée sur la Mayenne. En effet, la crue la plus importante observée au droit de l'agglomération de Laval est la crue de la Mayenne survenue en novembre 1974, avec un débit de pointe estimé à 604 m³/s. La période de retour de cette crue a été estimée à 70 ans.

¹⁰ Estimation par ajustements à la loi de Gumbel des débits caractéristiques instantanés à la station hydrométrique de Bonne (période d'observation des débits : 1971-2005) dans le cadre de l'étude de cohérence du bassin de la Maine réalisée par Hydratec en 2008.

Ainsi, lors du premier projet de PPRI en 2003, un évènement théorique d'occurrence centennale avait été retenu comme étant l'aléa de référence. Cet évènement avait été estimé à 670 m³/s (débit de pointe) par la méthode du Gradex.

Dans le cadre du projet de révision du PPRI de Changé, Laval et L'Huisserie, une nouvelle analyse hydrologique a été réalisée afin d'actualiser l'estimation du débit de pointe d'un évènement centennale sur la Mayenne au droit de la station hydrométrique de Bonne. L'analyse a été réalisée à l'aide de 4 méthodes différentes afin de pouvoir comparer les valeurs obtenues. Les 4 méthodes utilisées sont listées et présentées succinctement ci-après :

- **L'Instruction Technique de 1977** : L'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations de 1977 fournit des coefficients permettant d'estimer à partir du débit décennal, les débits de périodes de retour supérieures ou inférieures. D'après l'IT77, le débit centennal est égal à deux fois le débit décennal. Cette méthode, bien que simpliste, permet d'obtenir un ordre de grandeur. Elle est donnée uniquement à titre d'information.
- **Par ajustement statistique de la loi de Gumbel** : Comme pour les évènements fréquents, ce traitement statistique peut être utilisé. Toutefois, la période d'observation ne permet pas de garantir une précision suffisante pour l'estimation de la crue centennale et millénaire, par simple traitement statistique. En effet, l'extrapolation au-delà de deux fois la durée des observations n'est en général pas conseillée.
- **Méthode du Gradex** : Cette méthode, couramment utilisée dans la détermination des débits de fréquence très rare, a été développée par EDF en 1966. Elle repose sur l'hypothèse, selon laquelle pour les évènements rares, la capacité d'infiltration maximale des bassins versants est atteinte et donc que tout accroissement des précipitations se caractérise par un accroissement similaire du ruissellement, donc des débits. Ainsi, à partir d'une certaine période de retour, la loi des débits peut être extrapolée par une droite de même pente que celle de la loi des pluies. L'utilisation de la méthode du Gradex suppose une bonne connaissance de l'hydrosystème étudié, notamment pour définir à partir de quelle période de retour pivot, il est légitime de considérer que le sol est saturé.
- **Méthode SPEED** : La méthode Speed "Système Probabiliste d'Etudes par Evénements Discrets", a été développée par SOGREAH à partir de 1976. Cette méthode reprend les hypothèses de la méthode du Gradex : les pluies sont représentées par une loi de Gumbel et le coefficient d'écoulement marginal est égal à 1 lorsque le bassin versant est saturé. Elle utilise la théorie de l'hydrogramme unitaire.

Les valeurs obtenues avec chaque méthode pour le débit de pointe de la crue centennale sont présentées dans le tableau ci-après :

Tabl. 9 - Estimation du débit de pointe d'une crue centennale

Méthode	Débit de pointe $Q_{100 \text{ ans}}$
Valeur PPRI (1^{ère} version) (Arrêté du 29/10/2003) - Gradex	670
Etude de cohérence du bassin de la Maine – Synthèse (Hydratec, 2008) - Gradex	770
IT 1977	800
Gumbel	603
Gradex	705
SPEED	722

Une différence notable est constatée entre les valeurs obtenues, excepté la méthode du Gradex et de la méthode SPEED qui donnent des résultats similaires.

Comme énoncé précédemment, l'Instruction Technique de 1977 est méthode simpliste et est donné à titre d'information. La méthode par ajustement de la loi de Gumbel a également été écartée. En effet, les données disponibles ne permettent pas de garantir une précision suffisante pour estimer les débits centennaux par traitement statistique. Ainsi, les valeurs obtenues par le Gradex et la méthode SPEED ont été moyennées.

La crue centennale (événement de référence) est par conséquent estimée à 710 m³/s.

Une différence de 40 m³/s est constatée avec la valeur arrêtée en 2003. Cette différence s'explique et se justifie de la manière suivante :

- La valeur obtenue est comprise entre les deux autres valeurs précédemment estimées ;
- La station hydrométrique de Bonne offre aujourd'hui 18 années d'observations supplémentaires. Pour rappel, l'incertitude d'une mesure de débit est de l'ordre de 10 %. Or, la différence de 40 m³/s constatée par rapport à la valeur arrêtée en 2003 constitue une hausse de seulement 5,5 %. L'incidence hydraulique (rehaussement de la ligne d'eau) résultant de cette hausse sera limitée pour un cours d'eau large comme la Mayenne.
- La courbe de tarage de la station peut avoir fait l'objet d'une mise à jour ;
- Les données d'entrée utilisées (gradex des pluies, gradex des débits, ...) ont également évolué au cours de ses 18 années d'observations supplémentaires. Le gradex des pluies intègre dans une certaine mesure le réchauffement climatique actuel ;
- L'occupation des sols a également évolué entre 2003 et 2018. En effet, la surface imperméabilisée a augmenté suite au développement urbain. Ainsi, pour un événement pluvieux donné, le volume d'eau ruisselé est plus important ;
- Les différentes méthodes de calcul utilisées pour estimer le débit de la crue centennale sont basées sur des valeurs de débits de période de retour inférieures (exemple : débit instantané maximal de période de retour allant de 2 à 50 ans). Ces dernières sont obtenues par traitement statistique. Comme le montre le tableau 8 du chapitre 2.3.1, l'intervalle de confiance, et par conséquent l'incertitude, augmente avec la période de retour de

l'événement hydrologique. A titre d'exemple, l'intervalle de confiance sur le débit de pointe d'une crue ayant une période de retour de 50 ans est compris entre 60 et 90 m³/s. L'intervalle de confiance est donc encore plus important pour une période de retour 100 ans et 1000 ans. Par conséquent, la différence de 40 m³/s obtenue entre la valeur arrêtée en 2003 et la nouvelle estimation demeure inférieure au domaine d'incertitude lié à l'estimation d'un tel événement hydrologique (Q100 ans).

2.3.3. ESTIMATION DE LA CRUE MILLENALE (EVENEMENT EXCEPTIONNEL)

La disposition 5-3 du Plan de Gestion du Risque Inondation (PGRI) du bassin Loire-Bretagne préconise que les PPR incluent une présentation et une caractérisation d'un événement exceptionnel (période de retour de l'ordre de 1000 ans).

La crue millénaire (T= 1 000 ans) est un événement hydrologique exceptionnel qui ne peut pas être estimée par analyse statistique. En effet, la durée d'observations (48 ans) ne permet pas de garantir une précision suffisante pour cette occurrence.

La crue millénaire à la station hydrométrique de Bonne est estimée à environ 1 070 m³/s par la méthode du Gradex.

SECTION 4

QUALIFICATION ET CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

1. MODELISATION HYDRAULIQUE

1.1. PRESENTATION DU LOGICIEL UTILISE

Le logiciel HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), développé au Hydrologic Engineering Center du US Army Corps of Engineers, est un outil conçu pour réaliser des calculs hydrauliques unidimensionnels (1D) et bidimensionnels (2D) pour des réseaux complexes de cours d'eau naturels et de canaux. Ce logiciel dispose notamment d'un module relativement complet, ce qui permet de représenter précisément la quasi-totalité des ouvrages pouvant être rencontrés en rivière.

HEC-RAS fonctionne sous Windows et bénéficie donc des avantages de cet environnement.

1.2. CONSTRUCTION DU MODELE HYDRAULIQUE

1.2.1. STRUCTURE ET CARACTERISTIQUES DU MODELE

En 2003, les modélisations hydrauliques ayant été utilisées pour caractériser l'aléa avaient été réalisées sur le logiciel HEC-RAS à l'aide d'un modèle 1D. Pour la révision du PPRI, un modèle hydraulique 2D a été construit afin d'accroître la précision des résultats, notamment concernant les écoulements en lit majeur.

En effet, un modèle 1D représente le cours d'eau étudié à l'aide d'une succession de profils en travers. Le terrain est alors interpolé entre chaque section et les écoulements sont supposés unidirectionnels. Or, cette hypothèse est contestable en lit majeur, notamment en milieu urbain, où les bâtis et les voiries constituent respectivement des freins et des axes principaux pour les écoulements.

Un modèle hydraulique 2D permet de palier à ce problème. En effet, la zone d'étude est couverte par un maillage composé de mailles de taille variable, ce qui permet de valoriser la totalité de l'information fourni par le LIDAR et de spatialiser finement la rugosité en fonction de l'occupation des sols. Il permet également d'améliorer la précision concernant le calcul des vitesses d'écoulements.

1.2.1.1. CORRECTION DU MNT LIDAR

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) construit à partir des données LIDAR est erroné en lit mineur car les faisceaux laser ne permettent pas encore à cette technologie de traverser le milieu aqueux.

Le lit mineur de la Mayenne du MNT a donc été préalablement corrigé à l'aide des différents profils topographiques existants, en utilisant le module d'interpolation d'HEC-RAS. La Fig. 22 présente une comparaison avant/après correction du lit mineur.

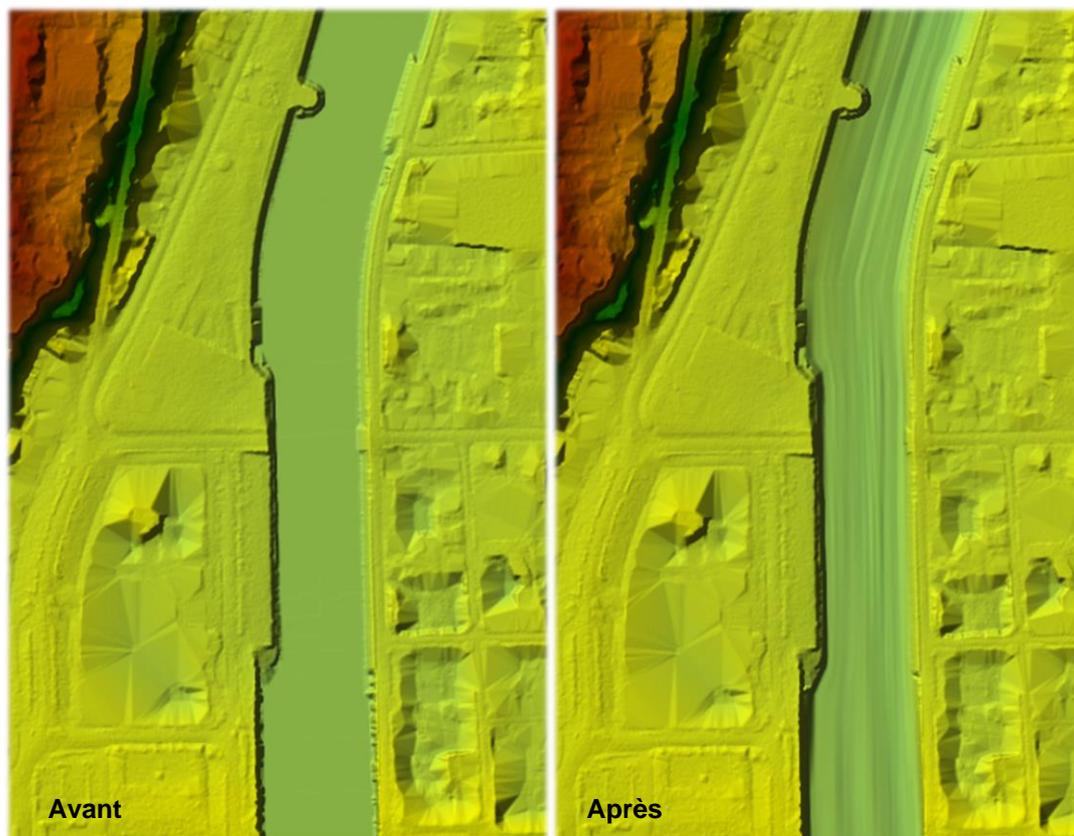


Fig. 22. *Lit de la Mayenne avant et après correction du MNT LIDAR*

1.2.1.2. DEFINITION DU MAILLAGE

Le maillage généré par HEC-RAS est constitué de mailles polygonales qui se comportent comme un ensemble de casiers liés par leurs faces respectives. Le logiciel permet d'éditer un maillage présentant des mailles de taille variable. Le maillage utilisé dans le modèle présente les caractéristiques suivantes :

- Le maillage de base présente une résolution de 10 m par 10 m ;
- Au sein du maillage de base, une zone d'affinement a été créée avec une résolution de 2 m par 2 m. Cette zone permet d'augmenter le nombre de points de calcul et d'accroître la précision du modèle sur les zones à enjeux. Ainsi, cet espace concerne essentiellement le lit de la Mayenne et les zones à enjeux susceptibles d'être inondées (centre-ville, zones d'habitations, ...).

Le maillage utilisé pour simuler les différents événements hydrologiques est constitué de 384 000 mailles (Fig. 23).

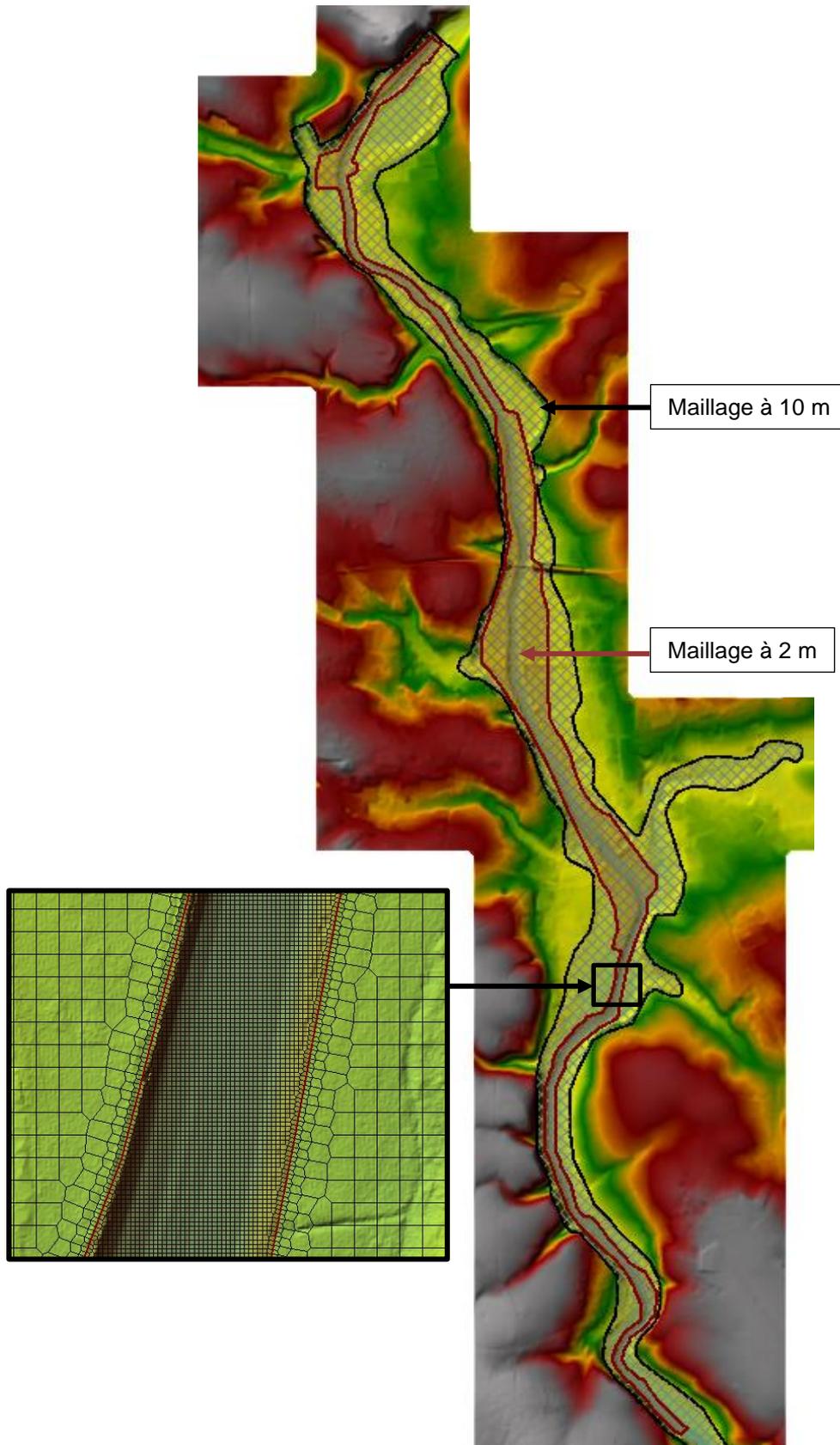


Fig. 23. Enveloppe et maillage 2D du modèle hydraulique

1.2.1.3. REPRESENTATION DES OUVRAGES

Afin de représenter de manière précise les différents ouvrages présents sur le cours de la Mayenne, une collecte exhaustive des données et documents disponibles (plans, levés topographiques, etc.) relatifs à ces derniers a été menée.

Les ouvrages d'art et les ouvrages hydrauliques ont été représentés à l'aide de connexions 1D, directement intégré au maillage. Au sein de ces connexions, les caractéristiques géométriques des différents ouvrages y sont renseignées (longueur, forme des piles, dimensions des ouvertures, tabliers des ponts, ...).

Pour chaque ouvrage, des paramètres (coefficient de rugosité, coefficient de débit, coefficient de pertes de charge, ...) sont renseignés et ajustés par la suite afin de caler le modèle hydraulique.

Pour l'ensemble des simulations réalisées, les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Absence d'embâcles ;
- Les vannes des barrages sont abaissées. La cote de surverse des vannes est alors égale à la cote de déversement du seuil associé.

1.2.1.4. RUGOSITE

Une spatialisation de la rugosité a été réalisée au sein de l'enveloppe de modélisation 2D (Fig. 24). La rugosité a été décomposée en six catégories différentes en fonction de la nature de l'occupation des sols. Une valeur de Manning « n » a ensuite été attribuée à chaque catégorie pour représenter le « frottement » lié au type d'occupation du sol. Plus le substrat est rugueux, plus le coefficient de Manning est élevé.

Ainsi, les catégories et les valeurs retenues sont :

- Bâti : 1 ;
- Boisement : 0,07 ;
- Plan d'eau : 0,01 ;
- Prairie : 0,04 ;
- Rivière : de 0,03 à 0,04 ;
- Tissu urbain et infrastructures routières : 0,02.

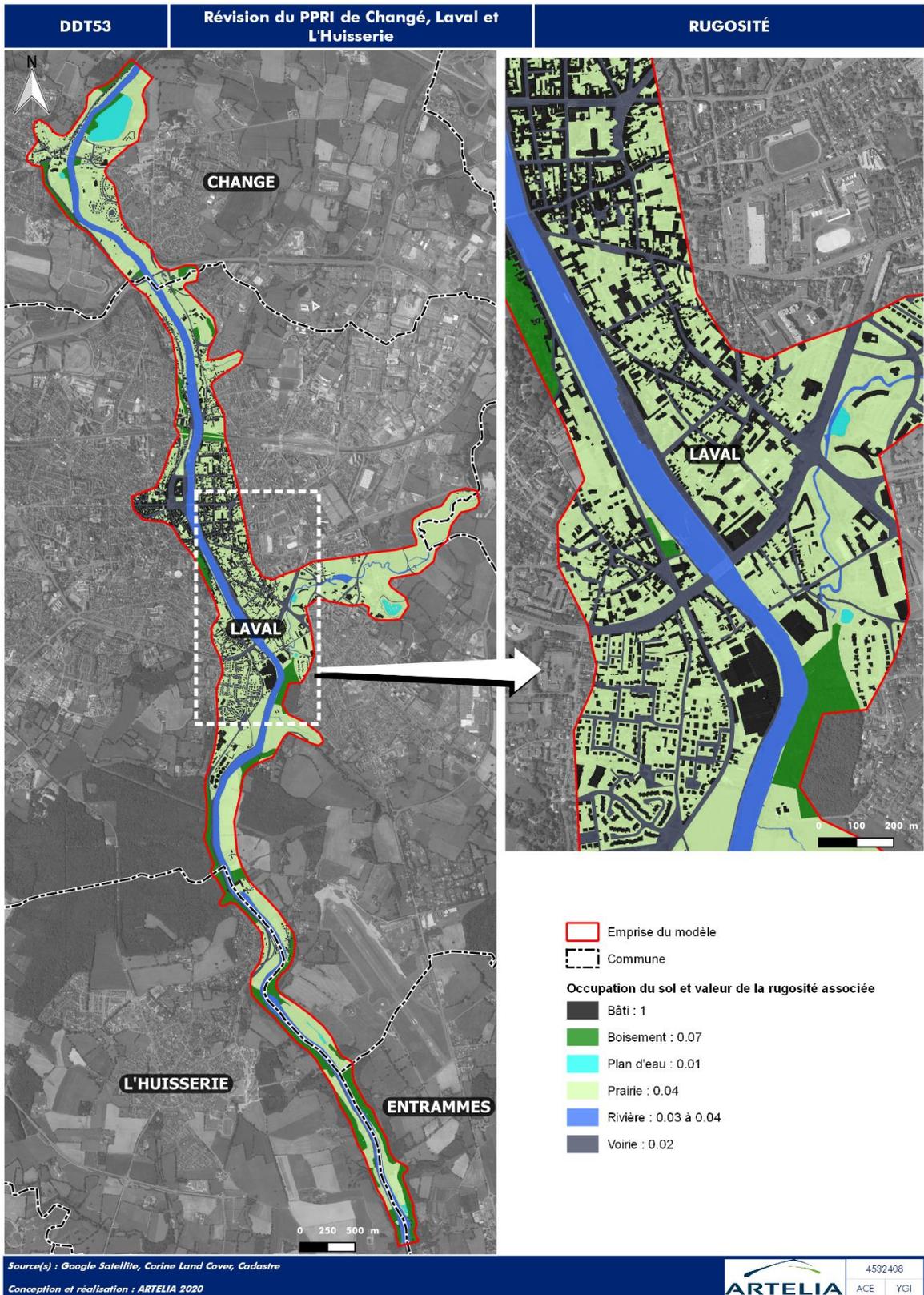


Fig. 24. Spatialisation de la rugosité

1.2.2. CONDITIONS AUX LIMITES

Le modèle hydraulique 2D construit présente deux frontières « liquides » distinctes. Les frontières « liquides » correspondent aux frontières du maillage où l'eau peut entrer (injection de débit) ou sortir du modèle. Ces frontières sont appelées des conditions aux limites.

Le modèle 2D construit dans le cadre de cette étude comprend :

- Une condition amont correspondant au point d'injection du débit dans la Mayenne. Un hydrogramme constant (valeur de débit constante dans le temps) propre à l'évènement hydrologique simulé est utilisé. Les débits utilisés correspondent aux débits de pointe des crues historiques et des débits calculés au chapitre 2.3.
- Une hauteur normale (pente de 0,0005 m/m) est imposée en aval immédiat du barrage de Bonne comme condition aval. Bien que la limite aval du périmètre arrêté se situe en aval du clos de Sainte Croix, sur la commune de L'Huisserie, le modèle hydraulique a été étendu jusqu'en aval du barrage de Bonne afin d'intégrer son influence sur les écoulements en amont (remous hydraulique).

Pour rappel, les apports du ruisseau de Saint-Nicolas, en rive gauche de la Mayenne, ne sont pas pris en compte.

1.3. CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE

Comme pour tout modèle numérique, un calage a été mené. Le calage consiste à améliorer progressivement la représentativité du modèle hydraulique par la simulation d'évènements connus.

Les principaux paramètres permettant de caler un modèle hydraulique sont :

- La rugosité du terrain (coefficient de Manning sous HEC-RAS), dépendante de l'occupation ou de l'état de surface des sols ;
- Les coefficients de débit et de pertes de charge au droit des ouvrages.

L'ajustement de ces paramètres de calage est effectué par comparaison des enveloppes d'inondations et/ou des niveaux d'eau calculés par le modèle avec :

- Des niveaux d'eau levés lors de la campagne topographique de 2018 ;
- Des laisses de crues recensées pour les différentes crues historiques.

Selon l'évènement hydrologique considéré, la rugosité moyenne du terrain, et plus particulièrement dans le lit mineur, peut varier selon le niveau d'eau. Les pertes de charge singulières peuvent également varier selon le débit considéré.

Ainsi, pour s'assurer de la robustesse du modèle hydraulique, et ce quel que soit l'évènement hydrologique simulé, deux calages différents ont été réalisés :

- Calage sur un évènement hydrologique non débordant ;
- Calage sur un évènement hydrologique débordant.

Pour chaque évènement de calage considéré, les conditions aux limites amont et aval à imposer au modèle seront déduites des données hydrauliques collectées (valeur de débit, pente de la ligne d'énergie, ...).

1.3.1. CALAGE SUR UN EVENEMENT HYDROLOGIQUE NON DEBORDANT

Au cours de la campagne topographique réalisée en 2018, des niveaux d'eau ont été levés sur l'ensemble du linéaire de la Mayenne couvert par le PPRI et utilisés pour caler le modèle hydraulique sur un évènement non débordant. Le débit moyen de la Mayenne durant la campagne topographique était de 40 m³/s d'après le site vigicrues.fr. Cette valeur de débit a été imposée comme condition amont.

Le tableau ci-dessous présente les écarts entre les niveaux d'eau simulés par le modèle et les niveaux d'eau levés lors de la campagne topographique. La Fig. 25 présente la ligne d'eau obtenue.

Tabl. 10 - Ecart entre les niveaux d'eau simulés et levés lors de la campagne topographique de 2018

Distance curviligne (m)	Niveau d'eau levé (m NGF)	Niveau d'eau simulé (m NGF)	Ecart (m)
2	47	46,99	-0,01
1097	46,98	46,96	-0,02
2255	46,97	46,94	-0,03
3094	46,96	46,93	-0,03
3864	45,91	45,95	0,04
4384	45,9	45,94	0,04
4645	45,89	45,92	0,03
5190	44,29	44,29	-
5806	44,27	44,29	0,02
6312	43,37	43,4	0,03
7004	43,34	43,38	0,04
8017	43,32	43,37	0,05
9231	41,83	41,88	0,05
10245	41,8	41,86	0,06
11055	41,78	41,84	0,06
12165	41,76	41,83	0,07

Les écarts entre les niveaux d'eau levés et simulés varient entre 0 et 7 cm, avec un écart moyen de l'ordre de +2,5 cm. En général, un calage est acceptable lorsque l'écart moyen est inférieur ou égal à 5 cm pour un évènement hydrologique non débordant. Au regard des faibles écarts observés, le modèle hydraulique représente parfaitement l'évènement hydrologique non débordant simulé.

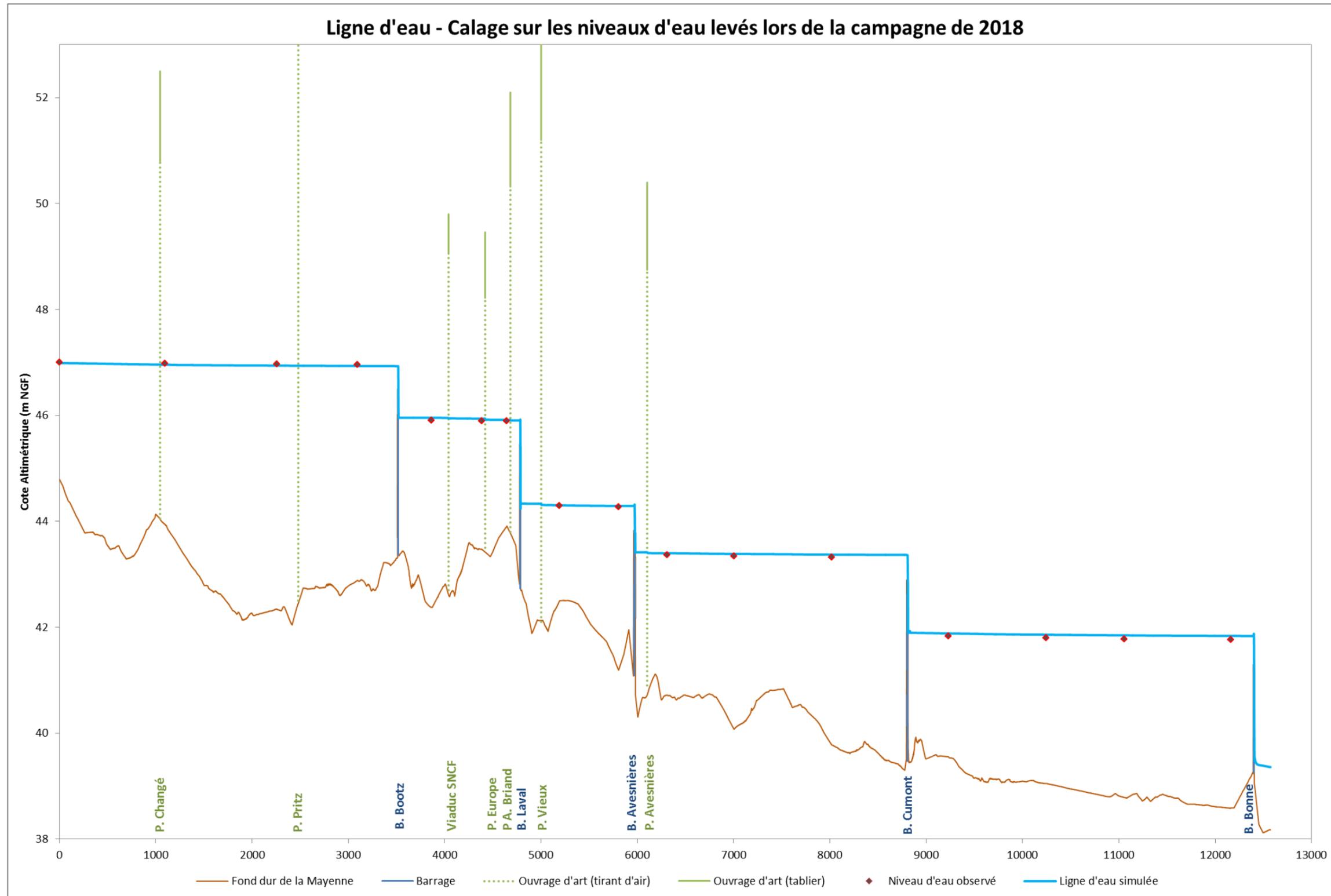


Fig. 25. Ligne d'eau obtenue pour le calage du modèle sur les niveaux d'eau observés lors de la campagne topographique

1.3.2. CALAGE SUR UN EVENEMENT HYDROLOGIQUE DEBORDANT (CRUE DE 1974)

Le modèle hydraulique a ensuite été calé à l'aide de la crue historique de 1974 qui est la plus importante connue à ce jour et la plus documentée, notamment en termes de laisses de crues. Lors de cette crue, le pont de Pritz et la passerelle adossée au viaduc SNCF n'existaient pas. Ils n'ont donc pas été intégrés à la géométrie du modèle.

Le tableau ci-dessous présente les écarts entre les niveaux d'eau simulés par le modèle et les laisses de crues recensées pour la crue historique de 1974. La Fig. 26 présente la ligne d'eau obtenue en 2003 et en 2018.

Tabl. 11 - Ecart entre les niveaux d'eau observés et simulés pour la crue de 1974

Distance curviligne (m)	Niveau d'eau observé (m NGF)	Niveau d'eau simulé (m NGF)	Ecart (m)
327	50,01	50,30	0,29
430	50,26	50,28	0,02
458	50,18	50,28	0,10
945	50,12	50,13	0,01
1044	50,16	50,00	-0,16
2660	49,31	49,32	0,01
2972	49,2	49,23	0,02
3077	49,27	49,19	-0,09
3385	48,87	49,07	0,20
3598	48,79	48,73	-0,06
3817	48,74	48,69	-0,05
3840	48,53	48,68	0,15
3876	48,66	48,67	0,01
3921	48,83	48,66	-0,17
3945	48,65	48,66	0,01
4210	48,41	48,57	0,16
4285	48,51	48,53	0,02
4874	47,81	47,77	-0,04
4930	47,59	47,75	0,16
5372	47,63	47,40	-0,23
5449	47,24	47,38	0,14
6145	47,14	47,09	-0,05
6266	46,91	47,04	0,13
6370	46,97	46,99	0,02
6378	46,91	46,99	0,08
6901	46,63	46,74	0,11
7020	46,74	46,71	-0,03
8747	45,91	46,02	0,11
9385	45,58	45,61	0,02
9386	45,67	45,60	-0,07
9498	45,47	45,54	0,07

Les écarts entre les niveaux d'eau levés et simulés varient entre 1 et 29 cm, avec un écart moyen de l'ordre de -3 cm. En général, un calage sur une crue historique est acceptable lorsque les écarts n'excèdent pas 20 à 30 cm car :

- Ces évènements historiques sont généralement peu documentés (laisses de crues peu nombreuses et souvent imprécises, présence d'embâcles, gestion des ouvrages, ...) ;
- L'occupation des sols a évolué (urbanisation, protection contre les inondations, ...).

Par conséquent, le modèle hydraulique simule de manière précise la crue historique de 1974 au regard des faibles écarts obtenus.

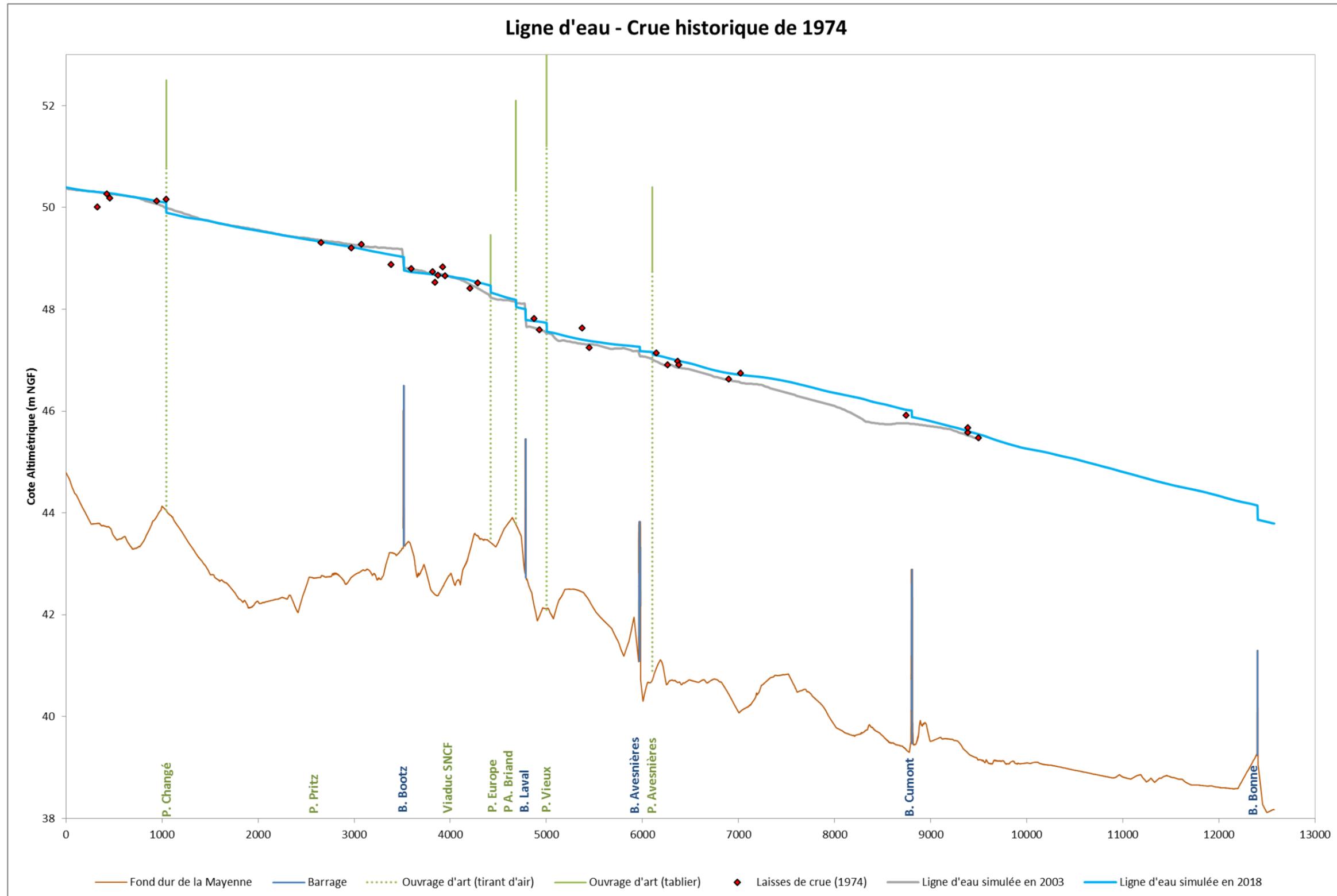


Fig. 26. Ligne d'eau simulée pour la crue de 1974

1.4. VALIDATION DU MODELE HYDRAULIQUE

Afin de juger de la robustesse du modèle hydraulique, une phase de validation a été réalisée. La phase de validation consiste à simuler un ou plusieurs autres événements hydrologiques connus sans modifier les paramètres utilisés lors de la phase de calage.

La phase de validation a été effectuée sur les crues historiques de 1966 et de 1995.

1.4.1. SUR LA CRUE HISTORIQUE DE 1966

Lors de cette crue, le pont de Pritz, la passerelle adossée au viaduc SNCF ainsi que le pont de l'Europe n'existaient pas. Ils n'ont donc pas été intégrés à la géométrie du modèle.

Le tableau ci-dessous présente les écarts entre les niveaux d'eau simulés par le modèle et les laisses de crues recensées pour la crue historique de 1966. La Fig. 27 présente la ligne d'eau obtenue en 2003 et en 2018.

Tabl. 12 - Ecart entre les niveaux d'eau observés et simulés pour la crue de 1966

Distance curviligne (m)	Niveau d'eau observé (m NGF)	Niveau d'eau simulé (m NGF)	Ecart (m)
327	49,81	49,96	0,15
458	49,77	49,94	0,17
2660	49,11	49,05	-0,06
2890	49,25	48,98	-0,27
2972	49,01	48,96	-0,05
3551	48,47	48,37	-0,1
3598	48,37	48,35	-0,02
3876	48,42	48,29	-0,13
3988	48,21	48,26	0,05
4210	48,12	48,16	0,04
4285	47,99	48,11	0,12
4758	47,68	47,71	0,03
4834	47,39	47,43	0,04
5918	46,96	46,91	-0,05
6007	46,8	46,8	-
6145	46,76	46,72	-0,04
6378	46,62	46,62	-
6772	46,37	46,43	0,06
7020	46,37	46,34	-0,03
8745	45,68	45,67	-0,01

Les écarts entre les niveaux d'eau levés et simulés varient entre 0 et 27 cm, avec un écart moyen de l'ordre de -0,5 cm. Par conséquent, le modèle hydraulique simule de manière précise la crue historique de 1966 au regard des faibles écarts obtenus.

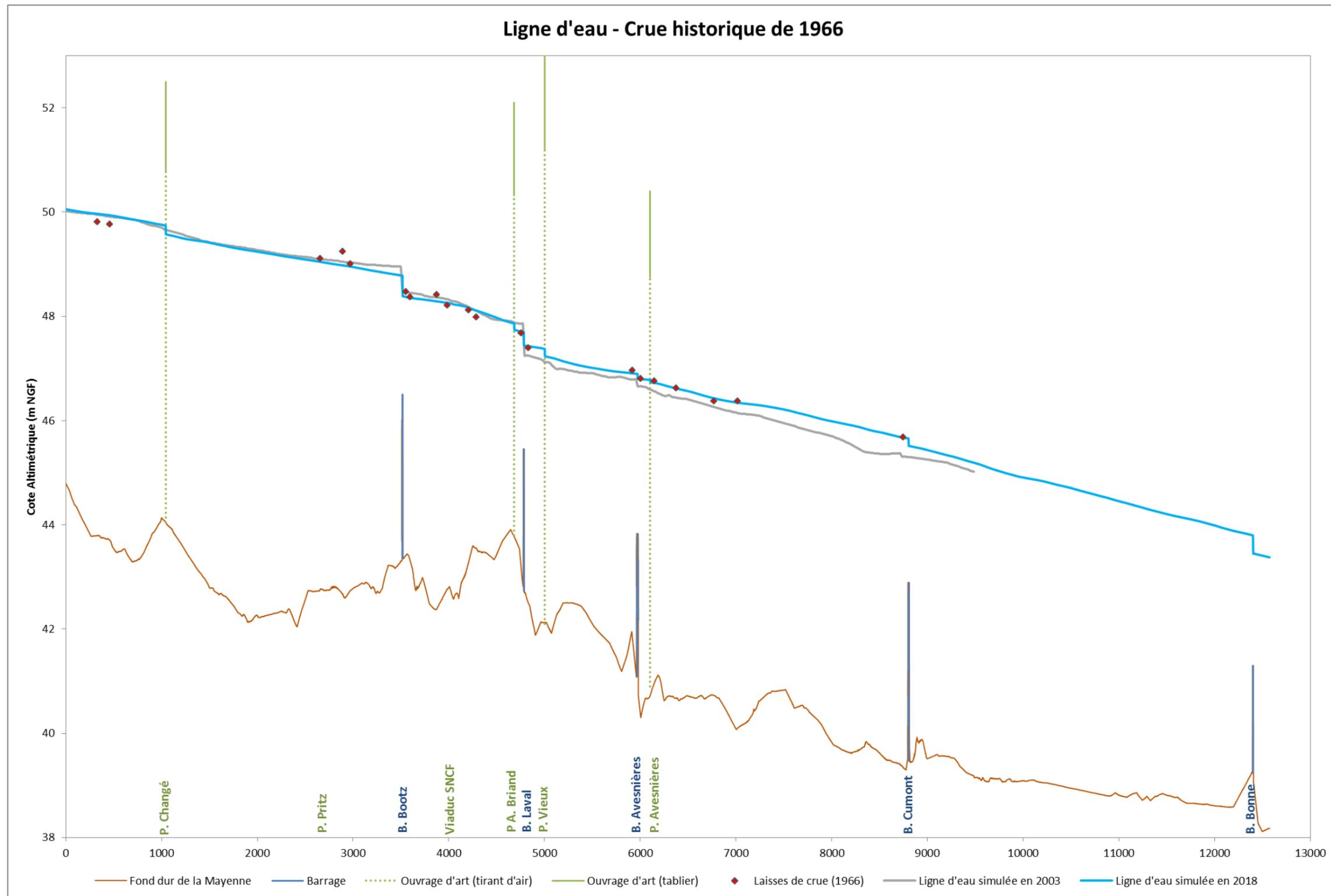


Fig. 27. Ligne d'eau simulée pour la crue de 1966

1.4.2. SUR LA CRUE HISTORIQUE DE 1995

Lors de cette crue, seul le pont de Pritz n'existait pas. Il n'a donc pas été intégré à la géométrie du modèle.

Le tableau ci-après présente les écarts entre les niveaux d'eau simulés par le modèle et les laisses de crues recensées pour la crue historique de 1995. La Fig. 28 présente la ligne d'eau obtenue en 2003 et en 2018.

Tabl. 13 - Ecarts entre les niveaux d'eau observés et simulés pour la crue de 1995

Distance curviligne (m)	Niveau d'eau observé (m NGF)	Niveau d'eau simulé (m NGF)	Ecart (m)
3510	48,57	48,83	-
4780	47,81	47,75	-0,06
5922	46,81	46,82	0,01
8745	45,7	45,65	-0,05

Les écarts entre les niveaux d'eau levés et simulés varient entre 0 et 6 cm, avec un écart moyen de -2,5 cm. Au regard des faibles écarts observés, le modèle hydraulique simule parfaitement la crue historique de 1995.

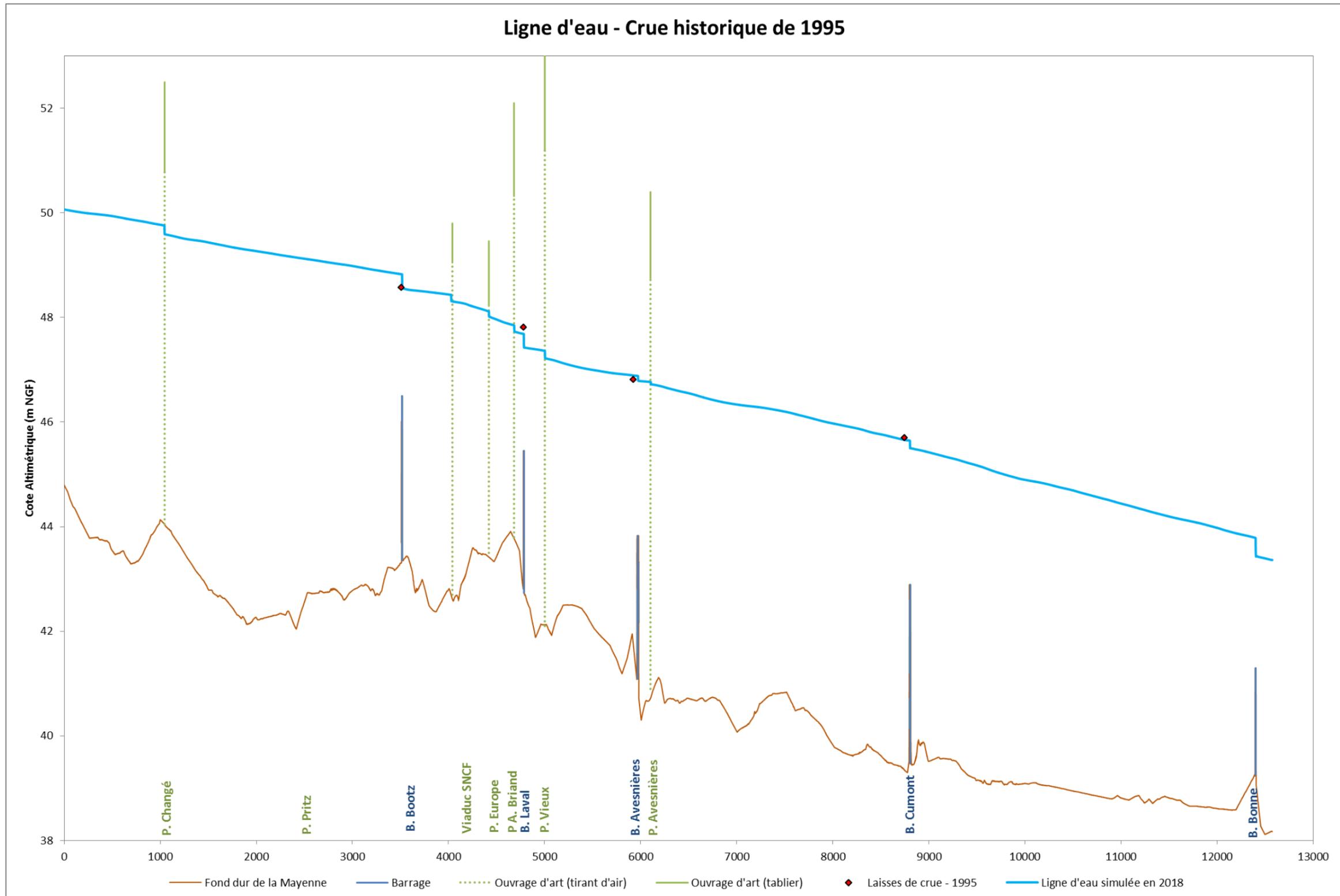


Fig. 28. Ligne d'eau simulée pour la crue de 1995

1.5. SYNTHÈSE DES PHASES DE CALAGE ET DE VALIDATION DU MODÈLE

Les résultats des phases de calage et de validation ont permis de montrer que le modèle hydraulique représente avec précision les différentes crues historiques de la Mayenne. Le modèle simule parfaitement la crue historique de 1995 qui est la plus récente.

Toutefois, quelques différences ont été recensées pour les crues de 1966 et 1974. Ces dernières peuvent avoir les origines suivantes :

- Les événements historiques sont généralement peu documentés (laisses de crues peu nombreuses et souvent imprécises, absence d'information concernant la présence d'embâcles éventuels, gestion des ouvrages, ...)
- L'occupation des sols a fortement évolué depuis les années 1960 (urbanisation, ouvrage de protection contre les inondations, création d'ouvrages d'art, remblaiement, etc.)
- Le lit de la Mayenne peut avoir évolué au sein de son fuseau de mobilité.

Au regard des résultats obtenus, il est possible de conclure sur le fait que le modèle hydraulique est calé et qu'il est représentatif de la réalité. Il peut donc être utilisé pour simuler l'aléa de référence.

1.6. MODELISATION DE LA CRUE CENTENNALE (ALEA DE REFERENCE)

La Fig. 29 présente la ligne d'eau obtenue en 2003 et en 2018 pour la crue centennale. Pour rappel, il existe une différence de 40 m³/s entre la valeur arrêtée en 2003 (670 m³/s) et celle de 2018 (710 m³/s). Pour l'évènement simulé, les résultats de la modélisation hydraulique permettent de conclure que la passerelle adossée au viaduc SNCF et le pont de l'Europe sont en charge (niveau d'eau ayant atteint ou dépassé le bas du tablier de l'ouvrage d'art).

En Annexe 5, un atlas cartographique compare l'enveloppe d'inondation obtenue en 2003 (PPRi – 1^{ère} version) et en 2018 (PPRi révisé) afin d'apprécier aisément l'évolution de cette dernière. Cet atlas révèle les différences suivantes :

- L'enveloppe simulée en 2018 est localement plus étendue ou restreinte en amont du pont de Pritz que l'enveloppe obtenue en 2003. Ces différences sont probablement liées à la précision du modèle hydraulique et des données d'entrées. En effet, le modèle 2D permet, grâce à la précision du Lidar, de représenter finement les écoulements et les obstacles en lit majeur contrairement au modèle 1D utilisé en 2003.
- Sur la commune de Laval, les deux enveloppes sont relativement similaires à l'exception des inondations observées en rive gauche de la Mayenne. En effet, les inondations du quai Paul Baudet sont représentées en 2003 comme étant issues du débordement de la Mayenne. Sur la nouvelle cartographie, ce secteur est inclus au sein d'une enveloppe isolée et déconnectée de l'enveloppe principale. En effet, il s'agit d'un secteur qui est inondé uniquement par remontée de l'eau dans les réseaux ou par le sol, et non via un débordement direct de la Mayenne.

Le tableau suivant présente la superficie des zones inondables par commune pour l'évènement centennale. La commune la plus impactée est la commune de Laval avec environ 3,6% de son territoire qui se situe en zone inondable.

Tabl. 14 - Superficie des zones inondables par commune pour la crue centennale

Commune	Superficie de la commune (en hectares)	Superficie des zones inondables (en hectares)	Zones inondables (% du territoire communal)
Changé	3569	52	1,45
Laval	3426	122	3,56
L'Huisserie	1511	9	0,61

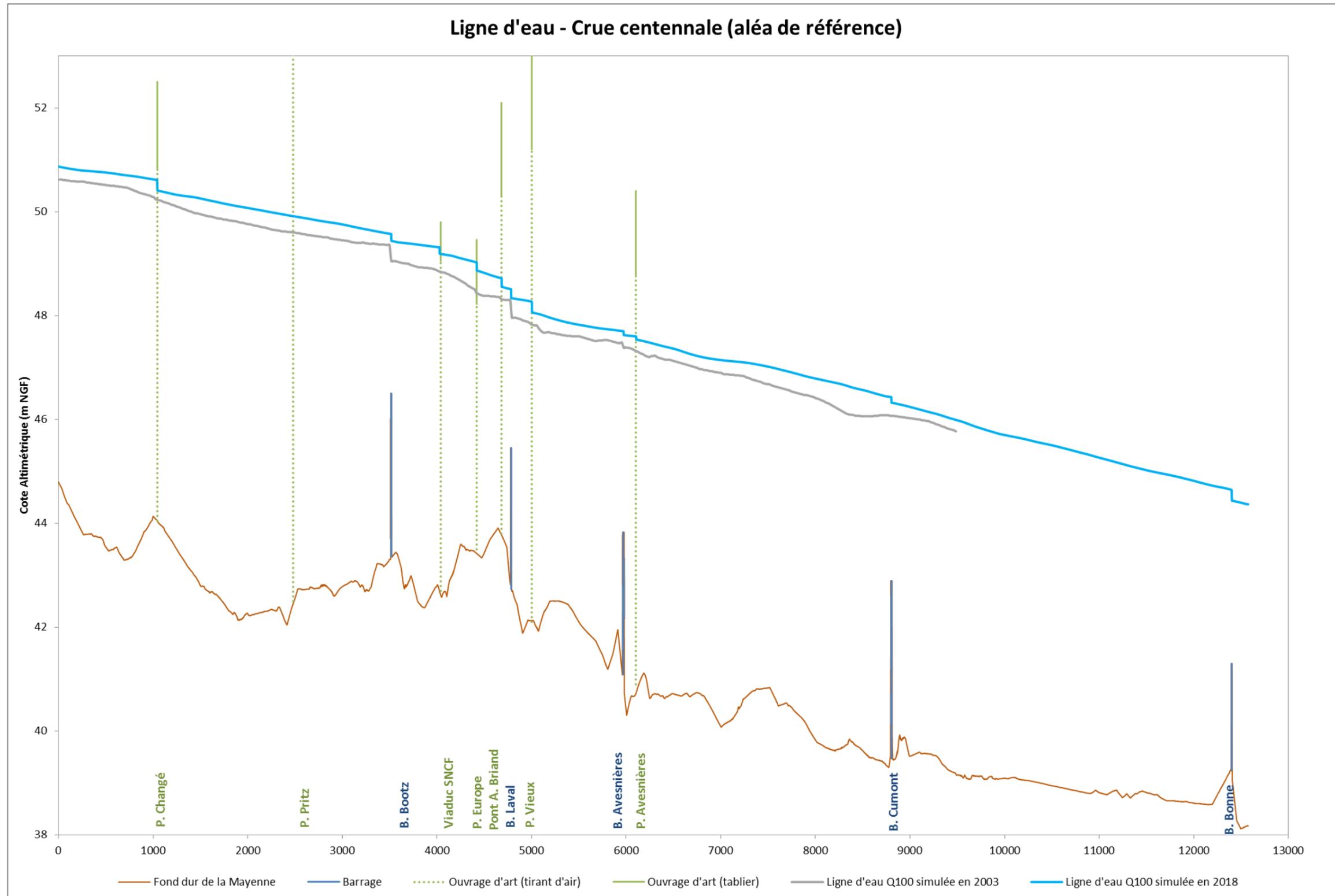


Fig. 29. Ligne d'eau simulée pour la crue centennale (aléa de référence)

1.7. MODELISATION DE LA CRUE DECENNALE (EVENEMENT FREQUENT)

Une crue d'occurrence décennale est un évènement hydrologique pouvant être qualifié de « fréquent ». En effet, un tel évènement à une probabilité de 1/10 de se produire chaque année.

La disposition 5-3 du PGRI du bassin Loire-Bretagne préconise d'inclure au dossier du PPRI, une présentation et une caractérisation de cet évènement sous la forme d'un atlas cartographique des zones inondables.

Ce document n'a aucune valeur réglementaire. Toutefois, il permet d'améliorer la connaissance de l'aléa d'un tel évènement et de mettre en œuvre sur le territoire des mesures en vue de réduire le risque « inondation ».

La Fig. 30 présente la ligne d'eau obtenue par modélisation hydraulique pour une crue théorique d'occurrence décennale (débit constant de 400 m³/s). L'atlas cartographique des zones inondables pour la crue décennale est fourni en Annexe 6.

Pour un tel évènement, les débordements de la Mayenne sont observés essentiellement :

- Sur des zones d'expansion des crues (plan d'eau du Port, parcs, espaces non urbanisés, ...),
- En aval du Pont d'Avesnières, sur le secteur de confluence avec le ruisseau du Saint-Nicolas,

En revanche, aucun débordement de la Mayenne n'est observé dans la traversée du centre-ville de Laval. Pour l'évènement simulé, les résultats de la modélisation hydraulique montrent également qu'aucun ouvrage d'art n'est en charge (le niveau d'eau n'a pas encore atteint le bas du tablier des ouvrages d'art).

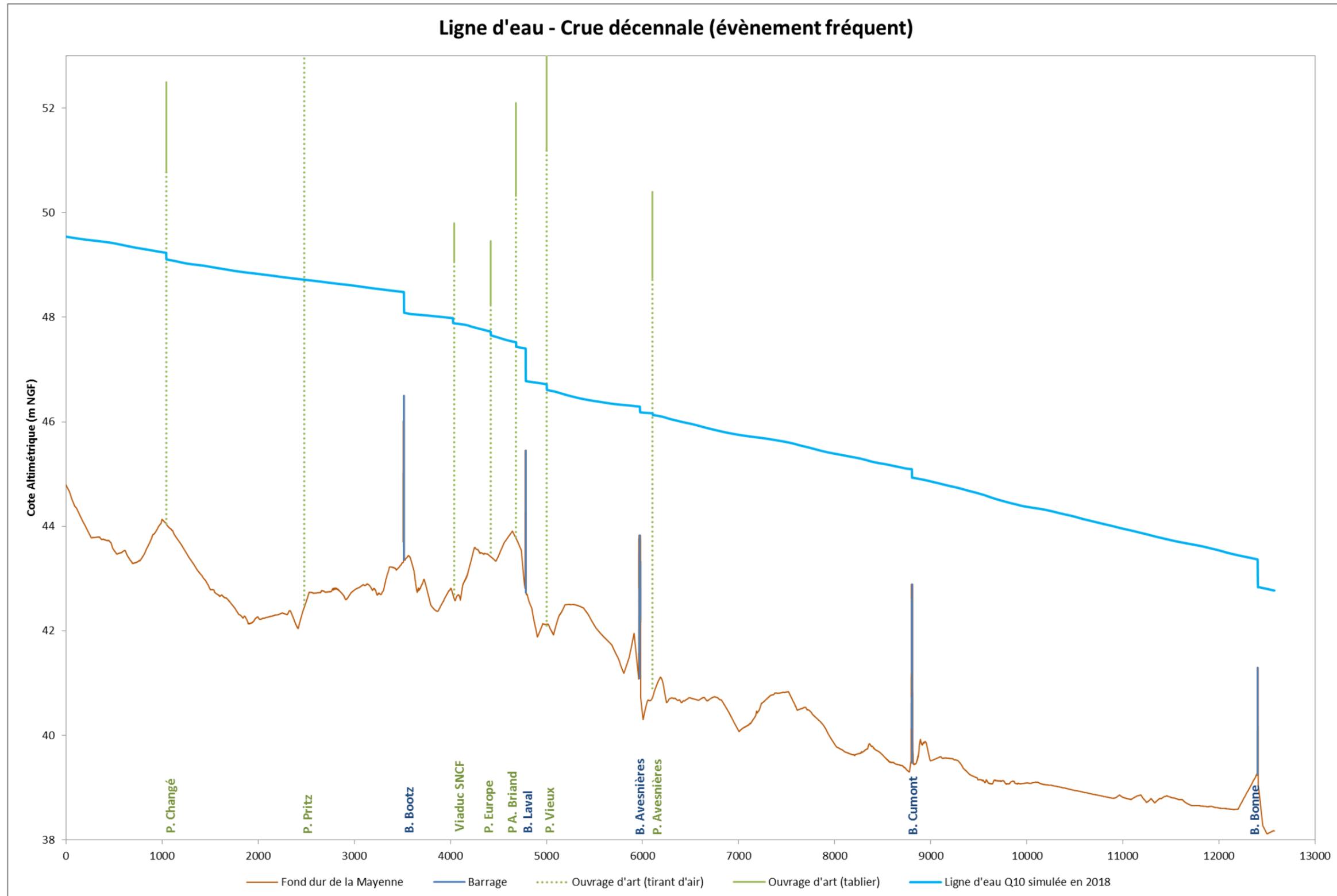


Fig. 30. Ligne d'eau simulée pour la crue décennale (évènement fréquent)

1.8. MODELISATION DE LA CRUE MILLENALE (EVENEMENT EXCEPTIONNEL)

Une crue d'occurrence millénaire est un événement hydrologique extrêmement rare pouvant être qualifié « d'exceptionnel ». En effet, un tel événement a une probabilité de 1/1000 de se produire chaque année.

La disposition 5-3 du PGRI du bassin Loire-Bretagne préconise d'inclure au dossier du PGRI, une présentation et une caractérisation de cet événement sous la forme :

- D'une cartographie des zones inondables ;
- D'une cartographie des enjeux présents dans l'enveloppe d'inondation, comme notamment :
 - Les établissements, équipements ou installations utiles à la gestion de crise, à la défense ou au maintien de l'ordre ;
 - Les établissements, équipements ou installations utiles à un retour rapide à la normale du territoire après une inondation ;
 - Les installations classées pour la protection de l'environnement présentant un risque significatif de générer d'importantes pollutions ou un danger pour la population, pendant une inondation ;
 - Les établissements, équipements ou installations dont la défaillance pendant une inondation présente un risque élevé pour les personnes.

Ces documents ont pour objectif de faciliter la gestion en état de crise. Ils n'ont en revanche aucune valeur réglementaire.

La Fig. 31 présente la ligne d'eau obtenue par modélisation hydraulique pour une crue théorique d'occurrence centennale (débit constant de 1070 m³/s).

Pour l'événement simulé, les résultats de la modélisation hydraulique permettent de conclure que :

- Le pont de Changé-Lès-Laval et le pont d'Avesnières sont en charge (niveau d'eau ayant atteint ou dépassé le bas du tablier de l'ouvrage d'art) ;
- La passerelle adossée au viaduc SNCF et le pont de l'Europe sont submergés. Les écoulements s'effectuent donc en partie par surverse.

L'atlas cartographique des zones inondables relatif à cet événement est fourni en Annexe 7. En comparaison à l'aléa de référence (Q100), l'enveloppe de la crue millénaire (Q1000) :

- Est plus étendue au niveau du parc des Ondines sur la commune de Changé et commence à envahir le stade de football ;
- Est plus étendue en centre-ville de Laval, notamment :
 - En amont et en aval de la rue de la Paix (quartier « Crossardière » et « Centre-ville rive gauche ») bien que cette dernière ne soit pas inondée ;
 - Au niveau du Quai Jehan Fouquet en rive droite ;
- Intègre le secteur inondé par remontée de réseaux. Contrairement à la crue centennale, ce secteur est également inondé via le débordement de la Mayenne ;
- Inonde le secteur Est du quartier « Le Gravier ».

Le tableau suivant présente la superficie des zones inondables par commune pour l'évènement millénaire. La commune la plus impactée est la commune de Laval avec environ 4,7% de son territoire qui se situe en zone inondable.

Tabl. 15 - Superficie des zones inondables par commune pour la crue millénaire

Commune	Superficie de la commune (en hectares)	Superficie des zones inondables (en hectares)	Zones inondables (% du territoire communal)
Changé	3569	62	1,73
Laval	3426	160	4,67
L'Huisserie	1511	11	0,70

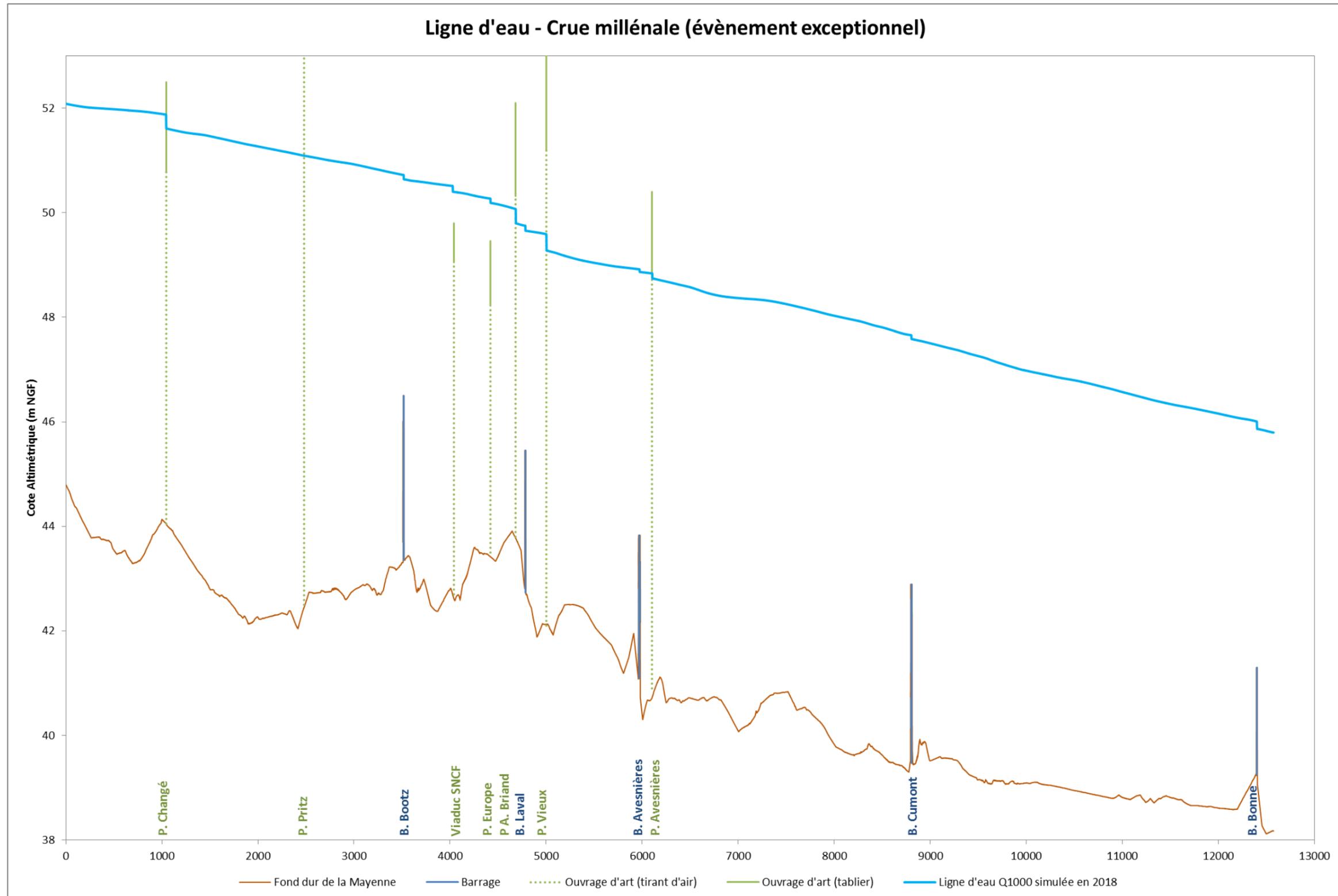


Fig. 31. Ligne d'eau simulée pour la crue millénale (évènement exceptionnel)

2. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

2.1. GENERALITES



L'aléa est la manifestation d'un phénomène naturel (débordements de cours d'eau, glissements de terrains, séismes, ou encore, avalanches, cyclones, éruptions volcaniques, ...). Il est caractérisé par sa probabilité d'occurrence (décennale, centennale, ...) et l'intensité de sa manifestation (hauteur et vitesse de l'eau pour les crues, magnitude pour les séismes, ...). Dans la présente étude, le phénomène considéré est le phénomène d'inondation par débordement de cours d'eau de la Mayenne.



L'enjeu peut être défini comme l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. L'enjeu se caractérise par son importance (nombre, nature, etc.) et sa vulnérabilité. Ils peuvent être de différentes natures (humain, économique, environnementale, ...).



Le risque inondation est alors le croisement de l'aléa (le phénomène physique de débordement) avec les enjeux (population, habitations, activités, infrastructures, équipements, ...) ou plus exactement la vulnérabilité de ceux-ci.

2.2. METHODOLOGIE

Pour établir cette cartographie, un aléa de référence a été retenu. Comme indiqué précédemment, il n'existe aucune crue historique pour laquelle des enregistrements fiables et caractérisés sont disponibles pour une occurrence supérieure à la crue centennale. Aussi, la crue de référence retenue dans le cadre du présent PPRI est la crue centennale, caractérisée par le débit de pointe défini au chapitre 2.3.2. Cet événement, qui a pour rappel 1 probabilité sur 100 de se produire chaque année, a été simulé grâce au modèle hydraulique. Le modèle hydraulique permet d'extraire une cartographie de la hauteur d'eau et des vitesses d'écoulements associées à cet événement.

En effet, la cartographie de l'aléa du PPRI s'appuie principalement sur les notions de vitesse d'écoulement et de hauteur d'eau. Dans certains cas, les notions de vitesse d'élévation du niveau des eaux et de durée de submersion peuvent également être prises en compte. Toutefois, le bassin versant de la Mayenne étant confronté à des crues « lentes », le critère de vitesse de montée des eaux défini par l'article 2 de l'arrêté du 5 juillet 2019 relatif à la détermination, qualification et représentation cartographique de l'aléa de référence et de l'aléa à échéance 100 ans a été écarté. Par conséquent, seuls les critères « hauteur d'eau » et « vitesse d'écoulement » ont été utilisés.

En revanche, le secteur inondé par remontée de l'eau dans les réseaux existants (phénomène de mise en charge et refoulement) a été cartographié. Sur ce secteur, la détermination du niveau d'aléa s'est basée uniquement sur le critère « hauteur d'eau », les vitesses d'écoulements étant

considérées comme « nulles ». Ce secteur fait toutefois l'objet d'une symbolologie particulière afin de l'identifier aisément.

Sur le secteur de confluence entre le ruisseau de Saint-Nicolas et la Mayenne, seule la remontée de la Mayenne dans le ruisseau par remous hydraulique est cartographiée.

La cartographie de l'aléa fait également apparaître l'ensemble des profils en travers disponibles. Chaque profil en travers est associé à la cote du niveau d'eau centennale (m NGF) relevé au droit du profil considéré.

La cartographie des zones d'aléa est réalisée sur fonds de plan cadastral au 1/5000^{ème} et fait apparaître :

- la zone d'aléa très fort correspondant essentiellement à la zone de grand écoulement de la rivière (lit mineur) présentant des hauteurs de submersion supérieures à 2 m et de fortes vitesses d'écoulement ;
- la zone d'aléa fort (hauteur de submersion comprise entre 1 et 2 m ou des fortes vitesses d'écoulement) ;
- la zone d'aléa modéré correspondant à des zones où la hauteur de submersion est comprise entre 0,5 et 1 m, ou que les vitesses d'écoulements sont comprises entre 0,2 et 0,5 m/s) ;
- la zone de faible aléa (hauteur de submersion inférieure à 0,50 m et vitesse d'écoulement inférieure à 0,2 m/s).

Le tableau ci-dessous présente la table de croisement utilisée pour obtenir les différentes classes d'aléas.

Tabl. 16 - Table de croisement pour obtenir les classes d'aléas

		Vitesse d'écoulement		
		Faible ($V < 0,2$ m/s)	Moyenne ($0,2$ m/s $< V < 0,5$ m/s)	Forte ($V > 0,5$ m/s)
Hauteur	Faible $H < 0,50$ m	Faible	Modéré	Fort
	Moyenne $0,50$ m $< H < 1$ m	Modéré	Modéré	Fort
	Forte 1 m $< H < 2$ m	Fort	Fort	Très fort
	Très forte $H > 2$ m	Très fort	Très fort	Très fort

On estime qu'une hauteur de submersion supérieure ou égale à 1 m présente un risque humain important et des dommages matériels conséquents. La valeur de 1 mètre d'eau correspond à une valeur conventionnelle significative en matière de prévention et de gestion de crise :

- Limite d'efficacité d'un batardeau mis en place par un particulier ;
- Mobilité fortement réduite pour un adulte et voire impossible pour un enfant avec un risque de noyade élevé ;
- Soulèvement et déplacement des véhicules qui vont constituer des dangers et des embâcles ;
- Difficulté d'intervention des engins terrestres des services de secours qui sont limités à 60 – 70 cm.

Au-delà d'une vitesse d'écoulement de 0,5 m/s, le risque humain est important (déséquilibre, risque de choc par des objets flottants, etc.) et les dégâts matériels non négligeables (entraînement d'objet, érosion...).

La combinaison d'une hauteur d'eau supérieure à 1 m avec des vitesses d'écoulements supérieures à 0,5 m/s représente un risque extrême et un véritable danger pour les personnes.

La vitesse d'écoulement accroît considérablement le danger de l'inondation, comme l'illustre la Fig. 32, c'est pourquoi l'intensité de l'aléa est particulièrement élevée quand la vitesse d'écoulement est forte ou quand les hauteurs d'eau sont importantes.

2.3. EVOLUTION DE LA CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

L'Annexe 8 présente la cartographie révisée de l'aléa inondation par débordement de la Mayenne. Comme évoqué précédemment, elle caractérise également le secteur inondé par la remontée de l'eau dans les réseaux, identifiable par une sémiologie particulière.

Sur la commune de Changé, les principales évolutions sont les suivantes :

- l'enveloppe inondation est légèrement plus étendue en lit majeur au niveau du plan d'eau et du parc des Ondines. Ces secteurs sont globalement peu ou pas urbanisés ;
- l'enveloppe inondation est plus restreinte en amont immédiat du pont de Pritz ;
- le niveau de l'aléa y est globalement plus élevé par rapport à la version initiale du PPRI.
- le centre-ville est moins impacté en terme d'emprise mais que l'aléa y est plus fort.

Sur la commune de Laval, les principales évolutions sont les suivantes :

- l'enveloppe inondation est légèrement plus étendue sur l'ensemble du périmètre du fait que la valeur de débit retenue pour caractériser l'aléa de référence est plus élevée de l'ordre de 40 m³/s. Le quartier de la Crossardière (rive gauche de la Mayenne entre le viaduc SNCF et le pont Aristide Briant) est le quartier où l'enveloppe inondation à le plus évoluée.
- le niveau de l'aléa y est globalement plus élevé par rapport à la version initiale du PPRI.

La commune de L'Huisserie est globalement peu impactée par le risque inondation. Le périmètre du PPRI révisé est plus étendu en aval afin d'intégrer le quartier de Sainte-Croix et de St-Pierre-le-Potier ce qui explique la présence de nouvelles zones inondées.

En somme, l'évolution du débit caractérisant l'aléa de référence (710 m³/s au lieu de 670 m³/s) est le facteur principal qui permet d'expliquer l'extension de l'enveloppe inondation et l'augmentation généralisée de l'aléa. En effet, le débit étant plus important, la hauteur d'eau associée l'est également. Ces différences peuvent également s'expliquer grâce au type de modélisation (2D au lieu de 1D) et la qualité des données d'entrées, avec notamment le MNT Lidar qui permet d'avoir une précision centimétrique de la topographie en lit majeur.

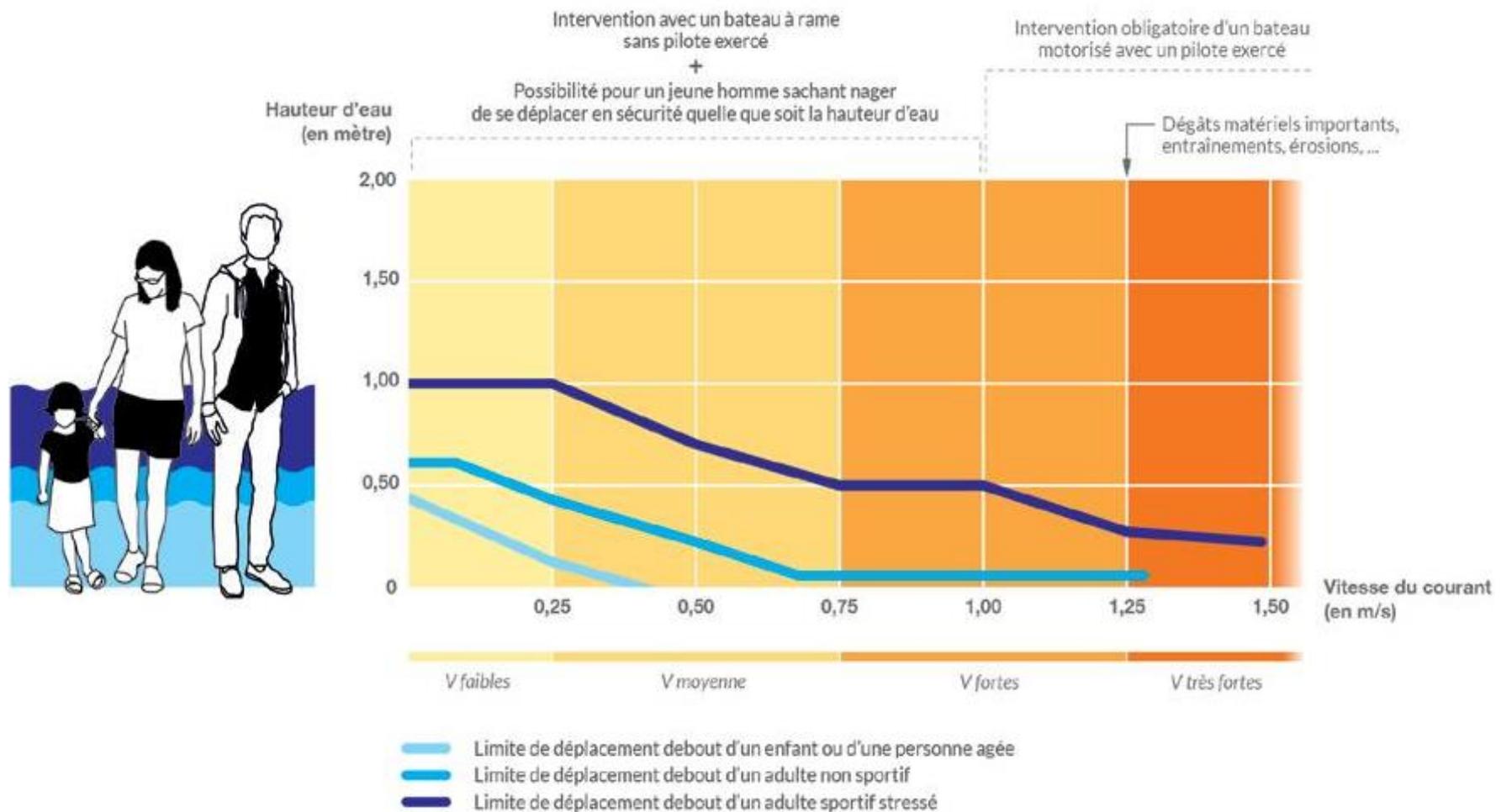


Fig. 32. Tableau de la capacité physique des personnes à se déplacer dans l'eau

Source : MEDD – Note complémentaire PPR inondation – Ruissellement urbain, 2003

SECTION 5
RECENSEMENT DES ENJEUX ET
CARACTERISATION DE LEUR
VULNERABILITE

1. RECENSEMENT DES ENJEUX

Les enjeux identifiés et recensés sur les trois communes étudiées ont été synthétisés sous la forme de cartographie des enjeux sur fonds de plan cadastral au 1/5000^{ème} (Annexes 9 et 10).

1.1. METHODOLOGIE

L'identification et la qualification des enjeux soumis aux inondations pour la crue de référence est une étape indispensable de la démarche qui permet d'assurer la cohérence entre les objectifs de prévention des risques et les dispositions qui sont retenues. Elle sert donc d'interface avec la carte d'aléa pour délimiter le plan de zonage réglementaire, préciser le contenu du règlement, et formuler un certain nombre de recommandations sur les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

La définition des enjeux se fait sans tenir compte de la nature du phénomène naturel ou de l'amplitude de l'aléa. La caractérisation des enjeux permet d'évaluer l'emplacement des populations, de recenser les établissements recevant du public (hôpitaux, écoles, maisons de retraite, campings, etc.), les équipements sensibles (centraux téléphoniques, centres de secours, etc.) et d'identifier les voies de circulation utilisables pour l'acheminement des secours.

1.2. LES ENJEUX SURFACIQUES

Les enjeux d'occupation des sols permettent de caractériser et de révéler l'occupation de l'espace du territoire étudié.

La cartographie de ces enjeux délimite des secteurs en fonction des typologies d'occupation des sols. Elles seront utilisées pour distinguer les différentes zones du zonage réglementaire.

1.2.1. LES SECTEURS URBANISES

Ces secteurs sont définis par référence aux dispositions de l'article L.111-3 du Code de l'Urbanisme, dont les modalités d'application sont fixées par la circulaire n° 96-32 du 13 mai 1996 du ministère de l'équipement, direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme.

Ce texte précise que le caractère urbanisé ou non d'un espace doit s'apprécier en fonction de la réalité physique constatée et non en fonction d'un zonage opéré par un plan local d'urbanisme. Cette appréciation sera effectuée à l'échelle de la représentation cartographique du PPRI.

Il est à noter que la définition des zones urbanisées se fait sur la base de l'existant et non sur celle des intentions d'urbaniser inscrites dans les documents d'urbanisme. Ainsi toute zone « à urbaniser » est considérée comme naturelle dans le cadre de la définition des zonages de prévention. Compte tenu du risque pour les personnes, l'objectif est de permettre une densification des secteurs urbanisés sous conditions, notamment quand des moyens de prévenir le risque inondation peuvent être facilement mis en œuvre.

Les opérations déjà autorisées seront également prises en compte, après avoir examiné les possibilités de diminuer leur vulnérabilité.

Les zones d'activités économiques à vocation industrielle, artisanale, tertiaire ou commerciale feront également l'objet d'un examen attentif.

Au sein des secteurs urbanisés, on distingue le centre urbain, une entité particulière, qui peut donner lieu à un zonage et une réglementation spécifique.

La circulaire interministérielle du 24 avril 1996 relative aux dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zones inondables, explicite la notion de centre urbain.

Il se caractérise par son caractère historique, par une occupation du sol de fait importante, par une continuité bâtie et par la mixité des usages des bâtiments : logements, commerces et services. Il s'agit de zones denses dans lesquelles il reste peu de zones non construites et où, en conséquence, les constructions nouvelles n'augmenteront pas de manière substantielle les enjeux exposés. De plus, s'agissant du cœur des villes, il est impératif d'y préserver une vitalité économique et sociale, et donc de permettre un certain niveau de constructibilité.

La délimitation du centre-urbain a été défini en concertation avec les services de la DDT53 en se basant sur :

- La densité de population selon l'INSEE ;
- La continuité bâtie et la mixité des usages des bâtiments ;
- La délimitation des sites classés et inscrits en centre-ville de Laval délimitant le centre historique ;
- Le zonage du PLUi de Laval Agglomération.

1.2.2. LES SECTEURS NON URBANISES

Ces secteurs non urbanisés situés en zone inondable ont vocation à le rester afin de préserver le champ d'expansion des crues. En effet, ils ont vocation à stocker des volumes d'eau importants et/ou de faciliter l'écoulement des eaux en cas d'inondation. Le caractère urbanisé s'apprécie en fonction de la réalité physique de l'occupation du sol, notamment la présence de constructions, et non au regard du seul classement du zonage du document d'urbanisme. Par élimination, ces secteurs constituent le reste du territoire non inscrit dans un des deux zonages précédents (secteurs urbanisés, qui comprennent les centres urbains).

Ces secteurs non urbanisés regroupent notamment :

- Les zones à urbaniser qui correspondent aux unités foncières non bâties, et ce, quelle que soit leur destination au sein du document d'urbanisme ;
- Les prairies et forêts ;
- Les zones de cultures ;
- Les zones de hameaux et d'urbanisation isolés ;
- Les terrains de sport et les parkings, qui ne sont pas inscrits dans les secteurs urbanisés.

Enfin, les zones d'urbanisation future identifiées par le document d'urbanisme sont reportées sur la carte des enjeux afin de vérifier leur compatibilité avec le zonage des aléas. Un travail important est ensuite conduit avec les collectivités pour examiner la cohérence des projets d'aménagement vis-à-vis de l'exposition possible aux risques.

Ces zones potentiellement urbanisables (zones à urbaniser à court terme et à plus long terme) sont couramment pressenties, voire réservées, pour l'implantation de nouveaux projets, notamment des zones de développement stratégiques et de grands projets urbains.

Leur prise en compte est indispensable lors de l'étude des enjeux, car ces zones représentent des espaces de mutation dont la finalité n'apparaît pas dans la « photographie » actuelle du territoire. Toutefois, leur traitement dans la détermination des enjeux est un exercice délicat, car ces zones génèrent un conflit de vocation entre la conservation du champ d'expansion des crues et le développement socio-économique du territoire.

Cette démarche favorise le confortement des secteurs déjà bâtis tout en s'assurant que le porteur de projet sur ces secteurs identifiés prend toutes les précautions pour se protéger du risque. Pour cela, il devra respecter les prescriptions retenues dans le cadre du règlement joint au zonage réglementaire. A contrario, cette démarche permet d'éviter de mettre en œuvre de nouvelles zones urbanisées là où le risque est trop important et de réorienter l'urbanisme communal vers une solution plus pérenne quant au risque.

1.3. LES ENJEUX LINEAIRES

Les enjeux linéaires regroupent l'ensemble des infrastructures et moyens de communication, de transports et de déplacement de personnes et de marchandises, mais aussi tout ce qui concerne les réseaux (énergie, télécommunication, etc.).

Lors de l'élaboration d'un PPRI, l'intérêt de ces enjeux sera porté sur les infrastructures de transports. Il s'agit de recenser l'ensemble des voies de communication qui seront impactées en cas d'inondation, à savoir :

- Les infrastructures routières et les chemins de halage ;
- Les voies ferrées (trains et tramway en site propre ou pas, métro) ;
- Les aéroports ;
- Les voies navigables.

Ces données sont importantes pour l'élaboration du règlement du PPRI, celui-ci devant tenir compte de l'existant et des aménagements futurs. En outre les voies de circulation susceptibles d'être coupées ou au contraire utilisables pour l'acheminement des secours ou l'évacuation doivent être connues afin de faciliter la gestion de crise.

1.4. LES ENJEUX PONCTUELS

Il s'agit de recenser et de répertorier l'ensemble des établissements, points particuliers, équipements qui concentrent des enjeux aussi bien humains, économiques, stratégiques ou environnementaux qui seraient susceptibles d'être perturbés en cas d'inondation.

Les enjeux ponctuels pris en compte dans la cartographie sont les suivants :

- Les installations ou activités qui sont susceptibles de provoquer une pollution accidentelle en cas d'inondation (industrie chimique, minérale, activités énergétiques, production et transformation des métaux, gestion des déchets, etc.) ;
- Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) présentant un risque significatif de générer d'importantes pollutions ou un danger pour la population pendant une inondation. Ces installations sont soumises à autorisation et sont définies par arrêté du ministre chargé des installations classées ;
- Les ouvrages et équipements stratégiques (centraux téléphoniques, postes de transformation électrique, poste de gaz, installations de production d'eau potable, usine de traitement des eaux, ...)
- Les établissements, les infrastructures ou installations dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public. Ces équipements sensibles ou stratégiques comprennent notamment :

- Les établissements de gestion de crise et de secours : liés à la prise de décision en cas de crise, comme notamment les administrations, les SDIS, les gendarmeries, les commissariats de police ;
- Les établissements d'enseignement : crèches, maternelles, primaires, collèges, lycées, enseignement supérieur ;
- Les établissements de soins : établissements qui regroupent généralement un public difficilement évacuable (hôpitaux, cliniques, maisons de retraite, EHPAD...) ;
- Les commerces, artisanats et autres activités économiques ;
- Les établissements culturels et sportifs (musée, bibliothèque, gymnase, ...) ;
- Les établissements de culte ;
- Les monuments historiques.

N.B : Une cartographie des enjeux spécifique à la crue exceptionnelle (Q1000) a été réalisée (Annexe 10) afin de recenser les établissements sensibles au regard de la disposition 2-12 du PGRI du bassin Loire-Bretagne qui recommande de ne pas en implanter au sein de l'enveloppe inondation associée à cet évènement. Cette dernière recense uniquement :

- Les établissements, équipements ou installations utiles à la gestion de crise, à la défense, au maintien de l'ordre et utiles à un retour rapide à la normale du territoire après une inondation ;
- Les établissements, équipements ou installations dont la défaillance pendant une inondation présente un risque élevé pour les personnes ;
- Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ;

En définitive, une analyse rigoureuse permet de dénombrer et de spécifier la nature des enjeux susceptibles d'être affectés par un aléa, indépendamment de son ampleur. L'identification et la qualification des enjeux soumis aux inondations pour la crue de référence représentent une étape indispensable de la démarche de PPRI qui permet d'assurer la cohérence entre les objectifs de prévention des risques et les dispositions réglementaires qui seront établies.

1.5. ANALYSE DES ENJEUX RECENSES

Cette cartographie des enjeux, bien que non réglementaire, constitue un outil stratégique dans le cadre de la gestion de crise.

Le recensement des enjeux présents au sein de l'enveloppe d'inondation de l'aléa de référence (Q100) a permis d'identifier les enjeux suivants (Annexe 9) :

- Sur la commune de Changé :
 - Une station de pompage d'eau potable ;
 - Deux postes de refoulements d'eaux usées ;
 - L'hôtel de ville, l'église et dans une moindre mesure, la salle polyvalente des Ondines.

- Sur la commune de Laval :
 - Des établissements de soins et d'enseignements ;
 - Une administration (chambre consulaire) ;
 - Deux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) : TDV Industries et la station d'épuration des eaux usées de Laval qui compte des serres de séchage des boues ;
 - Deux monuments historiques et deux établissements de cultes ;
 - Des surfaces agricoles.

- Sur la commune de L'Huisserie :
 - Des surfaces agricoles ;
 - La zone industrielle en rive gauche du barrage de Cumont ;
 - L'église.

Au sein de l'enveloppe inondation, sont également impactés :

- Environ 480 habitats individuels, soit 1 056 personnes (hypothèse de 2,2 personnes par ménage selon l'INSEE) ;
- Environ 307 habitats collectifs. Le nombre de personne impacté est difficilement estimable.
- Environ une dizaine d'établissements culturels et sportifs ;
- Environ 25 activités économiques.

1.6. ANALYSE DES DOCUMENTS D'URBANISMES EN VIGUEUR

Le Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) a été approuvé le 16 décembre 2019 par le Conseil communautaire de Laval Agglomération.

Le zonage du PLUi de Laval Agglomération a été étudiée au sein de l'enveloppe d'inondation correspondant à l'aléa de référence du projet de PPRI afin d'évaluer sa cohérence avec la nouvelle cartographie de l'aléa et les enjeux recensés.

Les différentes zones réglementaires ont ainsi été regroupées, en fonction du type d'occupation des sols dominant à l'état actuel et de leur orientation d'aménagement, en trois zones distinctes qui sont :

- Les centres urbains ;
- Les secteurs urbanisés ;
- Les secteurs non urbanisés.

Cette analyse a permis de montrer une cohérence entre le zonage du PLUi et la cartographie des enjeux. En conséquence de quoi, il a été convenu avec la DDT53 d'utiliser le découpage du PLUi pour établir la caractériser leur vulnérabilité.

2. CARACTERISATION DE LA VULNERABILITE

Au sens large, la vulnérabilité exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux, c'est-à-dire sur les personnes, les biens, les activités et l'environnement. Elle caractérise la plus ou moins grande résistance d'un enjeu à un événement donné.

A titre d'exemple, les zones à forte densité démographique sont plus vulnérables que les hameaux isolés dans le sens où le risque humain et matériels est plus faible.

L'Annexe 11 présente le découpage final de l'enveloppe inondation en trois grandes zones de vulnérabilité qui sont :

- Les centres urbains ;
- Les secteurs urbanisés ;
- Les secteurs non urbanisés.

La délimitation des secteurs urbanisés et non urbanisés s'est appréciée au regard de la réalité physique et de l'occupation réelle des sols et également en prenant en compte le zonage du PLUi de Laval Agglomération approuvé le 16 décembre 2019.

SECTION 6

ELABORATION DU ZONAGE REGLEMENTAIRE

À partir du travail d'identification des risques, le PPRI a vocation à traduire ces éléments en règles à travers une carte de zonage et un règlement associé.

Le plan de zonage réglementaire et le règlement expriment les choix issus des phases d'association et de concertation, fondés sur la connaissance des aléas, des enjeux et de leur niveau de vulnérabilité.

1. LE PLAN DE ZONAGE BRUT

Le plan zonage brut correspond au premier zonage issu du croisement direct entre l'aléa et les enjeux d'occupation du sol traduit par la carte de vulnérabilité, à savoir les secteurs urbanisés (dont les centres urbains) et non urbanisés.

Les **secteurs urbanisés** sont principalement constitués des zones de type UB, UE, UH et UR. Ont été notamment classées en secteur urbanisé :

- les zones urbaines d'extensions récentes (UB-1, UB-2) et anciens (UH-1, UH-2) ;
- les zones d'activités mixtes (UEm) ;
- les zones urbaines périphérique et mixte de la Ville de Laval propice au renouvellement urbain.

Dans ces secteurs urbanisés ont été identifiés des **centres urbains**, constitués des zones de type UA-1, UA-2 et UA-2+ qui correspondent aux zones urbaines centrales et mixtes de villes.

Les **secteurs non urbanisés** sont quant à eux constitués des zones naturelles et agricoles de type N, UL et A, à savoir :

- les zones naturelles et forestières (N), les champs d'expansion des crues (NI), les zones naturelles protégées ou à protéger (Np) et les zones naturelles réservé à l'accueil d'équipements liés au tourisme (Nt) ;
- les zones agricoles (A) et d'équipements agricoles (Ae1) ;
- les zones urbaines essentiellement dédiée aux équipements et aux loisirs (UL) ;
- les zones d'extension à destination principale d'équipements et de loisirs (AUL).

Après concertation avec la DDT53, il a été convenu d'identifier et de réglementer de manière spécifique deux secteurs supplémentaires, à savoir :

- le secteur inondé uniquement par remontée de réseaux ;
- les secteurs inondés spécifiquement en cas d'évènement exceptionnel.

Le croisement entre les différents niveaux d'aléas et les différents types de secteurs a permis d'obtenir le plan de zonage brut.

Ce zonage brut a constitué une base de travail et a été présenté aux personnes publiques et organismes associés lors de la réunion du 30 mars 2022.

La délimitation des secteurs U, CU et NU et donc du zonage a ensuite fait l'objet d'échanges et de modifications dans le cadre de la démarche d'association et de concertation. Le projet de zonage réglementaire issu de ces différents échanges est présenté ci-après.

2. LE PLAN DE ZONAGE REGLEMENTAIRE

Le plan de zonage réglementaire est le document cartographique de référence qui permet de représenter spatialement les dispositions contenues dans le règlement. Le zonage réglementaire est représenté sur fond cadastral à l'échelle 1:5000 et présente une succession de profil en travers associé à la cote de référence. Cette cote de référence correspond à la cote des plus hautes eaux de la crue centennale modélisée dans les études d'aléas qui ont servi à l'élaboration du PPRI. Elle est établie dans le système altimétrique NGF IGN 69.

Pour l'application du présent règlement, la cote de référence correspond à la cote associée au profil en travers située au droit de l'emprise du projet, ou à défaut celle du profil situé en amont immédiat, assorti d'une marge de sécurité (ou revanche) de 0,20 m.

Le zonage réglementaire révisé du PPRI des communes de Changé, Laval et L'Huisserie est fourni en Annexe 12. Seul ce plan à une valeur réglementaire, les autres n'ont qu'une valeur informative (carte des enjeux, carte des aléas, ...).

2.1. REPRESENTATION GRAPHIQUE DU ZONAGE REGLEMENTAIRE DU PPRI

Le tableau ci-dessous présente la représentation cartographique retenue pour les différentes zones réglementées. Il permet de visualiser les principes réglementaires, zones d'interdiction et d'autorisation, en secteurs urbanisés ou non urbanisés.

Tabl. 17 - Représentation graphique du zonage réglementaire du PPRI

Secteur \ Aléa		Faible	Modéré	Fort	Très fort
Secteurs urbanisés	Centre urbain	Construction nouvelle autorisée sous condition	Construction nouvelle autorisée sous condition	Construction nouvelle interdite à l'exception des constructions ou aménagements nécessitant la proximité immédiate de l'eau et des opérations de renouvellement urbain dans la liste des projets admis dans ce secteur	Construction nouvelle interdite à l'exception des constructions ou aménagements nécessitant la proximité immédiate de l'eau et des opérations de renouvellement urbain dans la liste des projets admis dans ce secteur
	Secteurs urbanisés hors centre urbain	Construction nouvelle autorisée sous condition	Construction nouvelle autorisée sous condition	Construction nouvelle interdite à l'exception des constructions ou aménagements nécessitant la proximité immédiate de l'eau	Construction nouvelle interdite à l'exception des constructions ou aménagements nécessitant la proximité immédiate de l'eau
Secteurs non urbanisés		Construction nouvelle interdite à l'exception des constructions, ouvrages, installations, aménagements et travaux visés par la disposition 1-1 du PGRI Loire-Bretagne	Construction nouvelle interdite à l'exception des constructions, ouvrages, installations, aménagements et travaux visés par la disposition 1-1 du PGRI Loire-Bretagne	Construction nouvelle interdite à l'exception des constructions ou aménagements nécessitant la proximité immédiate de l'eau	Construction nouvelle interdite à l'exception des constructions ou aménagements nécessitant la proximité immédiate de l'eau
Secteurs inondés par remontée de réseaux		Règlement identique à celui de la zone bleue, excepté si des travaux sont réalisés sur les réseaux mis en cause	Règlement identique à celui de la zone bleue, excepté si des travaux sont réalisés sur les réseaux mis en cause	Règlement identique à celui de la zone rouge, excepté si des travaux sont réalisés sur les réseaux mis en cause	Règlement identique à celui de la zone rouge, excepté si des travaux sont réalisés sur les réseaux mis en cause
Secteurs inondés spécifiquement en Q1000		<p>Toutes les opérations sont autorisées. Il est recommandé de ne pas implanter au sein de cette zone (rubrique 2-12 du PGRI Loire Bretagne) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - des nouveaux établissements, équipements ou installations utiles à la gestion de crise, à la défense ou au maintien de l'ordre ; - des nouveaux établissements, équipements ou installations utiles à un retour rapide à la normale du territoire après une inondation ; - des nouveaux établissements, équipements ou installations dont la défaillance pendant une inondation présente un risque élevé pour les personnes sans que l'intérêt public et l'absence de projet alternatif ne soient démontrés ; - de nouvelles ICPE présentant un risque significatif de générer d'importantes pollutions ou un danger pour la population pendant une inondation. <p>+ Dispositions 2-13 du PGRI Loire-Bretagne</p>			

Le choix de la représentation graphique (trame, couleurs, ...) est associé au principe général régissant la zone :

- En bleu, les zones régies par un principe d'autorisation, les nouvelles constructions étant toutefois soumises à certaines prescriptions ;
- En jaune, les zones régies par un principe d'interdiction à l'exception de certaines opérations d'aménagements ou travaux visés par la disposition 1-1 du PGRI du bassin Loire-bretagne.
- En rouge, les zones régies par un principe d'interdiction strict et un principe d'inconstructibilité. Il s'agit des secteurs soumis aux aléas les plus forts. Sont autorisés uniquement les constructions ou aménagements nécessitant la proximité immédiate de l'eau et les opérations de renouvellement urbain dans la liste des projets admis dans ce secteur.

Les zones hachurées bleues et rouges correspondent respectivement à des zones d'autorisations et d'interdictions spécifiques au secteur inondé uniquement par remontée de l'eau dans les réseaux. Dans l'éventualité où des travaux seraient menés sur les réseaux existants (installation de clapet anti-retour, ...) permettant de supprimer l'aléa, la zone concernée ne serait plus réglementée.

Le contour en pointillé rouge délimite l'enveloppe d'inondation de la crue millénaire (événement exceptionnel). Les secteurs inclus au sein de ce périmètre mais exclus de celui de l'aléa de référence sont soumis à un règlement spécifique.

Le paragraphe 3 « Zonage réglementaire et règlement » de l'article R562-11-6 du Code de l'Environnement précise que les constructions nouvelles dans les dents creuses (espace résiduel, de taille limitée, entre deux bâtis existants) sont autorisées dans les zones d'aléa de référence fort sous réserve de respecter des prescriptions.

Au sein du périmètre révisé du PPRI, la DDT53 a réalisé un recensement sur la base de requêtes spatiales visant à identifier les parcelles non bâties (dents creuses) répondant à l'ensemble des critères suivants :

- Etre situées en zone d'aléa fort ;
- Etre situées dans un centre-urbain ;
- Ne pas supporter de bâtiment.

Le résultat correspondant à ces requêtes spatiales montre que très peu de parcelles répondent à ces critères (37 enregistrements). Par ailleurs, il ressort que ces fragments de parcelles correspondent pour l'ensemble des enregistrements aux configurations suivantes :

- Voie d'accès à des immeubles existants ;
- Cour intérieure d'immeubles existants ;
- Jardin public ;
- Emprise de la voie SNCF ;
- Parking et cheminements connexes.

Compte tenu de l'usage actuel de ces fragments de parcelles, les enregistrements ne peuvent être considérés comme des dents creuses conservant un potentiel constructible. Enfin, certains enregistrements de par leurs géométries ne sont pas constructibles (bande de faible largeur – superficie insuffisante). Par conséquent, les constructions nouvelles dans des dents creuses qui seraient soumises à un aléa fort sont interdites.

2.2. LES REGLES D'URBANISME

2.2.1. LES PRINCIPES

Par son volume, son implantation ou du fait des aménagements qui l'accompagnent (remblais, clôtures, ...) toute opération en zone inondable est de nature à contrarier l'écoulement et l'expansion naturelle des eaux, et à aggraver ainsi les situations à l'amont ou à l'aval.

De plus, de façon directe ou indirecte, immédiatement ou à terme, une telle opération tend à augmenter la population vulnérable en zone à risque. Au-delà de ces aspects humains et techniques, la présence de constructions ou d'activités en zone inondable accroît considérablement le coût d'une inondation pris en charge par la collectivité.

2.2.1.1. PREVENIR LES CONSEQUENCES DES INONDATIONS

2.2.1.1.1. LA MISE EN DANGER DES PERSONNES

L'inondation peut mettre en danger directement la population notamment s'il n'existe pas de système d'alerte (annonce de crue), ni d'organisation de l'évacuation des populations, ou si les délais sont trop courts, en particulier lors de crues rapides ou torrentielles. Le danger se manifeste par le risque d'être emporté ou noyé en raison de la hauteur d'eau ou de la vitesse d'écoulement, ainsi que par la durée de l'inondation qui peut conduire à l'isolement de foyers de population. La priorité de l'État est donc de préserver les vies humaines.

2.2.1.1.2. LES DEGATS AUX BIENS (PARTICULIERS, COLLECTIVITES, ENTREPRISES)

Les dégâts occasionnés par les inondations peuvent atteindre des degrés divers, selon que les biens ont été simplement mis en contact avec l'eau (traces d'humidité sur les murs, dépôts de boue) ou qu'ils ont été exposés à des courants ou coulées puissants (destruction partielle ou totale).

Les dommages mobiliers sont plus courants, en particulier en sous-sol et rez-de-chaussée. Les activités (industries) et l'économie sont également touchées en cas d'endommagement du matériel, pertes agricoles, arrêt de production, impossibilité d'être ravitaillé...

L'interruption des communications : en cas d'inondation, il est fréquent que les voies de communication (routes, voies ferrées...) soient coupées, interdisant les déplacements de personnes ou de véhicules.

Par ailleurs, les réseaux enterrés ou de surface (eau, téléphone, électricité...) peuvent être perturbés. Or, tout ceci peut avoir des conséquences graves sur la diffusion de l'alerte, l'évacuation des populations et l'organisation des secours.

La deuxième priorité est donc de réduire le coût des dommages liés à une inondation pour la collectivité nationale qui assure, au travers de la loi sur l'indemnisation des catastrophes naturelles (articles L.121-16 et L.125-1 et suivants du code des assurances), une solidarité.

2.2.1.2. LIMITER LES FACTEURS AGGRAVANT LES RISQUES

Les facteurs aggravants sont presque toujours liés à l'intervention de l'homme. Ils résultent notamment de :

- L'implantation des personnes et des biens dans le champ d'inondation : non seulement l'exposition aux risques est augmentée, mais l'imperméabilisation des sols due à l'urbanisation, favorise le ruissellement au détriment de l'infiltration et augmente l'intensité des écoulements. L'exploitation des sols a également une incidence : par exemple, la présence de vignes (avec drainage des eaux de pluie sur les pentes) ou de champs de maïs plutôt que des prairies contribuent à un écoulement plus rapide et diminue le temps de concentration des eaux vers l'exutoire.
- La défaillance des dispositifs de protection : leur rôle est limité et leur efficacité et résistance dépendent de leur mode de construction, de leur gestion et de leur entretien, ainsi que de la crue de référence pour laquelle ils ont été dimensionnés. En outre, la rupture ou la submersion d'une digue expose davantage les constructions qui se trouvent immédiatement à l'aval ou à proximité de l'ouvrage.
- Le transport et le dépôt de produits indésirables : il arrive que l'inondation emporte puis abandonne sur son parcours des produits polluants ou dangereux, en particulier en zone urbaine. C'est pourquoi il est indispensable que des précautions particulières soient prises concernant leur stockage. Des mesures simples, telles que l'arrimage des cuves à fuel dans les caves des particuliers, permettent souvent d'éviter des dégâts, un coût et des délais de remise en état, plus importants encore.
- La formation et la rupture d'embâcles : les matériaux flottants transportés par le courant (arbres, buissons, caravanes, véhicules...) s'accumulent en amont de passages étroits au point de former des barrages qui surélèvent fortement le niveau de l'eau et, en cas de rupture, provoquent une onde puissante et dévastatrice en aval.
- La surélévation de l'eau en amont des obstacles : la présence de ponts, remblais ou murs dans le champ d'écoulement provoque une surélévation de l'eau en amont et sur les côtés qui accentue les conséquences de l'inondation (accroissement de la durée de submersion, création de remous et de courants...).

2.2.2. STRUCTURE ET CONTENU DU REGLEMENT

Le règlement fixe, pour chacune des zones, les règles d'urbanisme, de construction et les conditions d'utilisation et d'exploitation applicables aux constructions nouvelles autorisées et aux constructions existantes éventuelles. Il prescrit les mesures de protection des populations : mesures de réduction de la vulnérabilité des biens existants et obligations légales incombant aux communes.

On distingue dans le règlement :

- les projets « nouveaux » : il s'agit de tous les projets de constructions nouvelles quelle que soit leur destination (habitation, activité commerciale ou industrielle,...) ou leur taille, qu'il s'agisse de bâtiments clos et couverts ou d'infrastructures, qu'ils soient implantés sur un terrain nu ou supportant déjà des constructions, ;
- les projets « sur biens et activités existant » : il s'agit de tous les projets de réalisation d'aménagements, de travaux (par exemple, une extension) ou de changement de destination sur des constructions existantes.

Ce document réglementaire est structuré en trois parties :

- **La partie 1 « Portée générale du PPRI et dispositions générales »** fixe le champ d'application et les effets du PPRI. Il rappelle notamment les objectifs du PPRI, la portée du règlement et explique les dénominations et les principes généraux de la délimitation du zonage réglementaire.
- **La partie 2 « Réglementation des projets »** traite de la réglementation qui est appliquée aux projets nouveaux et à ceux sur les biens et activités existants, exposés au risque d'inondation par débordement des cours d'eau. Elle vise à maîtriser l'urbanisation future ainsi que l'évolution de l'urbanisation existante afin de limiter la population exposée en cas d'inondation ainsi que les dégâts matériels. À ce titre, elle détermine, d'une part, les types de projets dont la réalisation en zone inondable peut être autorisée ou doit être interdite. D'autre part, elle contient les prescriptions applicables aux projets autorisés dans le cas où les maîtres d'ouvrage de constructions nouvelles ou existantes souhaitent réaliser des travaux ou aménagements.
- **La partie 3 « Mesures de réduction de la vulnérabilité »** porte sur les mesures relatives à l'aménagement, à l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des installations et des voies de communication existant à la date d'approbation du PPRI. Ces mesures s'appliquent à toutes les zones réglementées et visent la protection des populations face aux risques encourus, en agissant sur l'existant. Elle impose ou recommande la réalisation de diagnostics, travaux ou aménagements aux propriétaires des constructions existant à la date d'approbation du PPRI. Les travaux de prévention imposés à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du PPRI, ne peuvent porter que sur des aménagements limités dont le coût n'excède pas 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien existant à la date d'approbation du PPRI (article R.562-5 du code de l'environnement).

SECTION 7

MESURES DE REDUCTION DE LA VULNERABILITE

1. NOTIONS DE VULNERABILITE

Au sens large, la vulnérabilité exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux, c'est-à-dire sur les personnes, les biens, les activités et l'environnement. Elle caractérise la plus ou moins grande résistance d'un enjeu à un événement donné.

La réduction de la vulnérabilité a pour objectif, d'une part, d'assurer la sécurité des personnes et, d'autre part, de limiter les dégâts matériels et les dommages économiques.

On peut distinguer :

- La vulnérabilité humaine évaluant d'abord les préjudices potentiels aux personnes, dans leur intégrité physique et morale. Elle s'élargit également à d'autres composantes de la société (sociales, psychologiques, culturelles, etc.) et tente de mesurer sa capacité de réponse à des crises ;
- La vulnérabilité économique traduisant le degré de perte ou d'endommagement des biens et des activités exposées au risque d'inondation ;
- La vulnérabilité environnementale (pollutions, etc.).

1.1. VULNERABILITE DES PERSONNES

La vulnérabilité des personnes dépend de leur connaissance préalable du phénomène (alerte et information), des caractéristiques du phénomène (intensité, rapidité, étendue, hauteur d'eau, etc.), des conditions d'exposition (intérieur ou extérieur d'un bâtiment, d'un véhicule, résistance du lieu refuge, obscurité, froid, sommeil), du comportement adopté pendant le phénomène et de leur condition physique et psychique.

Toute personne est vulnérable face à une catastrophe naturelle. Mais certaines personnes sont plus vulnérables que d'autres, tels les enfants, les personnes âgées, les personnes atteintes d'un handicap physique, les personnes malades, etc., notamment en cas d'évacuation nécessaire. Une personne informée sur la manière de réagir est moins vulnérable qu'une personne qui ne l'est pas.

1.2. VULNERABILITE DES BIENS EXPOSES

La vulnérabilité des biens dépend de leur nature (maison, entrepôt, site, industrie, patrimoine culturel, etc.), de leur localisation et de leur résistance intrinsèque. Plus un bien est vulnérable, plus les dommages prévisibles seront conséquents.

Au regard des retours d'expérience, il apparaît que les biens situés en zone inondable n'ont pas été conçus pour résister aux inondations, car les biens matériels sont différemment sensibles à l'eau. Réduire la vulnérabilité des biens, c'est également et surtout accroître la sécurité des personnes qui s'y trouvent.

2. MESURES DE REDUCTION DE LA VULNERABILITE

Pour limiter la vulnérabilité des zones inondables, il est nécessaire de :

- Prendre en compte les risques dans l'aménagement du territoire, car la réduction de la vulnérabilité des enjeux passe avant tout par la maîtrise de l'urbanisation, voire l'adaptation des constructions dans les zones à risques ;
- Prendre en compte le risque inondation à l'échelle des bassins versants, à travers les Programmes d'Actions de Prévention contre les Inondations (PAPI) qui ont pour objet de promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondation en vue de réduire leurs conséquences dommageables sur la santé humaine, les biens, les activités économiques, le patrimoine et l'environnement ;
- Lutter contre l'imperméabilisation des sols qui favorise les phénomènes de ruissellement, notamment urbain ;
- Favoriser la résilience lorsque l'aménagement d'une zone inondable est inéluctable.

Des mesures de réduction de la vulnérabilité peuvent être prises par les particuliers, les gestionnaires de réseaux ou d'établissements ou encore par les maîtres d'ouvrage publics afin de protéger la population et les biens existants exposés à l'aléa. Ces mesures visent l'adaptation, par des études ou des travaux de modification, des biens déjà situés dans les zones réglementées par le PPRI au moment de son approbation.

Selon l'exposition aux inondations de certaines habitations, des travaux ou dispositifs de protection peuvent être efficaces pour en réduire la vulnérabilité. Elles peuvent concerner l'aménagement de ces biens, leur utilisation mais aussi leur exploitation.

Les travaux relevant de certaines mesures individuelles sur le bâti sont rendus obligatoires et ne s'imposent que dans la limite de 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien considéré à la date d'approbation du plan (article R.562-5 du code de l'environnement).

La mise en œuvre de ces mesures doit intervenir dans un délai de 5 ans à compter de l'approbation du PPRI. À défaut de mise en œuvre de ces mesures dans les délais prévus, le préfet peut imposer leur réalisation aux frais du propriétaire ou du gestionnaire.