



Préfecture de la Mayenne



Direction Départementale de
l'Équipement de la Mayenne

Plan de Prévention des Risques
Naturels Prévisibles d'Inondation

Commune de Chailland

Août 2006



PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1^{er} AOÛT 2006

1 - NOTE DE PRESENTATION

Sommaire

1. Démarche globale de gestion des inondations	1
1.1. Aspect législatif	1
1.2. Objectifs en matière de gestion des zones inondables	1
1.3. Principes et moyens à mettre en œuvre	1
1.4. Mise en œuvre du PPRI sur l'Ernée à Chailland	1
2. Présentation du secteur d'étude	2
2.1. Contexte géographique et administratif	2
2.2. Caractéristiques générales du site d'étude et ouvrages hydrauliques	2
2.2.1. Morphologie	2
2.2.2. Ouvrages hydrauliques sur l'Ernée	2
3. Méthodologie	5
3.1. Démarche globale	5
3.2. Recueil de données et terrain	5
3.3. Hydrologie	5
3.4. Modélisation hydraulique	6
3.5. Principe de classification des zones d'inondation	6
3.6. Cartographie de l'aléa hydraulique	6
3.7. Cartographie de l'enjeu	6
3.8. Cartographie du zonage réglementaire	7
4. Synthèse hydrologique	7
4.1. Bassin versant de l'Ernée	7
4.1.1. Découpage des bassins versants	7
4.1.2. Superficies des bassins versants	8
4.1.3. Choix des points de calcul hydrologique	8
4.2. Calcul des débits de crue au droit d'Ernée et d'Andouillé	9
4.2.1. Stations hydrométriques	9
4.2.2. Crues historiques	10
4.2.3. Estimation du débit de crue centennale au droit d'Ernée et Andouillé	15
4.3. Extrapolation des débits de crue au droit des différents points de calcul	19
5. Modélisation hydraulique	20
5.1. Construction du modèle	20
5.1.1. Topographie	20
5.1.2. Ouvrages hydrauliques	20
5.1.3. Conditions aux limites	20
5.1.4. Coefficients de perte de charge	20

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1^{er} AOÛT 2006

5.1.5.	Repères de crue	20
5.2.	Calage et validation du modèle	21
5.2.1.	Calage du modèle : Simulation des crues de 1974 et 1995	21
5.2.2.	Validation du modèle : Simulation de la crue de 2003	21
5.3.	Modélisation de la crue centennale	21
5.3.1.	Simulation de la crue centennale	21
5.3.2.	Caractéristiques de la zone inondée par la crue centennale	21
5.3.3.	Précisions des évaluations hydrauliques	22
6.	Analyse de l'enjeu	22
6.1.	Axes structurants	22
6.1.1.	Desserte de la commune de Chailland	22
6.1.2.	Traversée du centre-ville de Chailland	22
6.2.	Etablissements publics	23
6.3.	Etablissements industriels	23
6.4.	Etablissements commerciaux	23
6.5.	Habitations	24
6.6.	Synthèse	24

Figures

Figure 1 :	Ajustement d'une loi de Gumbel sur les débits de crue instantanés à Ernée	9
Figure 2 :	Ajustement d'une loi de Gumbel sur les débits de crue instantanés à Andouillé	9
Figure 3 :	Hydrogramme de la crue de janvier 1995 à Ernée	12
Figure 4 :	Hydrogramme de la crue de janvier 1995 à Andouillé	12
Figure 5 :	Hydrogramme de la crue de novembre 1974 à Ernée	13
Figure 6 :	Hydrogramme de la crue de novembre 1974 à Andouillé	13
Figure 7 :	Hydrogramme de la crue de janvier 2001 à Ernée	14
Figure 8 :	Hydrogramme de la crue de janvier 2001 à Andouillé	14
Figure 9 :	Hydrogramme de la crue de décembre 1999 à Ernée	15
Figure 10 :	Hydrogramme de la crue de décembre 1999 à Andouillé	15
Figure 11 :	Ajustement des pluies maximales à Entrammes par une loi de Gumbel	16
Figure 12 :	Ajustement des pluies maximales à Entrammes par une loi de Gumbel	16
Figure 13 :	Gradex des pluies à Entrammes	17

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1^{er} AOÛT 2006

Photographies

Photographie 1 : Ouvrages ERN19, ERN19b et ERN19c (barrage et pont de la Fenderie)	3
Photographie 2 : Ouvrage ERN20 (passerelle de la Claie)	3
Photographie 3 : Ouvrage ERN20c (seuil de Chailland)	3
Photographie 4 : Ouvrage ERN21 (pont de Chailland)	3
Photographie 5 : Ouvrage ERN21b (passerelle de Chailland)	4
Photographie 6 : Ouvrage ERN21c (barrage du Moulin du Bourg)	4
Photographie 7 : Ouvrage ERN22 (passerelle du Val de Bourdais)	4
Photographie 8 : Ouvrage ERN23 (passerelle et barrage de Clivoy)	4

Tableaux

Tableau 1 : Synthèse des données recueillies	5
Tableau 2 : Débits de crue au droit d'Andouillé issus de la synthèse hydrologique	6
Tableau 3 : Grille de définition de l'aléa hydraulique	6
Tableau 4 : Grille d'élaboration de la carte de zonage réglementaire.	7
Tableau 5 : Superficies des bassins versants	8
Tableau 6 : Caractéristiques des bassins versants en amont des points de calcul hydrologique	8
Tableau 7 : Débits caractéristiques de crue au droit d'Ernée et Andouillé	10
Tableau 8 : Débits des crues historiques au droit d'Ernée et Andouillé	10
Tableau 9 : Périodes de retour associées aux crues historiques	11
Tableau 10 : Données météorologiques sur la crue de janvier 1995	11
Tableau 11 : Données météorologiques sur la crue de novembre 1974	12
Tableau 12 : Données météorologiques sur la crue de janvier 2001	13
Tableau 13 : Données météorologiques sur la crue de décembre 1999	14
Tableau 14 : Gradex des pluies à Entrammes	16
Tableau 15 : Durées de crue au droit d'Ernée et d'Andouillé	17
Tableau 16 : Rapport du débit moyen sur 48 h au débit de pointe pour la station d'Ernée	17
Tableau 17 : Application de la méthode du Gradex au droit de la station d'Ernée	18
Tableau 18 : Rapport du débit moyen sur 48 h au débit de pointe pour la station d'Andouillé	18
Tableau 19 : Application de la méthode du Gradex au droit de la station d'Andouillé	18
Tableau 20 : Calcul du débit de pointe centennal au droit d'Ernée et Andouillé	18
Tableau 21 : Estimation du coefficient de la formule de Myer	19
Tableau 22 : Extrapolation des débits de crue au droit des points de calcul hydrologique	19
Tableau 23 : Calage du modèle – crue de 1974	21
Tableau 24 : Calage du modèle – crue de 1995	21
Tableau 25 : Validation du modèle	21
Tableau 26 : rues inondées sur la commune de Chailland en rive gauche de l'Ernée	23
Tableau 27 : rues inondées sur la commune de Chailland en rive droite de l'Ernée	23
Tableau 28 : Etablissements publics inondés sur la commune de Chailland	23

1. Démarche globale de gestion des inondations

1.1. Aspect législatif

La prévention des risques naturels, dont font partie les risques d'inondation, a été relancée par le Chapitre II, Titre VI, Livre 5 du Code de l'Environnement, relatif au renforcement de la protection de l'environnement. Ce chapitre reprend en partie et complète la loi "Barnier" n°95-101 du 2 février 1995, relative au renforcement de la protection de l'environnement.

Ce chapitre institue un document unique : le plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) qui remplace tous les plans ou périmètres existants précédemment (plans de surfaces submersibles, plans d'exposition aux risques naturels prévisibles). Ces nouveaux plans sont institués par les préfets de département, sont soumis à enquête publique et constituent une servitude d'utilité publique. Ce chapitre établit également un programme visant à ce que tous les secteurs soumis à des risques importants soient couverts par un PPR d'ici à 5 ans.

1.2. Objectifs en matière de gestion des zones inondables

La circulaire interministérielle du 24 janvier 1994 définit les objectifs arrêtés par le gouvernement en matière de gestion des zones inondables. Ces objectifs sont les suivants :

- arrêter les nouvelles implantations humaines dans les zones les plus dangereuses,
- préserver les capacités de stockage et d'écoulement des crues,
- sauvegarder l'équilibre et la qualité des milieux naturels.

1.3. Principes et moyens à mettre en œuvre

Une circulaire interministérielle plus récente (24 avril 1996) concerne les dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zones inondables. Elle rappelle la politique à mettre en œuvre qui consiste à appliquer les principes suivants :

- veiller à ce que soit interdite toute nouvelle construction dans les zones inondables soumises aux aléas les plus forts,
- contrôler strictement l'extension de l'urbanisation, c'est-à-dire la réalisation de nouvelles constructions, dans les zones d'expansion des crues,
- éviter tout endiguement ou remblai nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés.

Ceci implique notamment la délimitation :

- des zones d'expansion de crues à préserver, qui sont les secteurs non urbanisés ou peu urbanisés et peu aménagés où la crue peut stocker un volume d'eau important ;
- des zones d'aléas les plus forts, déterminées en fonctions des hauteurs d'eau atteintes par une crue de référence.

Cette circulaire précise également les dispositions applicables aux constructions existantes qui visent à réduire la vulnérabilité des biens et activités dans les zones exposées et à maintenir la capacité d'écoulement et d'expansion des crues. Les principales dispositions sont les suivantes :

- permettre les travaux et les aménagements du bâti et de ses accès ayant pour effet de réduire le risque d'inondation,
- interdire les aménagements nouveaux de locaux à usage d'habitation ou des extensions significatives à rez-de-chaussée,
- imposer les dispositifs visant à empêcher la dispersion d'objets ou de produits dangereux, polluants ou flottants,
- interdire, dans les zones d'aléa le plus fort, toute augmentation d'emprise au sol des bâtiments ainsi que les clôtures dont la conception constituerait un obstacle à la libre circulation des eaux.

Des adaptations peuvent être apportées à ces dispositions en fonction du contexte local afin de tenir compte des usages agricoles et de ceux directement liés à la voie d'eau ainsi que des centres urbains.

1.4. Mise en œuvre du PPRI sur l'Ernée à Chailland

C'est dans le cadre législatif décrit précédemment (Chapitre II, Titre VI, Livre 5 du code de l'environnement) que s'inscrit le Plan de Prévention des Risques Inondation sur l'Ernée au droit de la commune de Chailland.

Une synthèse hydrologique comprenant une analyse des débits de l'Ernée au droit des stations hydrométriques d'Ernée et d'Andouillé a préalablement été réalisée et fait apparaître une période de retour inférieure à 100 ans pour les crues historiques observées depuis 1966.

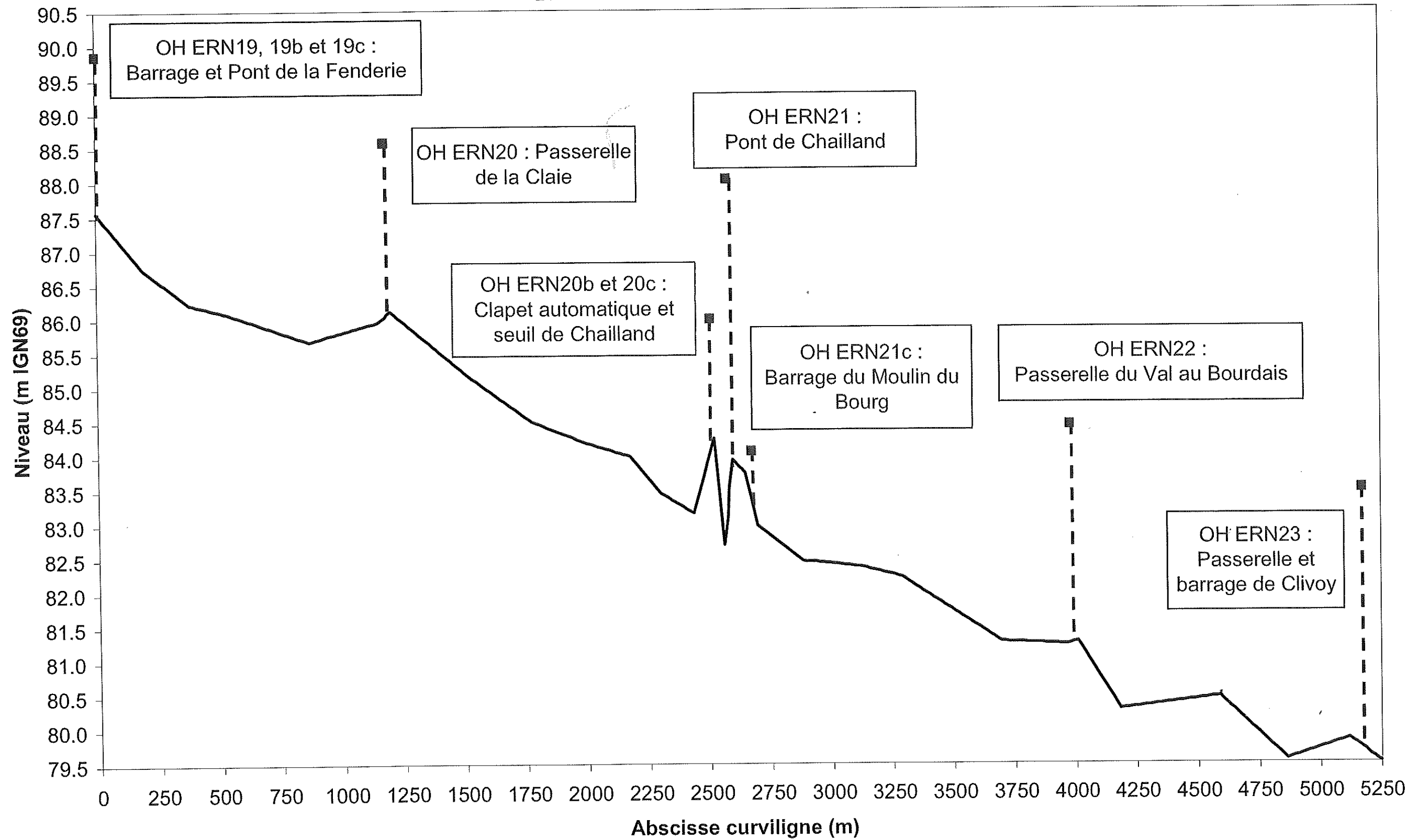
Or, la méthodologie de mise en place des PPRI en France demande la prise en compte de la crue la plus forte observée ou de la crue centennale si la plus forte crue observée à une période de retour inférieure à 100 ans. C'est pourquoi le présent PPRI est élaboré sur la base d'une crue centennale de l'Ernée.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1^{er} AOÛT 2006

Profil en long de la zone d'étude

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1 AOUT 2006

— Cote fil d'eau (m IGN69) ■ Ouvrage aval



2. Présentation du secteur d'étude

2.1. Contexte géographique et administratif

Le secteur d'étude concerne la rivière de l'Ernée au droit de sa traversée de l'agglomération de Chailland, dans le département de la Mayenne.

L'arrêté préfectoral de prescription du PPRI précise les limites de la zone d'étude :

- Limite amont : barrage de la "Fenderie" ;
- Limite aval : barrage de "Clivoy".

Ainsi, le tronçon étudié représente un linéaire de l'ordre de **5.3 km** de l'Ernée, ce linéaire ainsi que les lits majeurs en rive gauche et droite étant entièrement inclus dans le territoire de la commune de Chailland.

2.2. Caractéristiques générales du site d'étude et ouvrages hydrauliques

2.2.1. Morphologie

La rivière de l'Ernée prend sa source au Bas-Maine.

Elle draine, au droit de la limite amont du secteur d'étude (barrage de la « Fenderie »), un bassin versant d'une superficie de l'ordre de 282 km². Le relief est relativement marqué au droit de cette limite et donc le lit majeur restreint.

Les principaux affluents sont, de l'amont vers l'aval du secteur d'étude :

- La rivière du Vaumorin, qui draine un bassin versant d'une superficie de 14.0 km², ce qui représente environ 5 % de la superficie du bassin versant de l'Ernée en amont de cette confluence. Ce ruisseau rejoint le lit de l'Ernée en aval immédiat de l'ouvrage ERN21 (franchissement de la RD165) ;
- Les ruisseaux de Villeneuve et de la Templierie, qui confluent au droit du lieu-dit *Le Bourg Moreau* et drainent un bassin versant d'une superficie de 16.3 km², ce qui représente environ 5.5 % de la superficie du bassin versant de l'Ernée en amont de cette confluence. Ce ruisseau rejoint le lit de l'Ernée environ 730 m en amont de l'ouvrage ERN22 (passerelle du Val de Bourdais) ;
- Le ruisseau de la Bignonnière, qui draine un bassin versant d'une superficie de 6.8 km², ce qui représente environ 2.2 % de la superficie du bassin versant de l'Ernée en amont de cette confluence. Ce ruisseau rejoint le lit de l'Ernée environ 630 m à l'aval de l'ouvrage ERN22 (passerelle du Val de Bourdais).

2.2.2. Ouvrages hydrauliques sur l'Ernée

La limite amont du site d'étude est matérialisée par le barrage de la Fenderie (ouvrage ERN19c), composé d'un seuil fixe perpendiculaire au pont de franchissement du CR de la Fenderie (ouvrage ERN19). Ce barrage permet d'alimenter le vannage (ouvrage ERN19b) existant sur le bras secondaire en amont immédiat du seuil.

La rivière de l'Ernée draine, au droit de cette limite un bassin versant d'une superficie de 282 km². La vallée de l'Ernée est relativement encaissée au droit de cette limite, ce qui restreint la largeur du champ d'inondation.

A l'aval, l'Ernée s'écoule sur environ 1 200 m vers le sud avec un élargissement progressif du lit majeur puis est franchie par la passerelle de la Claie (ouvrage ERN20) au droit du lieu-dit *La Claie* dans la partie amont d'un méandre.

L'Ernée s'écoule ensuite vers l'ouest sur environ 1.3 km à l'aval de cette passerelle, le lit majeur se rétrécissant progressivement sur ce linéaire, avant d'arriver dans l'entrée du centre ville de Chailland.

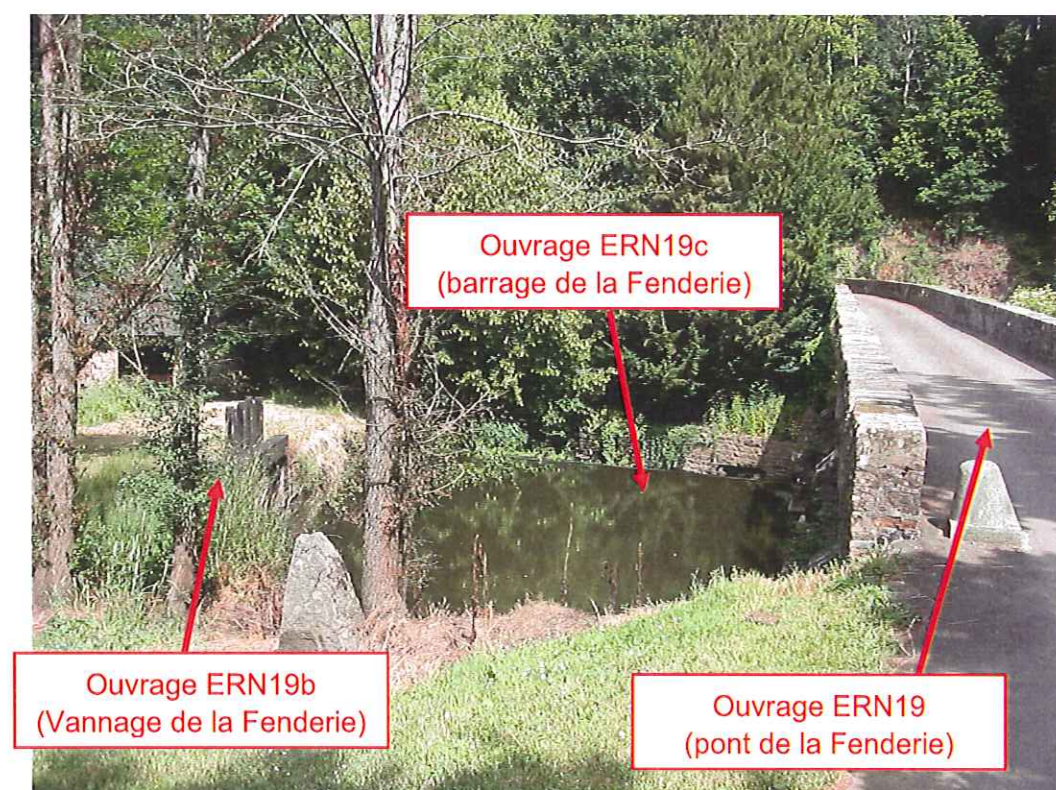
A la traversée du centre ville de Chailland, l'Ernée forme un méandre relativement marqué où sont implantés les ouvrages hydrauliques suivants : clapet automatique (ouvrage ERN20b) et seuil de Chailland (ouvrage ERN20c), pont de Chailland à deux arches (ouvrage ERN21) de franchissement de la RD165, passerelle de Chailland (ouvrage ERN21b) et barrage du moulin du Bourg (ouvrage ERN21c).

A l'aval de l'ouvrage ERN21c, l'Ernée reprend son cours en direction du sud sur un linéaire de l'ordre de 1.3 km puis est franchie par la passerelle du Val de Bourdais (ouvrage ERN22). Elle poursuit ensuite son cours en direction du sud sur un linéaire d'environ 1.2 km, avec un rétrécissement progressif du lit majeur, puis est franchie par la passerelle piétons de Clivoy, équipée d'un seuil fixe et de deux clapets automatiques (ouvrage ERN23). Cet ouvrage matérialise la limite aval de l'étude.

Ces ouvrages sont localisés sur le profil en long ci-contre. Leurs photographies sont fournies ci-après.

Les caractéristiques de ces ouvrages, issues d'un lever topographique, sont fournies en annexe 1 de la présente notice.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 5-1 AOUT 2006



Photographie 1 : Ouvrages ERN19, ERN19b et ERN19c (barrage et pont de la Fenderie)



Photographie 3 : Ouvrage ERN20c (seuil de Chailland)

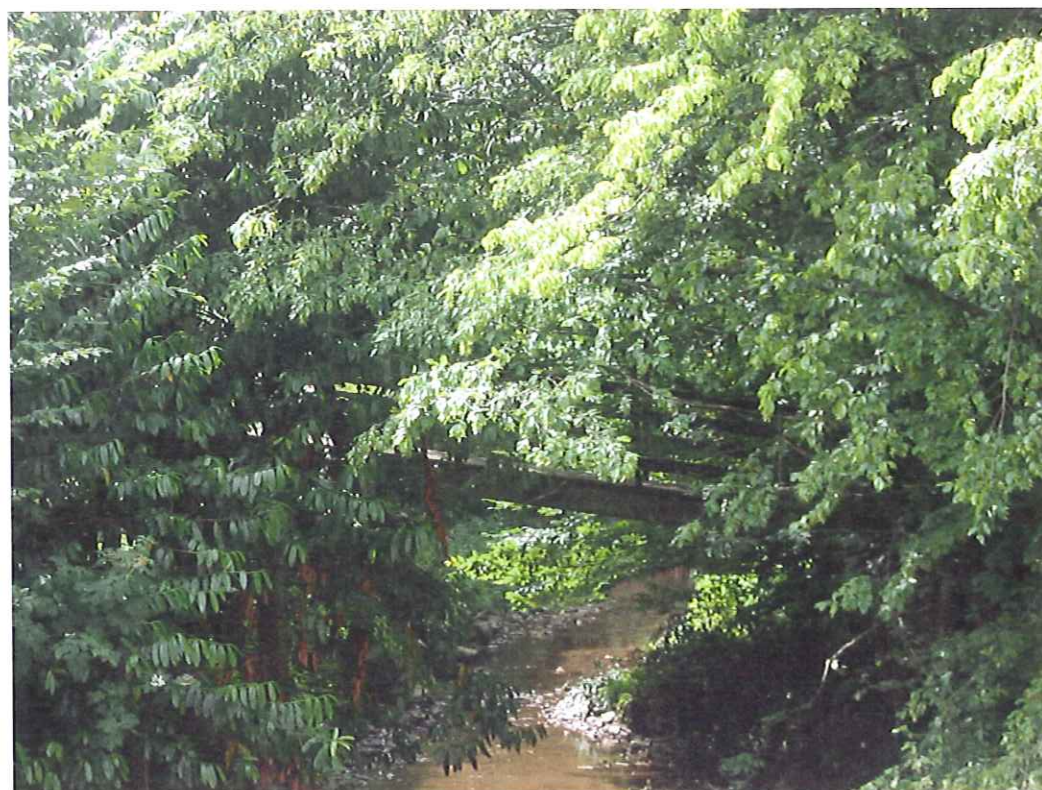


Photographie 2 : Ouvrage ERN20 (passerelle de la Claie)



Photographie 4 : Ouvrage ERN21 (pont de Chailland)

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1^{er} AOUT 2006



Photographie 5 : Ouvrage ERN21b (passerelle de Chailland)



Photographie 7 : Ouvrage ERN22 (passerelle du Val de Bourdais)



Photographie 6 : Ouvrage ERN21c (barrage du Moulin du Bourg)



Photographie 8 : Ouvrage ERN23 (passerelle et barrage de Clivoy)

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOÛT 2006

3. Méthodologie

3.1. Démarche globale

L'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques d'Inondation nécessite la réalisation des étapes suivantes :

- Une analyse hydrologique afin d'estimer les débits caractéristiques de crue (crues historiques et centennale) au droit des confluences principales de la zone d'étude ;
- Une cartographie de l'aléa hydraulique, c'est-à-dire un découpage de la zone inondée par la crue centennale en différentes classes (faible, moyen ou fort) en fonction de la profondeur de submersion (inférieure à 0.5 m, comprise entre 0.5 et 1 m, supérieure à 1 m) et de la vitesse d'écoulement ;
- Une cartographie de l'enjeu, c'est-à-dire un découpage de la zone inondée en différentes classes correspondant à des enjeux différents :
 - les zones d'expansion des crues (pâtures, boisements, ...) qui participent à l'écrêtement des hydrogrammes de crue ;
 - les centres urbains denses (centre ville) ;
 - les autres secteurs urbanisés (résidences pavillonnaires, zones d'activités, ...) ;
- Une cartographie du Risque, par croisement des deux cartographies précédentes à l'aide de la grille de croisement figurant au §3.8 ;
- L'élaboration du Règlement relatif au zonage du Risque.

3.2. Recueil de données et terrain

Dans le processus devant mener à la réalisation du Plan de Prévention des Risques d'Inondation de l'Ernée sur la commune de Chailland, la première phase qui a été réalisée a consisté en un recueil des données existantes.

Le tableau ci-après présente un récapitulatif des données collectées dans le cadre de cette première phase.

Type	Nature	Titre	Date du document	Auteur	Source
Etude	Documents brochés	Atlas des Zones Inondables de la Mayenne et de ses affluents	oct-00	SCE	SCE
Etude	Documents brochés	Etude hydrologique de la Maine	mars-99	CNR	DIREN et EPALA
Topographie	Profils en travers, semis de points et ouvrages	Topographie sur l'Ernée à Chailland	mars-03	FIT	FIT
Hydrologie	Graphes et fiches	Données hydrologiques (crues historiques et analyse statistique)	déc-99	DIREN Pays de Loire	Banque Hydro
Hydraulique	Archives	Documents sur les crues de 1974 et de 1995	/	DDE 53	DDE 53
Topo	Photos aériennes	Photographies aériennes	1996	FIT	FIT
Topo	Fond de plan informatique, CD ROM	SCAN25000	/	/	DDE 53
Topo	Fond de plan informatique, CD ROM	BD CARTO	/	/	DDE 53
Topo	Fond de plan informatique, CD ROM	SIG	/	/	DDE 53

Tableau 1 : Synthèse des données recueillies

La topographie a été réalisée par le cabinet FIT et a consisté en un levé de 30 profils en travers des lits mineur et majeur de l'Ernée répartis le long de la zone d'étude, des différents ouvrages hydrauliques (barrages, ponts, passerelles) et d'un semis de points (photogrammétrie) afin d'affiner la cartographie de l'aléa au droit de la zone d'étude.

3.3. Hydrologie

La méthodologie de mise en place des PPRI en France exige la prise en compte de la crue la plus forte observée ou de la crue centennale si la crue la plus forte observée a une période de retour inférieure à 100 ans.

La crue la plus importante observée au droit de l'agglomération d'Andouillé est la crue de l'Ernée survenue en janvier 1995. Sa période de retour a été estimée à 52 ans environ. La synthèse

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1 AOUT 2006

hydrologique réalisée en partie 4 de la présente note présente la méthodologie utilisée pour l'estimation des débits de crue centennaux au droit de la zone d'étude.

Le débit de crue de calages et de validation et le débit de crue centennale ainsi déterminés au droit de la station hydrométrique d'Andouillé sont les suivants :

	Débit de crue en m³/s
Crue de novembre 1974	75.1
Crue de janvier 1995	79.7
Crue de janvier 2003	28.9
Crue centennale	115.4

Tableau 2 : Débits de crue au droit d'Andouillé issus de la synthèse hydrologique

3.4. Modélisation hydraulique

A partir des levés topographiques des lits mineur et majeur de la rivière et des ouvrages hydrauliques, un modèle de la rivière a été construit à l'aide du logiciel HEC-RAS.

Dans un premier temps, le modèle est construit par assemblage de profils en travers de calculs (sections naturelles, ponts et seuils).

Puis, le comportement hydraulique du modèle est adapté par calage des coefficients de pertes de charge afin de retrouver les conditions observées pour les crues historiques.

Le modèle va être calé sur les crues de 1995 et de 1974 puis validé sur la crue de 2003, moins importante que les deux précédentes mais pour laquelle des repères de crue sont disponibles. Enfin, le débit centennal est injecté dans le modèle pour calculer les niveaux de référence.

Les détails de la modélisation réalisée sont fournis en parties 4 et 5 de la présente note.

3.5. Principe de classification des zones d'inondation

Le guide méthodologique des PPRI propose une classification des zones inondables basée sur la définition d'un aléa de dommage de crue (aléa très fort, fort, moyen ou faible). Cette définition tient compte de deux critères : la hauteur de submersion et la vitesse d'écoulement.

La hauteur d'eau est définie à partir de la ligne d'eau centennale calculée et des levés topographiques ayant servi à la construction du modèle. Le manque de données sur les vitesses d'écoulement ne permet de faire qu'une appréciation qualitative pour définir l'aléa. Le modèle hydraulique estime une vitesse moyenne sur le champ d'écoulement modélisé. La vitesse est considérée faible en dessous de 0.20 m/s, moyenne de 0.20 à 0.50 m/s et forte au-delà.

Le tableau ci-après, validé par la DIREN et la DDE, indique la qualification des aléas en fonction de ces deux critères :

		Vitesse		
		Faible (V < 0.2 m/s)	Moyenne (0.2 < V < 0.5 m/s)	Forte (V > 0.5 m/s)
Hauteur	H < ou = 0.50 m	Faible	Moyen	Fort
	0.50 m < H < ou = 1 m	Moyen	Moyen	Fort
	H > 1 m	Fort	Fort	Très fort

Tableau 3 : Grille de définition de l'aléa hydraulique

3.6. Cartographie de l'aléa hydraulique

A partir des données topographiques disponibles et des niveaux centennaux calculés, la zone inondable centennale est découpée en secteurs de différentes classes de hauteurs de submersion et de vitesses. Le croisement des deux paramètres suivant la grille d'évaluation définie précédemment permet ensuite de définir un niveau d'aléa hydraulique sur toute la zone d'étude.

Le report de ces zones est effectué sur fond de plan cadastral au 1 / 2 000.

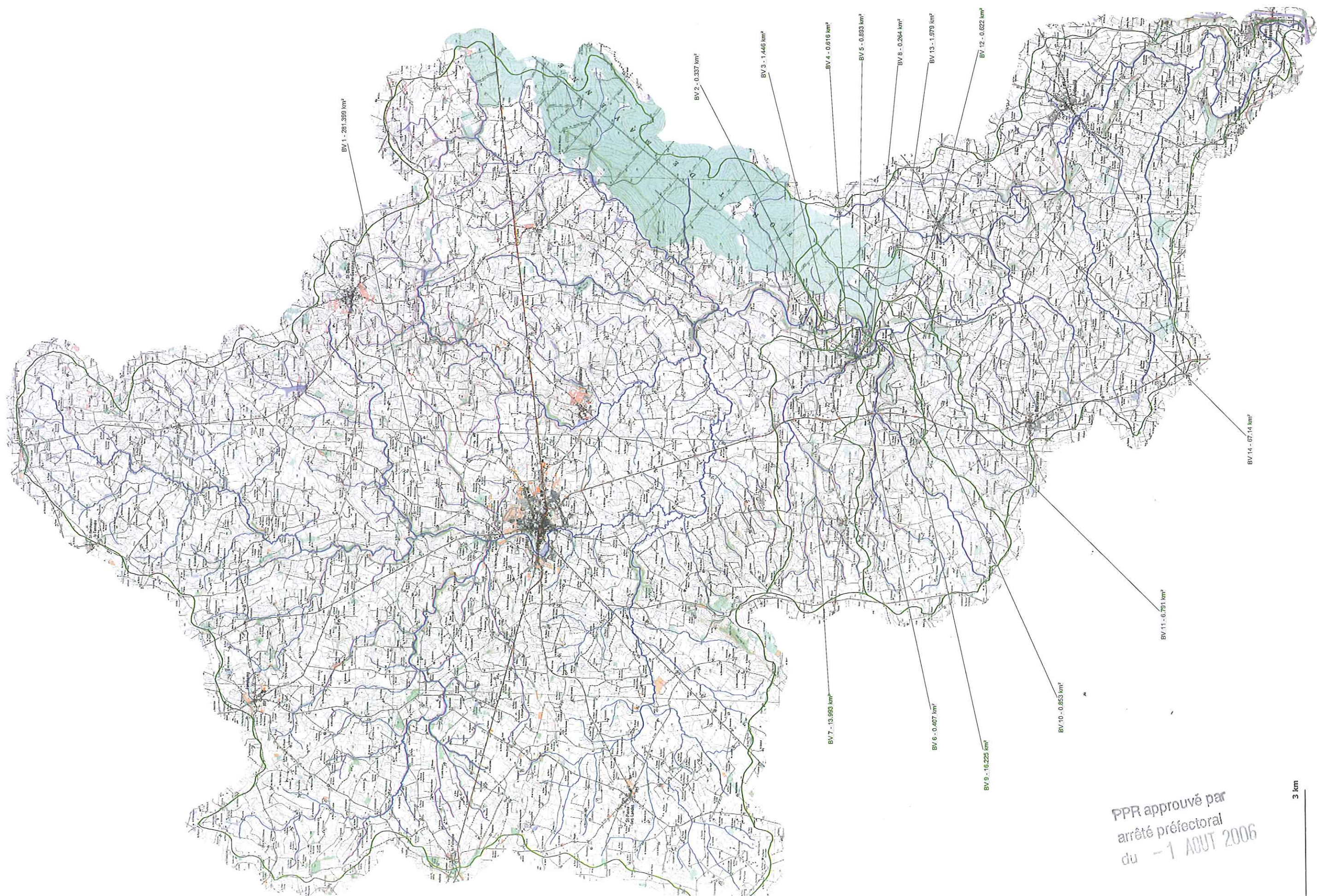
La cartographie des aléas sert de base au règlement du PPRI.

3.7. Cartographie de l'enjeu

Afin de réaliser la cartographie du risque qui servira de support au règlement du Plan de Prévention des Risques d'Inondations, un découpage de l'enjeu a été réalisé. Ce découpage sert d'interface avec la carte d'aléa pour déterminer le plan de zonage réglementaire, préciser le contenu du règlement, et un certain nombre de recommandations sur les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Les enjeux identifiés sont divisés en trois catégories :

- **Les zones d'expansion de crue à préserver** qui intègrent les boisements, les friches, les zones agricoles (cultures, prairies, bâtiments liés à l'exploitation), les terrains de sport et de camping ainsi que les aires de stationnement ;
- **Les centres urbains** qui sont constitués par les zones urbaines denses présentant une continuité du bâti et une mixité des usages ;
- **Les autres secteurs urbanisés** qui sont constitués par les zones urbaines périphériques à vocation résidentielle ou d'activité.



BV 1 - 281.395 km²

BV 2 - 0.337 km²

BV 3 - 1.446 km²

BV 4 - 0.616 km²

BV 5 - 0.693 km²

BV 8 - 0.264 km²

BV 13 - 1.579 km²

BV 12 - 0.622 km²

BV 14 - 67.14 km²

BV 11 - 6.791 km²

BV 10 - 0.853 km²

BV 9 - 16.225 km²

BV 6 - 0.407 km²

BV 7 - 13.993 km²

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du -1 AOUT 2006

3 km

3.8. Cartographie du zonage réglementaire

Conformément aux dispositions de l'article L. 562-1 du Code de l'Environnement et de l'article 3, titre I du décret n°95.1089 du 5 octobre 1995, la zone inondée par la crue centennale est ensuite divisée en deux zones :

- une zone rouge correspondant à des secteurs fortement exposés,
- une zone bleue correspondant à des secteurs moyennement exposés.

Ce zonage réglementaire est réalisé à partir de la grille de croisement ci-après.

	Zones d'expansion des crues	Espaces urbanisées	
		Autres secteurs	Centres urbains
Aléa fort	Rouge	Rouge	Rouge
Aléa moyen	Rouge	Rouge	Bleue
Aléa faible	Rouge	Bleue	Bleue

Tableau 4 : Grille d'élaboration de la carte de zonage réglementaire.

A l'issue de ce croisement, le zonage obtenu est modifié à partir du principe d'amendement suivant :

- les bâtiments étant zonés partiellement en zone rouge et/ou en zone bleue sont zonés intégralement dans la zone présentant le risque le plus fort auquel il est soumis partiellement ;
- les zonages bleus ou vides (non inondés) isolés au sein d'une zone de risque plus fort sont intégrés à cette dernière.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

4. Synthèse hydrologique

4.1. Bassin versant de l'Ernée

Plusieurs études ont été réalisées sur le bassin de l'Ernée, dont la plus récente est l'*Etude des crises hydrologiques du bassin de la Maine*, réalisée en 1998 par la CNR pour le compte de l'EPALA.

Cependant, cette étude datant de 1998, il est apparu nécessaire d'actualiser les données hydrologiques disponibles dans ces deux études afin d'intégrer les dernières crues survenues, notamment celle de 2001 qui a été presque aussi importante que celle de 1995 en terme de débit au droit d'Andouillé.

4.1.1. Découpage des bassins versants

L'extrait de carte IGN ci-contre au 1 / 100 000^{ème} présente le découpage en bassins versants retenu dans le cadre de la présente étude.

Le bassin versant n°1 (bassin versant amont) a pour exutoire le barrage de la Fenderie (limite amont du secteur d'étude).

Le bassin versant n°2 est le bassin d'alimentation intermédiaire de l'Ernée entre le barrage de la Fenderie et la confluence de l'Ernée avec le ruisseau de la Chaunière provenant de la forêt de Mayenne.

Le bassin versant n°3 est le bassin d'alimentation du ruisseau de la Chaunière provenant de la forêt de Mayenne. Son exutoire se situe en amont immédiat de sa confluence avec l'Ernée.

Le bassin versant n°4 est le bassin d'alimentation intermédiaire de l'Ernée entre la confluence de l'Ernée avec le ruisseau de la Chaunière et la confluence de l'Ernée avec le ruisseau de Bel Air provenant de la forêt de Mayenne.

Le bassin versant n°5 est le bassin d'alimentation du ruisseau de Bel Air provenant de la forêt de Mayenne. Son exutoire se situe en amont immédiat de sa confluence avec l'Ernée.

Le bassin versant n°6 est le bassin d'alimentation intermédiaire de l'Ernée entre la confluence de l'Ernée avec le ruisseau de Bel Air et la confluence de l'Ernée avec le ruisseau du Vaumorin.

Le bassin versant n°7 est le bassin d'alimentation du ruisseau du Vaumorin. Son exutoire se situe en amont immédiat de sa confluence avec l'Ernée.

Le bassin versant n°8 est le bassin d'alimentation intermédiaire de l'Ernée entre la confluence de l'Ernée avec le ruisseau du Vaumorin et la confluence de l'Ernée avec le ruisseau de Villeneuve.

Le bassin versant n°9 est le bassin d'alimentation du ruisseau de Villeneuve. Son exutoire se situe en amont immédiat de sa confluence avec l'Ernée.

Le bassin versant n°10 est le bassin d'alimentation intermédiaire de l'Ernée entre la confluence de l'Ernée avec le ruisseau de Villeneuve et la confluence de l'Ernée avec le ruisseau de la Bignonnière.

Le bassin versant n°11 est le bassin d'alimentation du ruisseau de la Bignonnière. Son exutoire se situe en amont immédiat de sa confluence avec l'Ernée.

Le bassin versant n°12 est le bassin d'alimentation intermédiaire de l'Ernée entre la confluence de l'Ernée avec le ruisseau de la Bignonnière et la limite aval du secteur d'étude (barrage de Clivoy).

Le bassin versant n°13 est le bassin d'alimentation du ruisseau de la Sauletière, dont la confluence avec l'Ernée se situe immédiatement en amont du barrage de Clivoy.

Le bassin versant n°14 est le bassin d'alimentation de l'Ernée depuis le barrage de Clivoy jusqu'à la confluence de l'Ernée avec la Mayenne.

4.1.2. Superficies des bassins versants

Les bassins versants découpés aux paragraphes précédents ont les superficies suivantes :

BV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
Superficie (ha)	28140	34	145	62	89	41	1399	26	1623	85	679	62	198	6714	39297

Tableau 5 : Superficies des bassins versants

4.1.3. Choix des points de calcul hydrologique

Les points de calculs hydrologiques sont choisis de telle manière à prendre en compte l'influence des affluents le long de la zone d'étude.

Ainsi, ces points sont, de l'amont vers l'aval :

- 1 : Limite amont de la zone d'étude (barrage de la Fenderie) ;
- 2 : Confluence du ruisseau de la Chaunière et de l'Ernée ;
- 3 : Confluence du ruisseau de Bel Air et de l'Ernée ;
- 4 : Confluence du ruisseau du Vaumorin et de l'Ernée ;
- 5 : Confluence du ruisseau de Villeneuve et de l'Ernée ;
- 6 : Confluence du ruisseau de la Bignonnière et de l'Ernée ;
- 7 : Limite aval du secteur d'étude (barrage de Clivoy).

Les caractéristiques des bassins versants qui ont pour exutoires ces points de calcul sont résumées dans le tableau ci-après.

Bassin Versant	Site	Superficie (ha)	Longueur du plus long chemin hydraulique (km)	Dénivelée (m)	Pente	Durée caractéristique de crue (jours)
1	1 : Barrage de la Fenderie	28 140	33.7	152	0.45%	2.2
1 à 3	2 : Confluence Ernée - Chaunière	28 318	34.8	154	0.44%	2.2
1 à 5	3 : Confluence Ernée - Bel Air	28 469	35.2	155	0.44%	2.2
1 à 7	4 : Confluence Ernée - Vaumorin	29 909	36.3	156	0.43%	2.2
1 à 9	5 : Confluence Ernée - Villeneuve	31 558	37.0	158	0.43%	2.3
1 à 11	6 : Confluence Ernée - Bignonnière	32 322	38.3	160	0.42%	2.3
1 à 13	7 : Barrage de Clivoy	32 583	38.9	161	0.41%	2.3

Tableau 6 : Caractéristiques des bassins versants en amont des points de calcul hydrologique

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

4.2. Calcul des débits de crue au droit d'Ernée et d'Andouillé

Compte tenu de l'absence de station hydrométrique sur le secteur d'étude, les calculs de débits sont effectués ci-après au droit des stations d'Andouillé (principalement) et Ernée pour être ensuite extrapolés (voir § 4.3.) au droit de chacun des points de calcul hydrologique identifiés ci-dessus.

4.2.1. Stations hydrométriques

Il existe deux stations hydrométriques sur l'Ernée.

La première, implantée sur la commune d'Ernée, a les caractéristiques suivantes :

- Code hydrographique : M3313010 ;
- Gestionnaire : DIREN Pays de la Loire ;
- Localisation : Pont de franchissement de la RN12 (cf. plan de découpage des bassins versants fourni dans le dossier de plans hors-texte) ;
- Période disponible : 1970 – 2003 ;
- Altitude : 110 m ;
- Superficie du bassin versant contrôlé : 115 km² ;

La seconde, implantée sur la commune d'Andouillé, a les caractéristiques suivantes :

- Code hydrographique : M3323010 ;
- Gestionnaire : DIREN Pays de la Loire ;
- Localisation : Pont de franchissement de la route des Vaugeois au Château de Fouilloux (cf. plan de découpage des bassins versants fourni dans le dossier de plans hors-texte) ;
- Période disponible : 1968 – 2003 ;
- Altitude : 63 m ;
- Superficie du bassin versant contrôlé : 375 km² ;

Ainsi, les deux stations de jaugeage présentent plus de trente années d'observation, ce qui permet un ajustement statistique sur les événements de crues pour la détermination des débits de pointe décennaux avec un intervalle de confiance acceptable. Les caractéristiques détaillées de ces stations, issues de la banque hydro, sont fournies en annexe 2 de la présente notice.

Un ajustement statistique sur les séries partielles des débits instantanés et des débits journaliers a été réalisé¹ et est représenté sur les graphiques ci-après.

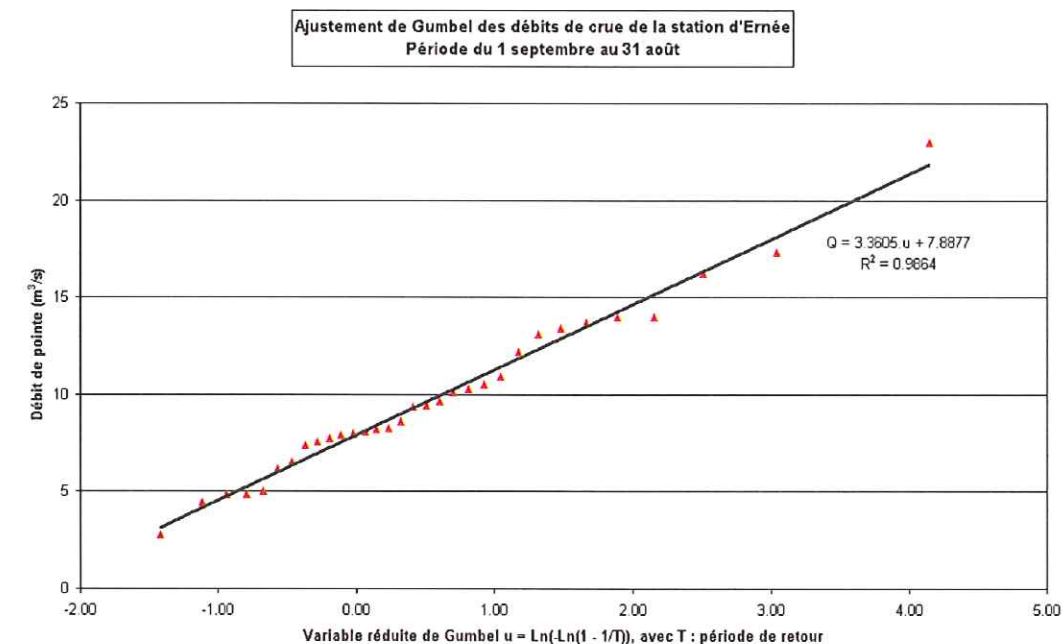


Figure 1 : Ajustement d'une loi de Gumbel sur les débits de crue instantanés à Ernée

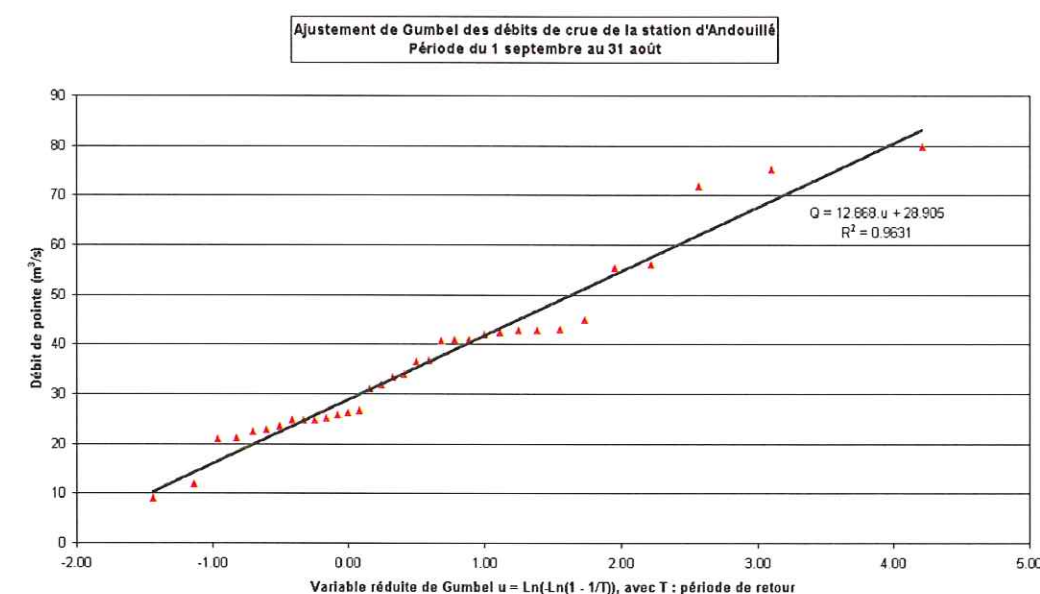


Figure 2 : Ajustement d'une loi de Gumbel sur les débits de crue instantanés à Andouillé

¹ Source : Banque Hydro

Les données concernant les débits de crues, les périodes de retour associées et les intervalles de confiance sont résumées dans le tableau suivant :

Période de retour (ans)	Débit de pointe au droit d'Ernée (m³/s)	Débit de pointe au droit d'Andouillé (m³/s)
2	9.1	33.6
5	12.9	48.2
10	15.5	57.9
20	17.9	67.1
50	21.0	79.1
X ₀	3.4	12.9
Gradex	7.9	28.9

Tableau 7 : Débits caractéristiques de crue au droit d'Ernée et Andouillé

4.2.2. Crues historiques

4.2.2.1. Genèse des crues historiques

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 les cours d'eau rapidement pour y générer des débits importants.

Ce régime pluviométrique ainsi que les caractéristiques des bassins versants (faible pente, occupation des sols rurale,...) engendrent des hydrogrammes très "mous" présentant des durées de crues pouvant atteindre plusieurs jours. Ainsi, la plupart des crues exceptionnelles survenues au droit de la commune d'Andouillé présentaient des hydrogrammes de crue d'une durée supérieure à 2 jours.

4.2.2.2. Estimation des débits de pointe et des périodes de retour des crues historiques

Les plus grandes crues historiques connues sur l'Ernée sont récapitulées dans le tableau ci-après (les quatre plus fortes crues à Andouillé apparaissent en grisé).

Crue	Débit à Ernée (m³/s)	Débit à Andouillé (m³/s)
nov-74	23	75.1
févr-77	9.66	40.9
févr-78	9.37	36.6
févr-80	7.9	31
janv-82	10.3	43.1
déc-82	14	42.3
mars-86	7.38	25.9
déc-86	7.72	24.7
mars-89	6.55	33.3
févr-90	10.1	40.6
janv-91	6.2	24.8
févr-94	10.5	42.7
janv-95	13.1	79.7
févr-96	4.84	42.7
févr-97	7.98	40.9
janv-98	8.22	20.9
déc-99	13.4	56
janv-01	14.3	71.7
mars-02	8.62	31.9
janv-03	8.54	28.9

Tableau 8 : Débits des crues historiques au droit d'Ernée et Andouillé

L'estimation de la période de retour de ces événements est réalisée à l'aide de l'ajustement de Gumbel (cf. 4.2.1), soit :

- pour la station d'Ernée :

$$T = \frac{1}{1 - e^{-\frac{7.89 - Q}{3.36}}}$$

- pour la station d'Andouillé :

$$T = \frac{1}{1 - e^{-\frac{28.91 - Q}{12.87}}}$$

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1^{er} AOÛT 2006

Crue	Débit à Ernée (m³/s)	Période de retour	Débit à Andouillé (m³/s)	Période de retour
nov-74	23	90.3	75.1	36.7
févr-77	9.66	2.2	40.9	3.1
févr-78	9.37	2.1	36.6	2.4
févr-80	7.9	1.6	31	1.7
janv-82	10.3	2.6	43.1	3.5
déc-82	14	6.7	42.3	3.4
mars-86	7.38	1.5	25.9	1.4
déc-86	7.72	1.5	24.7	1.3
mars-89	6.55	1.3	33.3	2.0
févr-90	10.1	2.5	40.6	3.0
janv-91	6.2	1.2	24.8	1.3
févr-94	10.5	2.7	42.7	3.4
janv-95	13.1	5.2	79.7	52.3
févr-96	4.84	1.1	42.7	3.4
févr-97	7.98	1.6	40.9	3.1
janv-98	8.22	1.7	20.9	1.2
déc-99	13.4	5.7	56	8.7
janv-01	14.3	7.3	71.7	28.3
mars-02	8.62	1.8	31.9	1.8
janv-03	8.54	1.8	28.9	1.6

Tableau 9 : Périodes de retour associées aux crues historiques

Ainsi, il apparaît que la crue historique de plus grande ampleur sur l'Ernée diffère suivant la station de jaugeage considérée :

- pour la station d'Ernée, crue de novembre 1974 avec une période de retour estimée de l'ordre de 90 ans ;
- pour la station d'Andouillé, crue de janvier 1995 avec une période de retour estimée de l'ordre de 50 ans.

De plus, les écarts entre les périodes de retour estimées pour chacune de ces crues diffèrent notablement en fonction de la station de jaugeage considérée. La raison principale de ces écarts est liée à la non homogénéité des événements pluvieux à l'origine de ces crues sur l'ensemble du bassin versant de l'Ernée.

Les quatre crues les plus importantes survenues depuis 1970 sont les suivantes, classées dans l'ordre décroissant par rapport au débit atteint à Andouillé :

- Crue du 22 janvier 1995 ;
- Crue du 17 novembre 1974 ;
- Crue du 5 janvier 2001 ;
- Crue du 28 décembre 1999.

Ces événements font l'objet des paragraphes suivants.

4.2.2.3. Crue du 22 janvier 1995

Les données météorologiques suivantes (Source : Météo-France) mettent en évidence le contexte météorologique de cet événement :

Station	J - 3	J - 2	J - 1	J	Cumul 24 h	Cumul 48 h	Cumul 72 h
Ernée (53096001)	30.5	1.1	40	12.3	12.3	52.3	53.4
Chailland (53048001)	23.8	2	24.8	9.8	9.8	34.6	36.6

Tableau 10 : Données météorologiques sur la crue de janvier 1995

Le mois de janvier 1995 s'est distingué par un épisode pluvieux remarquable les 19 et 21. Le premier épisode du 19 janvier 1995 a entraîné une saturation importante des sols et un premier épisode de crue (cf. graphes ci-après). Puis le second événement du 21 a été à l'origine de la seconde pointe de crue, plus marquée que la première.

Sa période de retour est de l'ordre de 5 ans au droit d'Ernée et de 52 ans au droit d'Andouillé.

Les hydrogrammes de crue issus des données de hauteurs d'eau aux stations d'Ernée et d'Andouillé sont représentés sur les graphes ci-après.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOÛT 2006

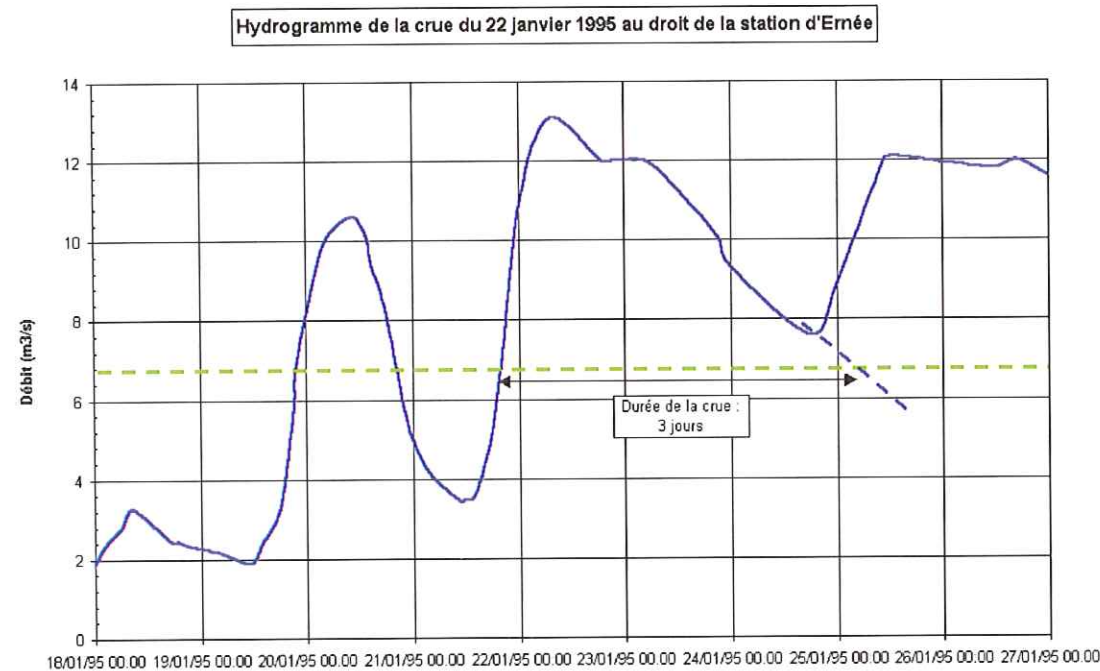


Figure 3 : Hydrogramme de la crue de janvier 1995 à Ernée

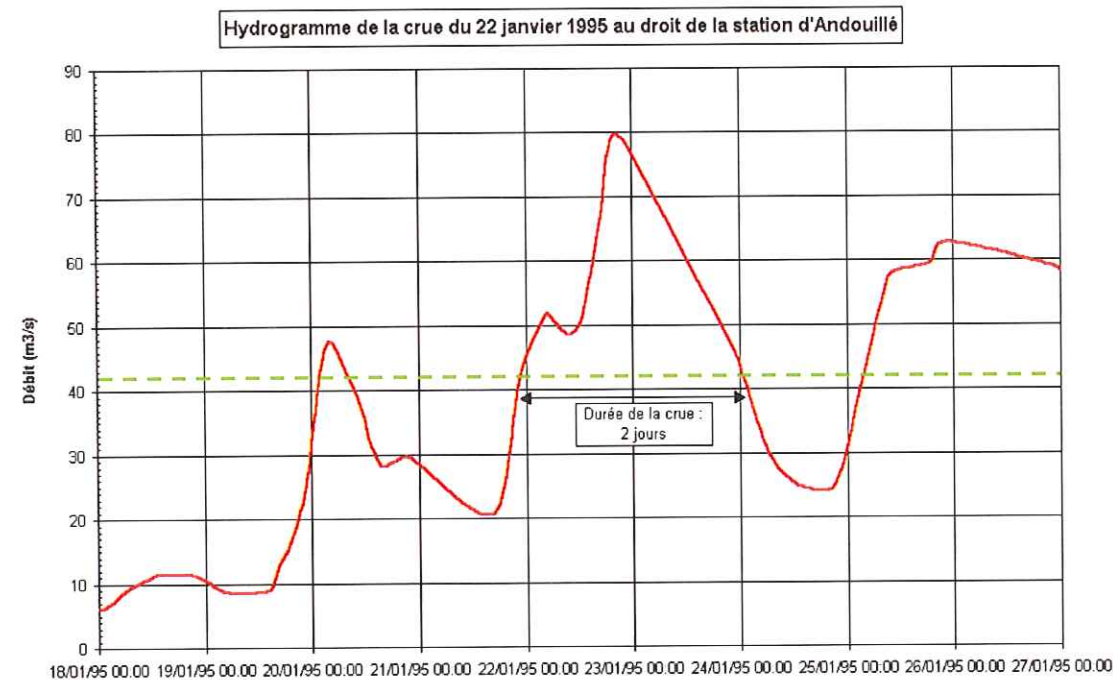


Figure 4 : Hydrogramme de la crue de janvier 1995 à Andouillé

Les durées de crue mises évidence sur les graphes correspondent à la formulation SOCOSE, à savoir la durée pendant laquelle le débit est supérieur à la moitié du débit de pointe atteint.

Il apparaît que la dynamique de la crue est tout à fait similaire au droit des deux stations de jaugeage, avec une première pointe de crue le 20 janvier 1995, pointe relativement plus forte au droit d'Ernée qu'au droit d'Andouillé par rapport au débit de pointe atteint (cf. tableau 7), et une seconde pointe le 22 janvier 1995 vers 20h15.

L'hydrogramme de crue est plus étalé au droit d'Ernée (durée de crue de l'ordre de 3 jours) que d'Andouillé (durée de crue de l'ordre de 2 jours). Ce phénomène a pour origines principales :

- un effet écrêteur plus important du bassin versant en amont d'Ernée par rapport au bassin versant en aval, qui entraîne un "étalement" plus marqué de l'hydrogramme de crue au droit d'Ernée ;
- une hétérogénéité marquée de l'événement pluvieux à l'origine de la crue entre la partie amont du bassin versant et sa partie aval, phénomène qui explique également la différence très nette de période de retour de l'événement entre les deux stations de jaugeage.

4.2.2.4. Crue de novembre 1974

Cette crue, bien que de moindre ampleur que celle de janvier 1995, présente une **période de retour de l'ordre de 90 ans au droit d'Ernée et de 37 ans au droit d'Andouillé.**

Les données météorologiques suivantes (Source : Météo-France) mettent en évidence ce contexte météorologique :

Station	J - 2	J - 1	J	Cumul 24 h	Cumul 48 h	Cumul 72 h
Ernée (53096001)	32.0	55.8	4.7	4.7	60.5	92.5
Chailland (53048001)	33.8	31.0	4.0	4.0	35.0	68.8

Tableau 11 : Données météorologiques sur la crue de novembre 1974

Les hydrogrammes de la crue, issus des données de hauteurs d'eau aux stations d'Ernée et d'Andouillé (Source : Banque Hydro), sont représentés sur les graphes ci-après.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du
- 1 AOÛT 2006

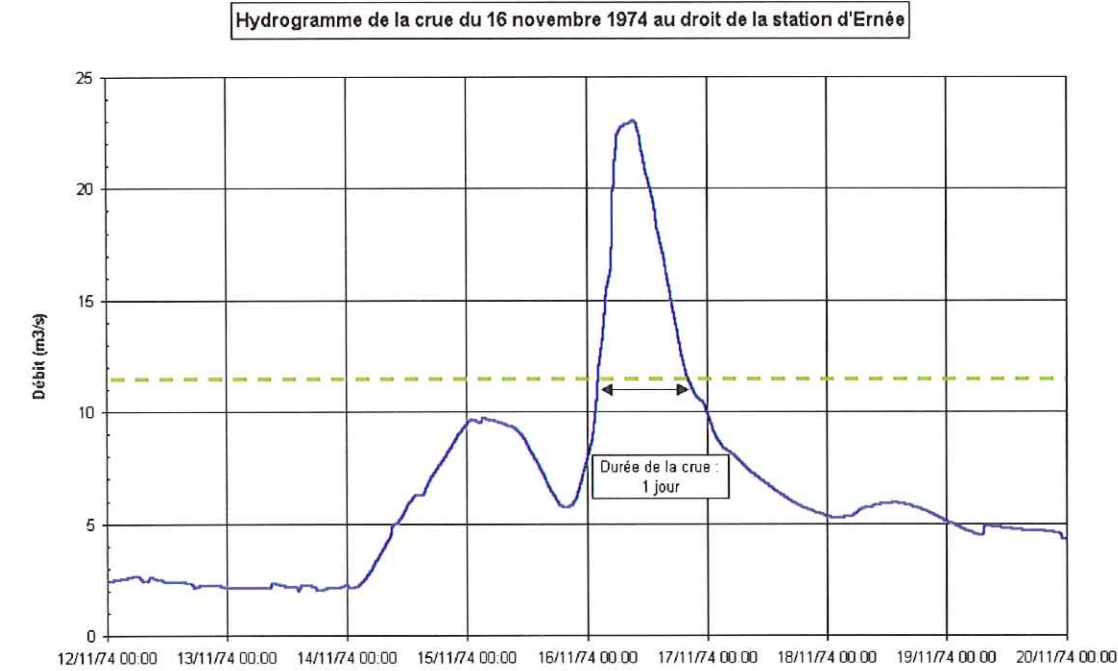


Figure 5 : Hydrogramme de la crue de novembre 1974 à Ernée

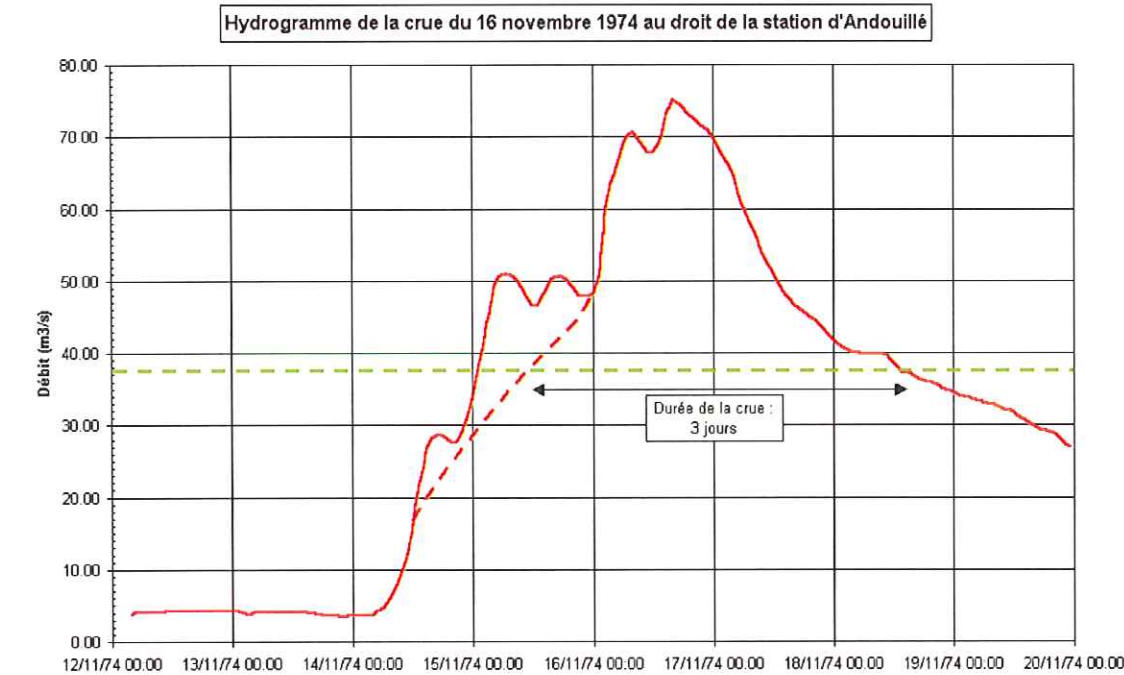


Figure 6 : Hydrogramme de la crue de novembre 1974 à Andouillé

Il apparaît que cette crue présente les caractéristiques inverses de celles de la crue de janvier 1995. En effet, la période de retour de l'événement est beaucoup plus importante au droit d'Ernée qu'au droit d'Andouillé et la durée de crue est plus faible au droit d'Ernée (environ 1 jour) qu'au droit d'Andouillé (environ 3 jours). Cette différence s'explique, de la même manière que pour la crue de

janvier 1995 mais de façon inverse, par l'hétérogénéité de l'événement pluvieux à l'origine de cette crue entre les parties amont et aval du bassin versant.

De plus, l'hydrogramme de crue présente deux pointes successives, la première le 15 novembre 1974 vers 3h30 et la seconde, plus marquée, le 16 novembre 1974 vers 10h00.

4.2.2.5. Crue de janvier 2001

Cette crue a pour origine les épisodes pluvieux prolongés et répétés durant la fin du mois de décembre et le début du mois de janvier, qui ont entraîné une saturation des sols, puis aux épisodes pluvieux remarquables des 03 et 04 janvier 2001.

Elle présente une période de retour de l'ordre de 7 ans au droit d'Ernée et de 28 ans au droit d'Andouillé.

Les données météorologiques suivantes (Source : Météo-France) mettent en évidence ce contexte météorologique :

Station	J - 3	J - 2	J - 1	J	Cumul 24 h	Cumul 48 h	Cumul 72 h
Ernée (53096001)	6.6	25.0	24.0	6.4	6.4	30.4	55.4
Chailland (53048001)	5.5	22.7	29.5	11.3	11.3	40.8	63.5

Tableau 12 : Données météorologiques sur la crue de janvier 2001

Les hydrogrammes de la crue, issus des données de hauteurs d'eau aux stations d'Ernée et d'Andouillé (Source : Banque Hydro), sont représentés sur les graphes ci-après.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du -1 AOUT 2006

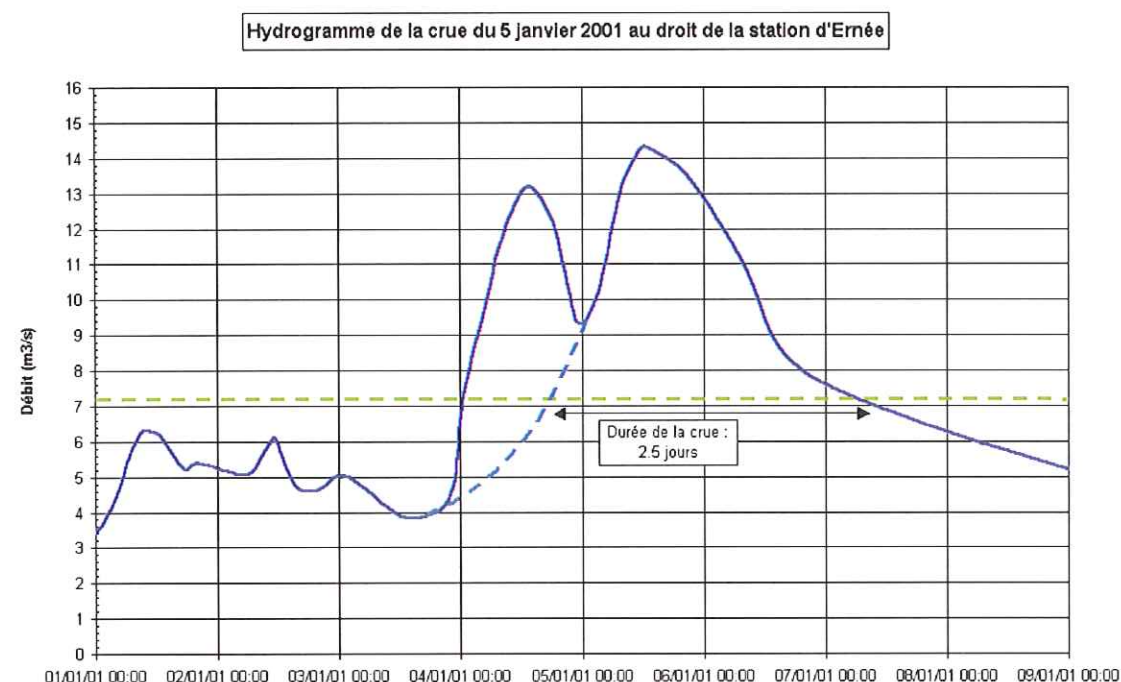


Figure 7 : Hydrogramme de la crue de janvier 2001 à Ernée

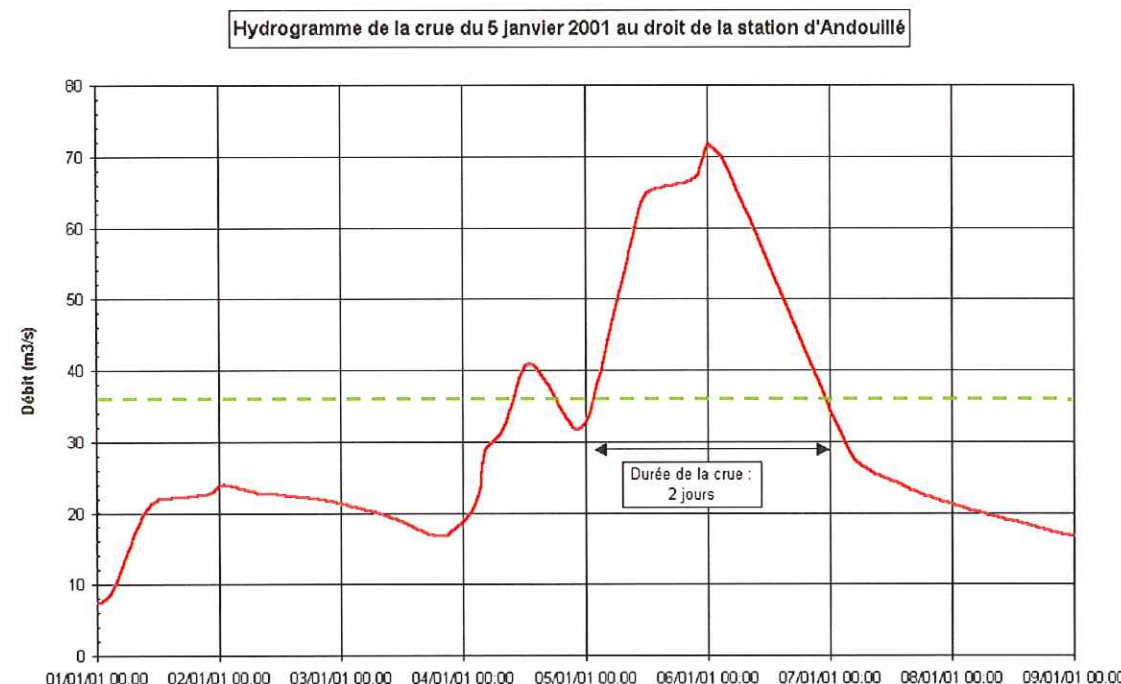


Figure 8 : Hydrogramme de la crue de janvier 2001 à Andouillé

De la même manière que pour les deux crues précédentes, les hydrogrammes de crue sont constitués de deux pointes successives, la première atteignant son maximum le 4 janvier 2001 vers 13h30 et la seconde, plus marquée, le 5 janvier 2001 vers 13h00.

Cette crue est similaire en de nombreux points avec celle de janvier 1995, notamment en terme de :

- durée de crue (formulation SOCOSE) : elle est du même ordre de grandeur que celles de janvier 1995, à savoir de 2.5 jours au droit d'Ernée et de 2 jours au droit d'Andouillé ;
- périodes de retour : bien que moins élevées que pour l'événement de 1995, la période de retour au droit d'Ernée est plus faible que celle au droit d'Andouillé (7 ans et 28 ans respectivement), phénomène qui a pour origine principale l'hétérogénéité de l'événement pluvieux à l'origine de la crue sur l'ensemble du bassin versant de l'Ernée.

4.2.2.6. Crue de décembre 1999

Cette crue a pour origine les épisodes pluvieux remarquables et prolongés qui sont survenus à la fin du mois de décembre 1999.

Elle présente une période de retour de l'ordre de 6 ans au droit d'Ernée et de 9 ans au droit d'Andouillé.

Les données météorologiques suivantes (Source : Météo-France) mettent en évidence ce contexte météorologique :

Station	J - 3	J - 2	J - 1	J	Cumul 24 h	Cumul 48 h	Cumul 72 h
Ernée (53096001)	11.9	9.9	30.3	2.8	2.8	33.1	43.0
Chailland (53048001)	12.9	9	29.8	3.5	3.5	33.3	42.3

Tableau 13 : Données météorologiques sur la crue de décembre 1999

Les hydrogrammes de la crue, issus des données de hauteurs d'eau aux stations d'Ernée et d'Andouillé (Source : Banque Hydro), sont représentés sur les graphes ci-après.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du
- 1 AOUT 2006

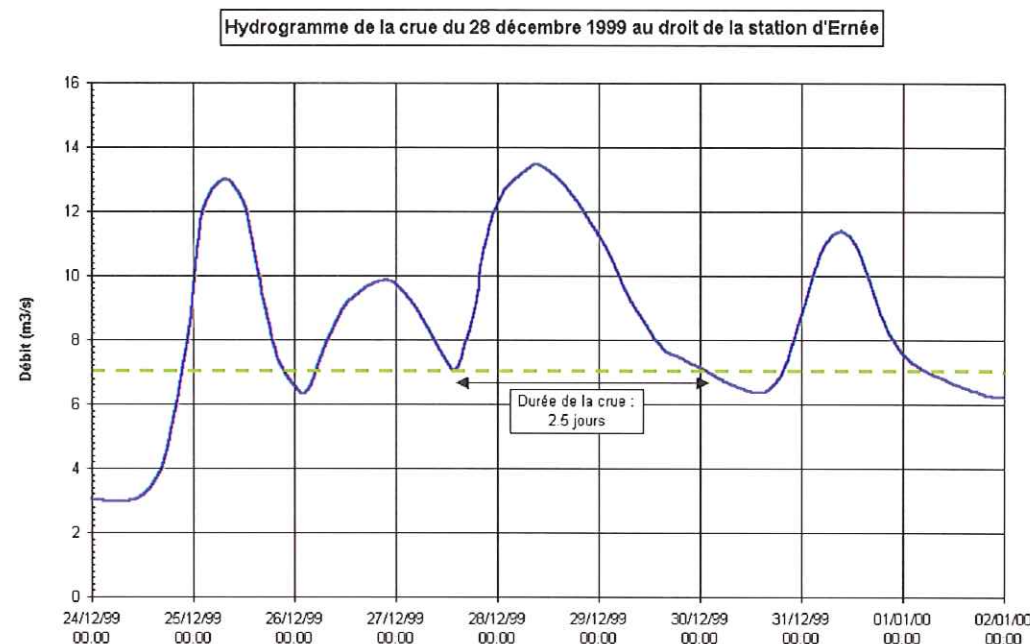


Figure 9 : Hydrogramme de la crue de décembre 1999 à Ernée

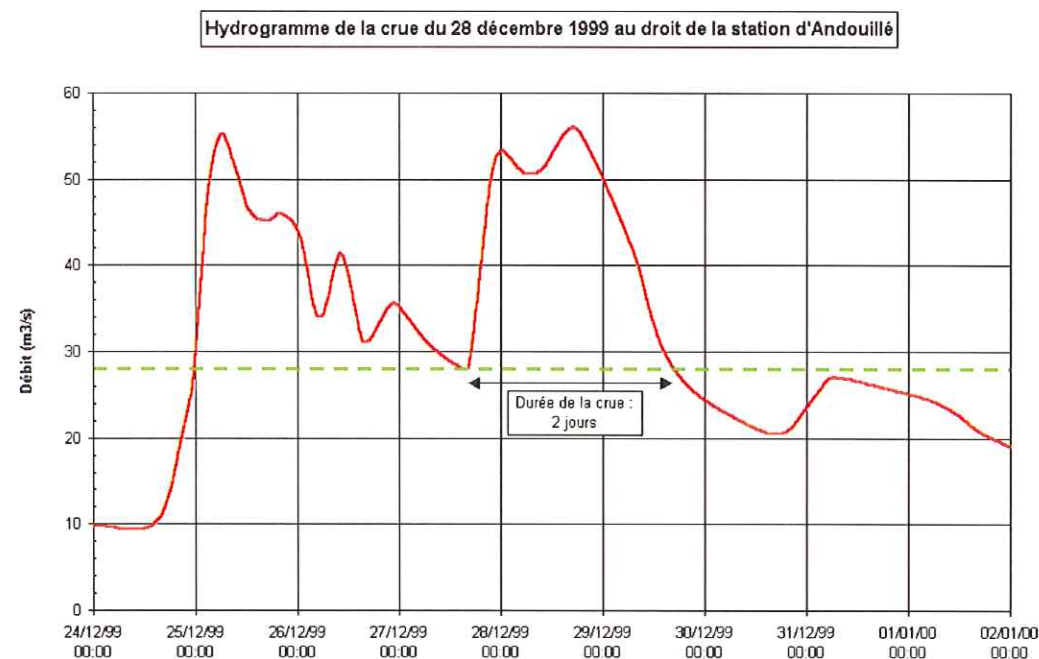


Figure 10 : Hydrogramme de la crue de décembre 1999 à Andouillé

Il apparaît que cette crue n'est similaire à aucune des trois crues précédentes. En effet, les périodes de retour sont du même ordre de grandeur au droit des deux stations de jaugeage (6 ans au droit d'Ernée et 9 ans au droit d'Andouillé). Ce phénomène est cohérent avec les données pluviométriques qui mettent en évidence une bonne homogénéité de l'événement pluvieux sur l'ensemble du bassin versant de l'Ernée.

De plus, elle est constituée de plusieurs pointes consécutives : le 25 décembre vers 7h30, le 26 décembre vers 21h30, le 28 décembre vers 11h00 (pointe maximale) et le 31 décembre vers 9h30.

Les durées de crue sont quant à elles similaires à celles des crues de janvier 2001 et de janvier 1995, à savoir de 2.5 jours au droit d'Ernée et 2 jours au droit d'Andouillé.

4.2.3. Estimation du débit de crue centennale au droit d'Ernée et Andouillé

Deux méthodes ont été employées pour le calcul du débit de crue centennale :

- Ajustement de Gumbel à partir des données issues des stations d'Ernée et d'Andouillé ;
- Méthode du Gradex.

4.2.3.1. Ajustement de Gumbel

a) Station d'Ernée

L'estimation du débit de pointe de période de retour centennale est réalisée à l'aide de l'ajustement de Gumbel (cf. 4.2.1) :

$$Q(T) = -3.36 \times \text{Ln}(-\text{Ln}(1 - 1/T)) + 7.89$$

avec :

- T : période de retour en années ;
- Q(T) : Débit de pointe de période de retour T, en m³/s.

Le débit de pointe centennal ainsi calculé est de 23.35 m³/s au droit d'Ernée.

b) Station d'Andouillé

L'estimation du débit de pointe de période de retour centennale est réalisée à l'aide de l'ajustement de Gumbel (cf. 4.2.1) :

$$Q(T) = -12.87 \times \text{Ln}(-\text{Ln}(1 - 1/T)) + 28.91$$

avec :

- T : période de retour en années ;
- Q(T) : Débit de pointe de période de retour T, en m³/s.

Le débit de pointe centennal ainsi calculé est de 88.10 m³/s au droit d'Andouillé.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1 AOUT 2006

4.2.3.2. Application de ratios régionaux

Les ajustements statistiques réalisés à Nuillé-sur-Vicoin et à Ernée par des lois de Gumbel donnent des ratios Q_{100} / Q_{10} de respectivement 1.56 et 1.50. En retenant une valeur de 1.56, **le débit de pointe centennal calculé est de 112.3 m³/s.**

Ces débits servent par la suite à caler les coefficients caractéristiques des ouvrages hydrauliques à partir des données de niveaux en amont et/ou en aval de ces derniers et ainsi à en déduire les niveaux pour la crue centennale à partir des débits de projet issus des données hydrologiques recueillies.

4.2.3.3. Méthode du Gradex

La méthode du gradex, mise au point par MM. GUILLOT et DUBAND en 1968, part du principe que :

- La hauteur de pluie maximale sur un intervalle de temps dt , au cours d'une année, suit une loi de Gumbel (hypothèse probabiliste) ;
- Pour les périodes de retour élevées (supérieures à 10 voire 20 ans), le bassin versant est supposé saturé, ce qui a pour conséquence que toute augmentation de la quantité de pluie provoque une augmentation égale de l'écoulement (hypothèse déterministe).

Ainsi, la loi du volume maximal écoulé sur un intervalle de temps dt portée sur un papier de Gumbel (axe des abscisses : variable réduite $-\ln[-\ln(1-1/T)]$) tend asymptotiquement à être parallèle à la loi de pluie dont la pente est le gradex.

Les données pluviométriques utilisées pour l'estimation du gradex des pluies proviennent de la station d'Entrammes sur la période d'observation 1940 – 2001 (Source Météo-France). Ces données sont fournies en annexe 3 du présent document. Les données de pluies maximales sur 2 jours et 4 jours consécutifs ont fait l'objet d'un ajustement de Gumbel, synthétisé sur les deux graphes suivants :

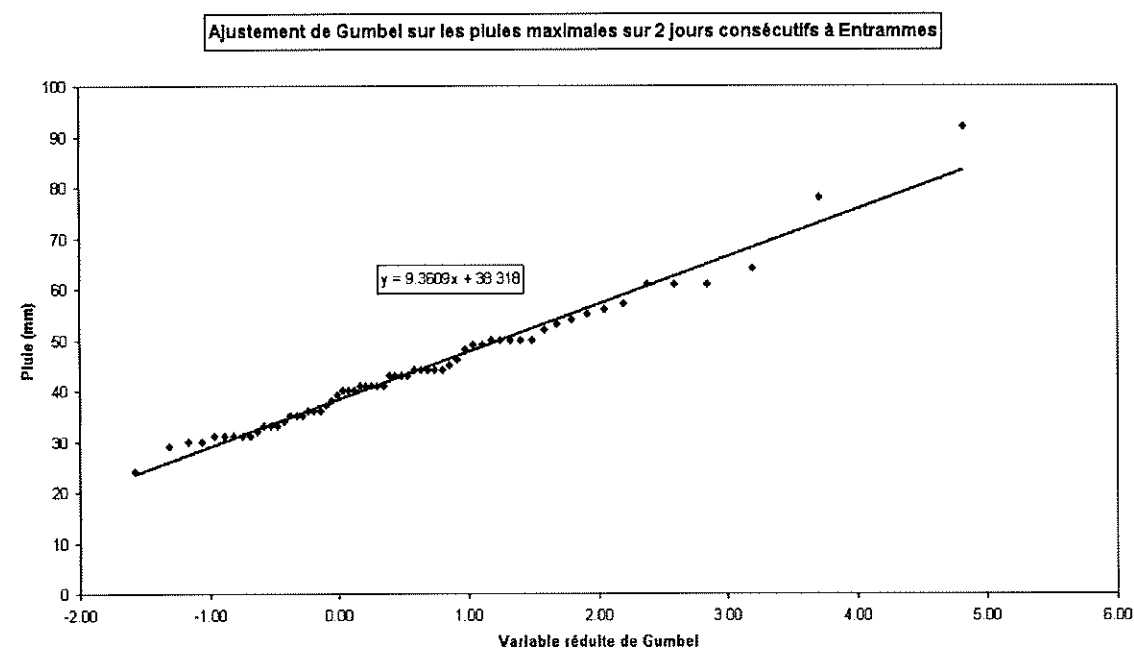


Figure 11 : Ajustement des pluies maximales à Entrammes par une loi de Gumbel

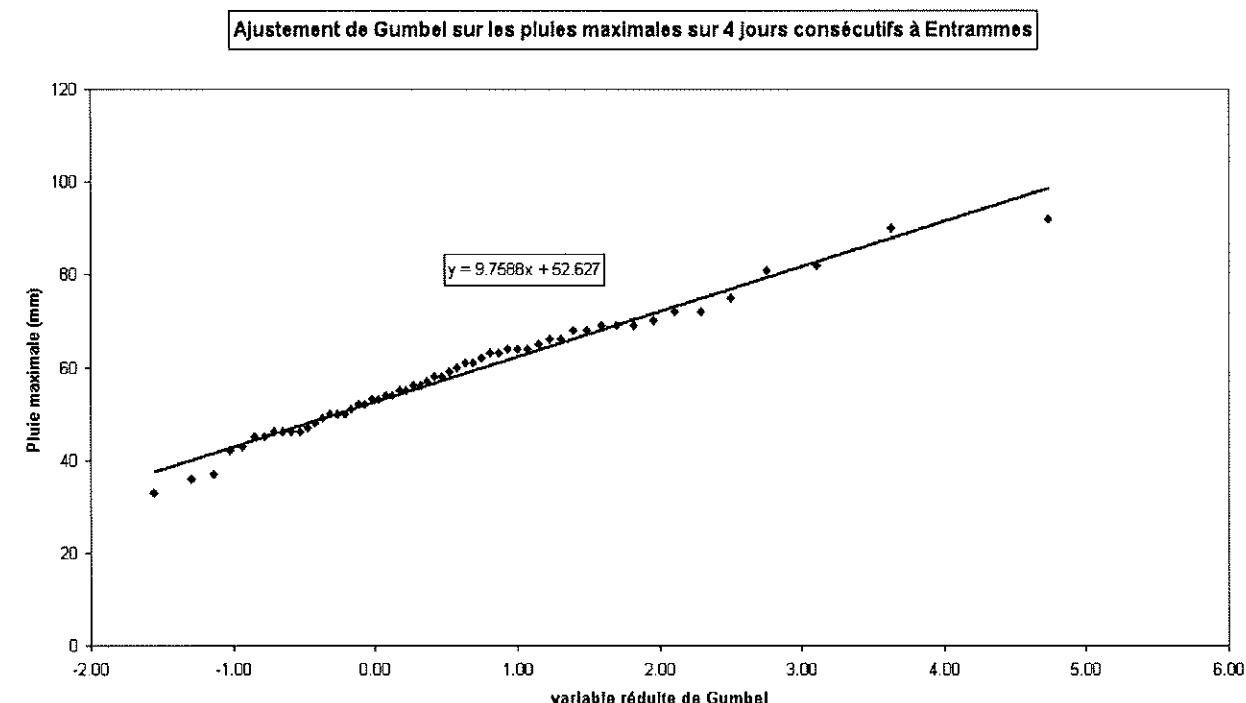


Figure 12 : Ajustement des pluies maximales à Entrammes par une loi de Gumbel

Ainsi, les gradex calculés, qui correspondent à la pente de la droite de régression, sont résumés dans le tableau suivant :

Durée de pluie	48 h	96 h
Gradex	9.361	9.759

Tableau 14 : Gradex des pluies à Entrammes

Cet ajustement permet ensuite de reconstituer par interpolation linéaire le Gradex des pluies pour une durée comprise entre 48h et 96h, représenté sur le graphe ci-après.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOÛT 2006

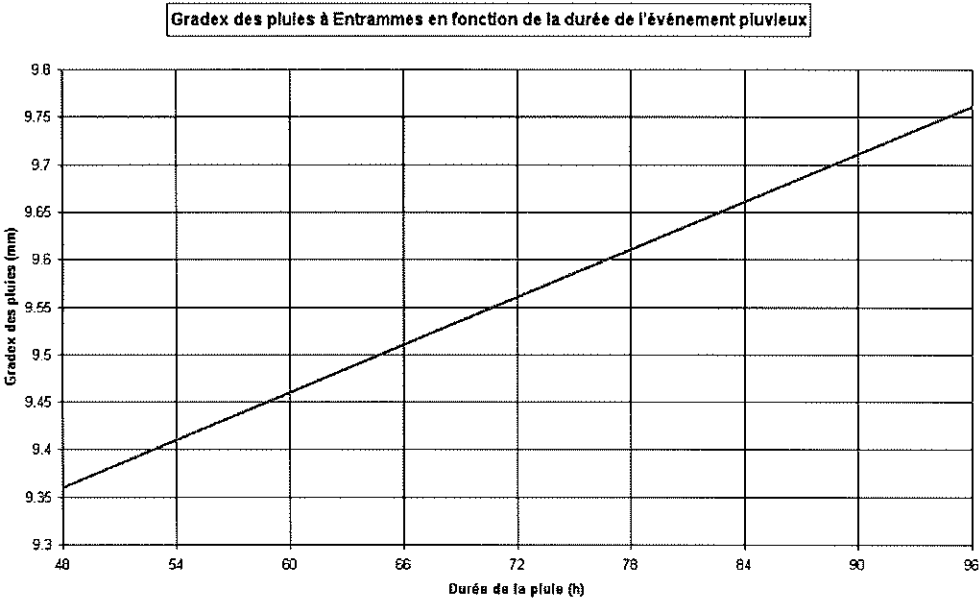


Figure 13 : Gradex des pluies à Entrammes

La durée de pluie à prendre en compte pour l'application de la méthode sur l'Ernée au droit d'Ernée et d'Andouillé est égale à la durée caractéristique de crue du bassin versant de l'Ernée au droit respectivement d'Ernée et d'Andouillé. Pourvu que la durée retenue soit réaliste, elle ne joue que très peu sur les valeurs de débit ainsi calculées.

Cette durée peut être estimée à partir des hydrogrammes de crue historiques disponibles. La formulation retenue est la formulation SOCOSE, qui la définit comme la durée pendant laquelle le débit est supérieur à la moitié du débit de pointe.

Les durées ainsi estimées sont résumées dans le tableau ci-après.

Crue	Durée SOCOSE au droit d'Ernée (jours)	Durée SOCOSE au droit d'Andouillé (jours)
nov-74	1	3
janv-95	3	2
déc-99	2.5	2
janv-01	2.5	2
Moyenne	≈ 2	≈ 2

Tableau 15 : Durées de crue au droit d'Ernée et d'Andouillé

Finalement, les durées de crue retenues pour chacune des deux stations sont les suivantes :

- Station d'Ernée : 2 jours (48 h) ;
- Station d'Andouillé : 2 jours (48 h).

Le gradex des débits peut alors être calculé en appliquant la formule suivante :

$$G_Q = \frac{G_P \times S}{3.6 \times D}$$

avec :

- GP : Gradex des pluies de durée D, en mm ;
- GQ : Gradex des débits, en m³/s ;
- S : superficie du bassin versant, en km² ;
- D : Temps de base de l'hydrogramme de crue, en h.

a) Station d'Ernée

Le calcul appliqué à la station d'Ernée donne GQ = 6.23 m³/s.

La méthode du gradex s'applique ensuite au débit moyen sur la durée de crue considérée (méthode non adaptée aux débits de pointe) en appliquant la formule :

$$Q_{Jr_2} = Q_{Jr_1} + G_Q \times \ln \left(\frac{\ln \left(1 - \frac{1}{T_1} \right)}{\ln \left(1 - \frac{1}{T_2} \right)} \right)$$

Le rapport des débits moyens et des débits de pointe est estimé à partir des quatre crues historiques les plus importantes.

Ces rapports sont résumés dans le tableau ci-après.

Crue	Rapport débit moyen sur 48 h / débit de pointe au droit d'Ernée
nov-74	0.50
janv-95	0.89
déc-99	0.83
janv-01	0.80
Moyenne	0.76

Tableau 16 : Rapport du débit moyen sur 48 h au débit de pointe pour la station d'Ernée

Dans le cadre de la méthode du Gradex, le rapport retenu doit correspondre à une crue décennale. Or, la crue historique dont la période de retour est la plus proche de 10 ans au droit d'Ernée est celle de janvier 2001 (7.3 ans), ce rapport étant pour cette crue de 0.80.

Le tableau ci-après présente les résultats ainsi obtenus.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du
- 1 AOUT 2006

Débit de pointe décennal (m³/s)	15.5
Débit moyen décennal sur 48 h (m³/s)	12.4
Gradex des débits	6.23
Débit moyen centennal sur la durée de crue (m³/s)	27.0
Débit de pointe centennal (m³/s)	33.7

Tableau 17 : Application de la méthode du Gradex au droit de la station d’Ernée

Le débit de pointe ainsi évalué est de 33.7 m³/s.

b) Station d’Andouillé

Le calcul appliqué à la station d’Andouillé donne G_Q = 20.31 m³/s.

La méthode du gradex s’applique ensuite au débit moyen sur la durée de crue considérée (méthode non adaptée aux débits de pointe) en appliquant la formule :

$$Q_{JT_2} = Q_{JT_1} + G_Q \times Ln \left(\frac{Ln \left(1 - \frac{1}{T_1} \right)}{Ln \left(1 - \frac{1}{T_2} \right)} \right)$$

Le rapport des débits moyens et des débits de pointe est estimé à partir des quatre crues historiques les plus importantes. Ces rapports sont résumés dans le tableau ci-après.

Crue	Rapport débit moyen sur 48 h / débit de pointe au droit d’Andouillé
nov-74	0.79
janv-95	0.75
déc-99	0.83
janv-01	0.78
Moyenne	0.79

Tableau 18 : Rapport du débit moyen sur 48 h au débit de pointe pour la station d’Andouillé

Dans le cadre de la méthode du Gradex, le rapport retenu doit correspondre à une crue décennale. Or, la crue historique dont la période de retour est la plus proche de 10 ans au droit d’Andouillé est celle de décembre 1999 (8.7 ans), ce rapport étant pour cette crue de 0.83.

Le tableau ci-après présente les résultats ainsi obtenus.

Débit de pointe décennal (m³/s)	57.9
Débit moyen décennal sur 48 h (m³/s)	48.0
Gradex des débits	20.31
Débit moyen centennal sur la durée de crue (m³/s)	95.8
Débit de pointe centennal (m³/s)	115.4

Tableau 19 : Application de la méthode du Gradex au droit de la station d’Andouillé

Le débit de pointe ainsi évalué est de 115.4 m³/s.

4.2.3.4. Bilan

Pour résumer, les débits de pointe centennaux calculés sont résumés dans le tableau suivant :

Méthode	Gumbel	Gradex	Débit de pointe centennal retenu
Débit calculé au droit de la station d’Ernée (m³/s)	23.35	33.7	33.7
Débit calculé au droit de la station d’Andouillé (m³/s)	88.10	115.4	115.4

Tableau 20 : Calcul du débit de pointe centennal au droit d’Ernée et Andouillé

Finalement, le débit de pointe centennal retenu au droit de la station d’Ernée dans le cadre de l’élaboration du Plan de Prévention des Risques d’Inondations par débordement de l’Ernée au droit de Chailland est de 33.7 m³/s.

Le débit de pointe centennal retenu au droit de la station d’Andouillé dans le cadre de l’élaboration du Plan de Prévention des Risques d’Inondations par débordement de l’Ernée au droit de Chailland est de 115.4 m³/s.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

4.3. Extrapolation des débits de crue au droit des différents points de calcul

Les débits de crue calculés précédemment (crues historiques et crue centennale) sont ensuite extrapolés au droit des différents points de calcul à l'aide de la formule de Myer, qui permet de relier les débits de crue au droit de deux points de calcul hydrologiques en fonction des superficies de bassins versants contrôlés respectivement par ces deux points de calcul :

Q_{Pi1} = Q_{Pi2} \times \left(\frac{S_{Pi1}}{S_{Pi2}} \right)^R

avec :

- Q_{Pi1} : Débit de pointe au droit du point de calcul 1, en m³/s ;
- Q_{Pi2} : Débit de pointe au droit du point de calcul 2, en m³/s ;
- S_{Pi1} : Surface du bassin versant contrôlé par le point de calcul 1, en km² ;
- S_{Pi2} : Surface du bassin versant contrôlé par le point de calcul 2, en km² ;
- R : Coefficient de Myer

L'exposant R est estimé à partir de l'analyse des stations d'Ernée et d'Andouillé. Le tableau suivant présente un récapitulatif de cette analyse pour les quatre dernières crues les plus importantes et la crue centennale ajustée par la méthode du Gradex :

Crue	Débit instantané maximal à la station d'Ernée (m³/s)	Débit instantané maximal à la station d'Andouillé (m³/s)	Exposant R
nov-74	23.0	75.1	1.00
janv-95	13.1	79.7	1.53
déc-99	13.40	56.00	1.21
janv-01	14.30	71.70	1.36
Crue centennale	33.7	115.4	1.04

Tableau 21 : Estimation du coefficient de la formule de Myer

Ces coefficients vont permettre d'extrapoler les débits des crues historiques et de la crue centennale au droit des différents points de calcul à l'aide de la formule de Myer.

Le tableau ci-après présente un résumé de ces calculs au droit des différents points.

Point de calcul	Bassin Versant	Superficie (km²)	Débits de pointe (m³/s)					Crue centennale
			Crue de novembre 1974	Crue de janvier 1995	Crue de décembre 1999	Crue de janvier 2001	Crue de janvier 2003	
Station d'Ernée	/	115	23.0	13.1	13.40	14.30	8.54	33.7
1 : Barrage de la Fenderie	1	281.4	56.3	51.4	39.6	48.5	21.5	85.6
2 : Confluence Ernée - Chaunière	1 à 3	283.2	56.7	51.9	39.9	48.9	21.6	86.1
3 : Confluence Ernée - Bel Air	1 à 5	284.7	57.0	52.3	40.1	49.2	21.8	86.6
4 : Confluence Ernée - Vaumorin	1 à 7	299.1	59.9	56.4	42.6	52.7	22.9	91.2
5 : Confluence Ernée - Villeneuve	1 à 9	315.6	63.2	61.2	45.5	56.7	24.2	96.4
6 : Confluence Ernée - Bignonnière	1 à 11	323.2	64.7	63.5	46.8	58.5	24.8	98.9
7 : Barrage de Clivoy	1 à 13	325.8	65.2	64.3	47.2	59.2	25.0	99.7
Station d'Andouillé	/	375	75.1	79.7	56.00	71.70	28.90	115.4

Tableau 22 : Extrapolation des débits de crue au droit des points de calcul hydrologique

Ces débits servent par la suite au calage (crues de 1974 et 1995) et à la validation (crue de 2003) du modèle construit sous HEC-RAS 2.2 puis à la simulation de la crue centennale en vue de la cartographie de l'aléa hydraulique.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du

5. Modélisation hydraulique

5.1. Construction du modèle

Le modèle hydraulique de l'Ernée à sa traversée de Chailland est construit à l'aide du logiciel Hec-Ras, dont la notice de présentation est fournie en annexe 4 du présent rapport. Ce logiciel permet la simulation des écoulements à surface libre en régime permanent et la modélisation des pertes de charge au droit des ouvrages hydrauliques (ponts, buses, seuils, ...).

Les différentes étapes de la construction du modèle sont résumées dans les paragraphes suivants.

5.1.1. Topographie

Tout d'abord, la topographie des lits mineur et majeur de l'Ernée au droit de la zone d'étude a été saisie à partir des levées de profils en travers réalisés préalablement à l'élaboration du PPRI par le cabinet de géomètres FIT.

Le logiciel HEC-RAS, à partir des profils en travers fournis et du profil en long de l'Ernée, permet d'interpoler des profils en travers supplémentaires qui permettent d'accroître la stabilité et la précision des calculs..

5.1.2. Ouvrages hydrauliques

Ensuite, les ouvrages hydrauliques ont été saisis à partir des levés topographiques réalisés par le cabinet de géomètres FIT.

Les ouvrages saisis sont récapitulés dans le paragraphe 2.2 de la présente notice (Caractéristiques générales du site d'étude).

5.1.3. Conditions aux limites

Le régime général de l'Ernée étant de type fluvial, excepté au droit des ruptures hydrauliques tels que les seuils et barrages, les conditions aux limites saisies sont :

- L'évolution du débit de pointe (pour les crues de 1974, 1995, 2003 et centennale) le long du profil en long, évolution définie dans le cadre de la synthèse hydrologique et récapitulée dans le tableau n° 15 pour les trois crues considérées ;
- La pente hydraulique au droit du profil en travers aval de la zone d'étude, justifiée par le régime fluvial de l'Ernée et qui permet au logiciel, par application de la formule de Manning-Strickler, le calcul de la hauteur normale correspondante (la limite aval du secteur d'étude est adaptée à un tel calcul car elle ne présente pas d'influence aval notable).

5.1.4. Coefficients de perte de charge

Les coefficients de perte de charge saisis sont divisés en deux catégories :

- Les coefficients de Manning, qui permettent de traduire l'incidence du frottement sur le fond (pertes de charge régulières) ;
- Les coefficients de perte de charge singulières qui traduisent les variations brusques de conditions d'écoulement (entrée et sortie des ouvrages, variation brusque de section d'écoulement, ...).

Ces coefficients sont préalablement saisis à partir des valeurs typiques issues de la littérature² et de l'expérience de SCE en matière d'hydraulique fluviale.

Ils permettent par la suite de caler et de valider le modèle sur les crues de 1974, 1995 et 2003.

5.1.5. Repères de crue

Les laisses de crue correspondant aux différentes crues historiques ont été recueillies sur la base d'une enquête terrain réalisée en collaboration avec le Syndicat de l'Ernée.

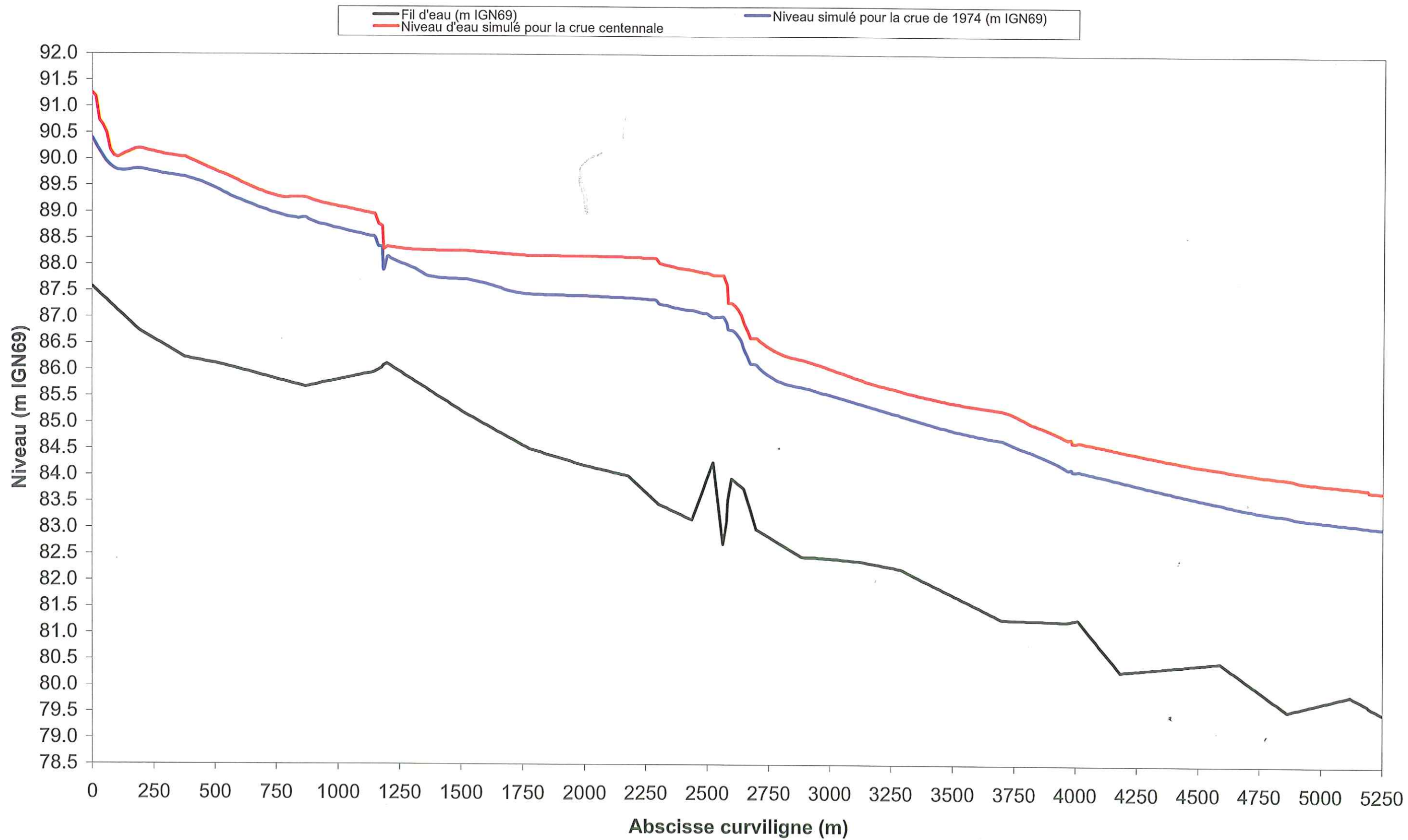
Ces laisses de crues sont reportées sur la Carte informative (plan n°0) fournie dans le dossier de plans.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

² *Hydraulique générale et appliquée*, M. CARLIER

Simulation de la crue centennale

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006



5.2. Calage et validation du modèle

5.2.1. Calage du modèle : Simulation des crues de 1974 et 1995

Le calage du modèle est réalisé sur les crues de 1974 et 1995. Les débits mesurés et extrapolés de cette crue, issus de la synthèse hydrologique, ont été injectés dans le modèle.

Les coefficients de pertes de charge régulières et singulières ont été ajustés de telle manière à réduire au maximum l'écart entre les niveaux d'eau simulés et les laisses de crue identifiées. Le résultat de ce calage est représenté sur le graphe ci-contre. Le tableau ci-dessous permet d'apprécier le calage ainsi réalisé :

Niveau d'eau atteint lors de la crue de 1974	Niveau d'eau simulé lors de la crue de 1974	Ecart (cm)
88.55	88.62	7
87.09	87.08	-1
86.90	86.89	-1
86.11	86.12	1
83.10	83.10	0

Tableau 23 : Calage du modèle – crue de 1974

Niveau d'eau atteint lors de la crue de 1995	Niveau d'eau simulé lors de la crue de 1995	Ecart (cm)
88.50	88.51	1
87.15	87.15	0
86.86	86.97	11
86.80	86.80	0
86.12	86.06	-6

Tableau 24 : Calage du modèle – crue de 1995

Ainsi, il apparaît que le calage est tout à fait acceptable (écart absolu de l'ordre de 3 cm en moyenne et de 11 cm au maximum).

5.2.2. Validation du modèle : Simulation de la crue de 2003

La validation du modèle est réalisée sur la crue de 2003. Les débits mesurés et extrapolés de cette crue, issus de la synthèse hydrologique, ont été injectés dans le modèle calé précédemment.

Le résultat de cette validation est représenté sur le graphe ci-contre. Le tableau ci-après permet d'apprécier la validation ainsi réalisée.

Niveau d'eau atteint lors de la crue de 2003	Niveau d'eau simulé lors de la crue de 2003	Ecart (cm)
87.89	87.84	-5
85.75	85.75	0
85.05	85.01	-4

Tableau 25 : Validation du modèle

Ainsi, l'écart entre les laisses de crue de 2003 et les niveaux d'eau simulés pour la même crue est de l'ordre de 3 cm en moyenne et de 5 cm au maximum.

Le modèle construit est donc validé et va permettre de simuler la crue centennale puis de réaliser le zonage de l'aléa hydraulique à partir des niveaux d'eau et vitesses issus du modèle.

5.3. Modélisation de la crue centennale

5.3.1. Simulation de la crue centennale

L'écart entre les niveaux de crue simulés pour la crue centennale et ceux simulés pour la crue historique de 1974 sont en moyenne de 0.56 m, l'écart minimal étant de 0.20 m et l'écart maximal de 0.91 m.

Le graphique fourni en annexe 5 représente la ligne d'eau ainsi simulée pour la crue centennale.

5.3.2. Caractéristiques de la zone inondée par la crue centennale

La superficie totale de la commune de Chailland est de 1 085 ha. Or, la cartographie de la zone inondable pour la crue centennale fait apparaître que :

- La superficie du lit mineur sur la commune de Chailland est de 6.9 ha environ, ce qui représente 0.6 % de la superficie de la commune,
- La superficie totale de la zone inondable, lit mineur inclus, sur la commune de Chailland est de 63 ha environ, ce qui représente 5.8 % de la superficie de la commune.

Le tronçon étudié peut être découpé en plusieurs zones suivant les caractéristiques de la zone inondable :

- entre la limite amont (profil P1) et la profil P4, la zone inondée est relativement réduite, d'une largeur moyenne de 50 m et principalement localisée en rive gauche ;
- entre les profils P4 et P6, la zone inondée s'élargit (largeur moyenne de 130 m) et reste principalement localisée en rive gauche ;
- entre les profils P6 et P11, la zone inondée s'élargit encore (largeur moyenne supérieure à 200 m) et est principalement localisée en rive droite ;

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1 AOUT 2006

- entre les profils P11 et P18, la zone inondée se maintient à une largeur moyenne comprise entre 150 m et 200 m, celle-ci étant principalement localisée en rive droite jusqu'au profil P13 puis en rive gauche. Ce tronçon correspond à la traversée du centre-ville de Chailland ;
- entre les profils P18 et P21, la zone inondée se rétrécit (largeur moyenne de 80 m environ) et reste principalement localisée en rive gauche ;
- entre les profils P21 et P24, la zone inondée reste restreinte en rive gauche et s'élargit significativement en rive droite (grand champ d'expansion des crues), sa largeur moyenne étant de 200 m environ ;
- entre les profils P23 et P27, la zone inondée se restreint en rive droite et s'élargit en rive gauche (grand champ d'expansion des crues), sa largeur moyenne se maintenant à environ 200 m ;
- entre le profil P27 et la limite aval (profil P30), la zone inondée se rétrécit progressivement, sa largeur moyenne passant de 200 m au droit de P27 à 100 m au droit de P30.

5.3.3. Précisions des évaluations hydrauliques

La précision altimétrique des cotes du terrain naturel est de l'ordre de 0.20 m.

Le calcul hydraulique permettant le calage de la zone inondable présente une incertitude de 0.15 m. En outre, le calcul de la cote de la crue centennale présente une incertitude de 0.05 m. Compte-tenu de ces éléments, le niveau proposé pour la crue centennale s'entend avec un écart au plus égal à 0.20 m. Le zonage de l'aléa réalisé présente quant à lui une précision de l'ordre de 0.40 m du point de vue de l'élévation.

C'est donc cette valeur qui est retenue en tant que marge de sécurité applicable aux divers modes d'occupation du sol autorisés dans les zones rouges et bleues définies au document réglementaire.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1^{er} AOÛT 2006

6. Analyse de l'enjeu

La présente partie a pour objectif l'analyse du zonage réglementaire réalisé.

6.1. Axes structurants

6.1.1. Desserte de la commune de Chailland

La commune de Chailland est située à l'est immédiat de la RD31 entre les villes d'Ernée et de Laval.

Les principales dessertes de la commune de Chailland par les routes départementales et nationales sont les suivantes :

- accès nord via la RD31 puis la RD165 depuis la commune d'Ernée ;
- accès ouest via la RD165 depuis les communes de Juvigné et de Saint-Hilaire-du-Maine ;
- accès sud-ouest via la RD31 puis la RD559 depuis les communes de Laval et de La Baconnière ;
- accès sud via la RD548 depuis la RD123 assurant la liaison La Baconnière – Saint-Germain-le-Guillaume – Alexain – Mayenne ;
- accès sud-est via la RD165 depuis les communes d'Andouillé et de Saint-Germain-le-Guillaume ;
- accès est via la RD123 puis la RD165 depuis les communes de Mayenne et d'Alexain ;

Les différentes dessertes des communes environnantes depuis Chailland ont été reportées sur le zonage de l'enjeu fourni dans le Dossier de Plans (plan n°2).

6.1.2. Traversée du centre-ville de Chailland

Le pont principal de Chailland sur l'Ernée est hors d'eau pour la crue centennale mais la RD165 est dans ce cas coupée de part et d'autre du pont (rue de Saint-Hilaire-du-Maine côté ouest et rue de Saint-Germain-le-Guillaume côté est), ce qui rend le pont de Chailland infranchissable pour une telle crue.

Cependant, la traversée de l'Ernée est possible via le pont de la RD123 assurant la liaison Mayenne – La Baconnière au sud-est de Chailland.

Les tableaux ci-après récapitulent les infrastructures routières soumises à un risque d'inondation, en explicitant le(s) tronçon(s) concerné(s) et l'aléa d'inondation, en rive gauche et en rive droite.

Infrastructure routière rive gauche	Localisation du tronçon	Accès depuis les Routes Départementales et Nationales	Aléa d'inondation
Rue de l'ancienne gare	entre P7 et P8	- RN12 via Route touristique – accès nord-est - RD165 – accès sud	Aléa faible
Rue de l'ancienne gare	entre P11 et P14	- RN12 via Route touristique – accès nord-est - RD165 – accès sud	Aléa faible
Rue du Gué	entre P14 et P15	- RN12 via Route touristique – accès nord-est - RD165 – accès sud	Aléa fort
Place du Jardin Public	entre P14 et P15	- RN12 via Route touristique – accès nord-est - RD165 – accès sud	Aléa fort
Rue de Saint-Germain-le-Guillaume (RD165)	entre P14 et P16	- RN12 via Route touristique – accès nord-est - RD165 – accès sud	Aléa fort

Tableau 26 : rues inondées sur la commune de Chailland en rive gauche de l’Ernée

Infrastructure routière rive droite	Localisation du tronçon	Accès depuis les Routes Départementales et Nationales	Aléa d'inondation
Rue de la Forge (VC5)	entre P13 et P15	- RN12 via Route de la Forêt puis VC2 – accès nord-est, - RD165 - accès ouest	Aléa moyen
Rue de Saint-Hilaire-du-Maine (RD165)	entre P15 et P16	- RD165 – accès ouest	Aléa moyen
Place de la Mairie	entre P15 et P16	- RD165 - accès ouest	Aléa faible
Rue du Bourg Moreau	entre P15 et P16	- RD31 - accès ouest, - RD548 puis RD559 – accès sud	Aléa faible
Quai d'Houdéot (RD548)	entre P16 et P18	- RD548 puis RD559 – accès sud	Aléa moyen
Quai d'Houdéot (RD548)	entre P20 et P21	- RD548 puis RD559 – accès sud	Aléa faible

Tableau 27 : rues inondées sur la commune de Chailland en rive droite de l’Ernée

Ces infrastructures ont été reportées sur le zonage de l'enjeu fourni dans le Dossier de Plans (plan n°2).

Ainsi, il apparaît qu'en cas de crue centennale, le centre-ville de Chailland est coupé en deux par l’Ernée, la RD165 (rue de Saint-Germain-le-Guillaume à l’ouest et rue de Saint-Hilaire-du-Maine à l’est) étant soumise à un risque d’inondation faible puis fort de part et d’autre du pont. Il est tout de même possible de traverser l’Ernée au droit de son franchissement par la RD123 (liaison Mayenne – La Baconnière) à l’extrémité sud de la commune de Chailland.

6.2. Etablissements publics

Les établissements publics inondés sont récapitulés dans le tableau ci-après, de l'amont vers l'aval et en explicitant l'aléa d'inondation maximal de la parcelle concernée.

Equipement	Aléa d'inondation maximal
Foyer de logements	Moyen
Bureau de Poste	Faible
Perception	Faible
Bibliothèque Municipale	Fort
Hôtel de Ville	Fort

Tableau 28 : Etablissements publics inondés sur la commune de Chailland

Ces établissements, au nombre de cinq (5) ont été reportés sur le zonage de l'enjeu fourni dans le Dossier de Plans (plan n°2).

6.3. Etablissements industriels

Aucun établissement industriel n'est inondé par une crue centennale de l’Ernée sur la commune de Chailland.

6.4. Etablissements commerciaux

Les commerces et services soumis à un risque d'inondation sont les suivants :

- Rue de Saint-Hilaire-du-Maine :
 - Bar – Tabac – Presse « Chez Cathy » ;
 - Charcuterie « Avrrière » ;
 - Thomson « Confort Electric' » ;
- Rue de Saint-Germain-le-Guillaume :
 - Pharmacie ;
 - Banque Crédit-Mutuel ;
 - Bar-jeux « La Cascade » ;
 - Salon de Coiffure hommes-enfants « Marcel Leblanc »

L'unique commerce soumis à un risque d'inondation dans le domaine de la **santé** est la pharmacie. Cette dernière, soumise à un aléa d'inondation faible à moyen, est localisée sur le zonage de l'enjeu fourni dans le Dossier de Plans (plan n°2).

Approuvé par
arrêté préfectoral
du 1 AOUT 2006

Ces commerces et services, au nombre de sept (7), sont facilement évacuables, via la rue de Saint-Hilaire-du-Maine pour le secteur à l'ouest de l'Ernée et via la rue de Saint-Germain-le-Guillaume pour le secteur à l'est de l'Ernée.

6.5. Habitations

Les habitations inondées sont principalement localisées en rive gauche de l'Ernée, dans le centre-ville de Chailland le long des rues et au droit des places suivantes :

- Rue de l'ancienne Gare ;
- Rue du Gué ;
- Place du Jardin Public ;
- Rue de Saint-Germain-le-Guillaume (RD165) ;
- Rue de la Forge (VC5) ;
- Rue de Saint-Hilaire-du-Maine (RD165) ;
- Place de la Mairie ;
- Rue du Bourg Moreau ;
- Quai d'Houdéot.

Il est important de souligner la présence en zone inondable, avec un aléa d'inondation faible à moyen, du foyer de logements, situé en rive gauche de l'Ernée entre P11 et P12.

Au bilan, il apparaît qu'environ quarante-cinq (45) bâtiments à usage d'habitation sont touchés par les inondations provoquées par une crue centennale de l'Ernée.

6.6. Synthèse

Bien que le centre-ville de Chailland soit coupé en deux par l'Ernée en cas de crue centennale, aucun secteur inondé et vulnérable (centre urbain ou autre secteur urbanisé) ne pose de problème en terme d'accès des secours et d'évacuation. En effet :

- L'ouvrage hydraulique de franchissement de l'Ernée par la RD123 est utilisable car hors d'eau et permet donc une communication entre les deux rives de l'Ernée, que ce soit pour assurer le trafic routier et l'accès des secours ;
- Les routes départementales qui desservent la commune de Chailland sont hors d'eau.

En cas de crue centennale de l'Ernée, la population touchée sur la commune de Chailland peut-être estimée à environ 250 personnes.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOÛT 2006

Annexes

- Annexe n°1 : Lever topographique des ouvrages hydrauliques (Cabinet FIT) ;
- Annexe n°2 : Caractéristiques des stations hydrométriques sur l'Ernée ;
- Annexe n°3 : Données pluviométriques issues de la station d'Entrammes ;
- Annexe n°4 : Notice de présentation du logiciel Hec-Ras 2.2 ;
- Annexe n°5 : Ligne d'eau simulée pour la crue centennale.

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOÛT 2006

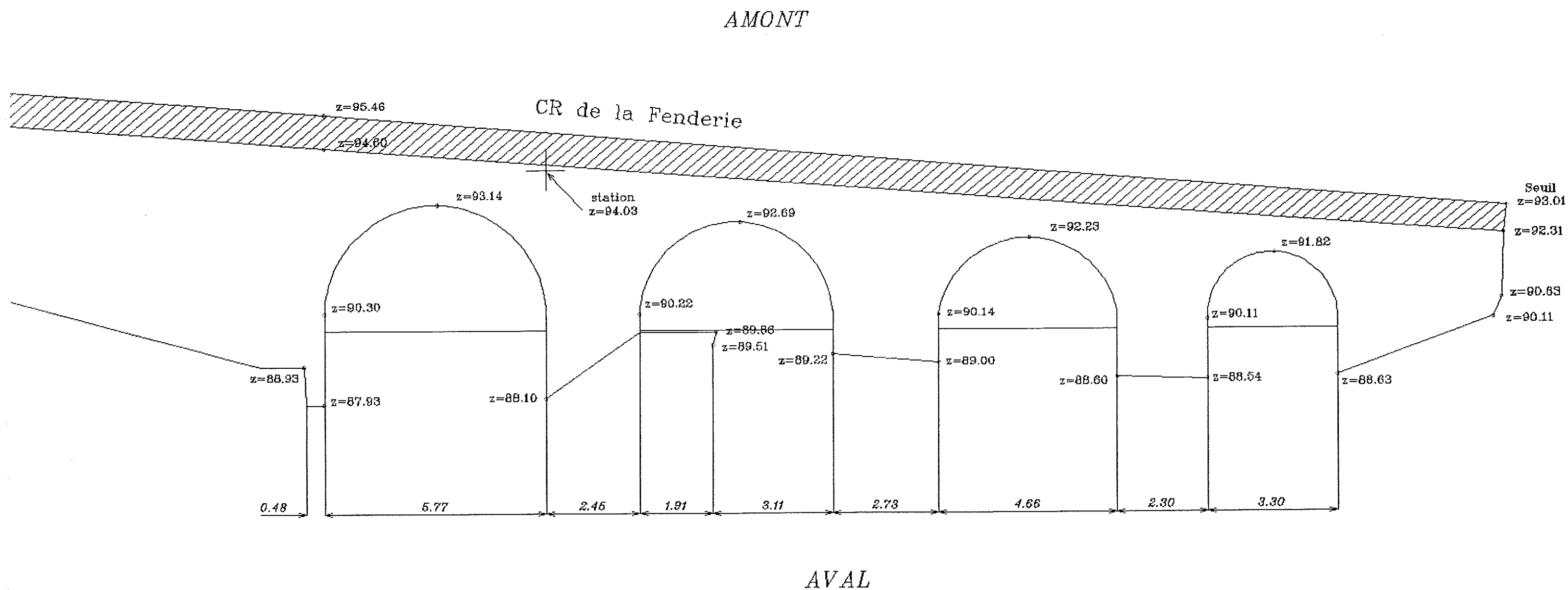
ANNEXE n °1

Lever topographique des ouvrages hydrauliques (Cabinet FIT)

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

Ouvrage ERN19

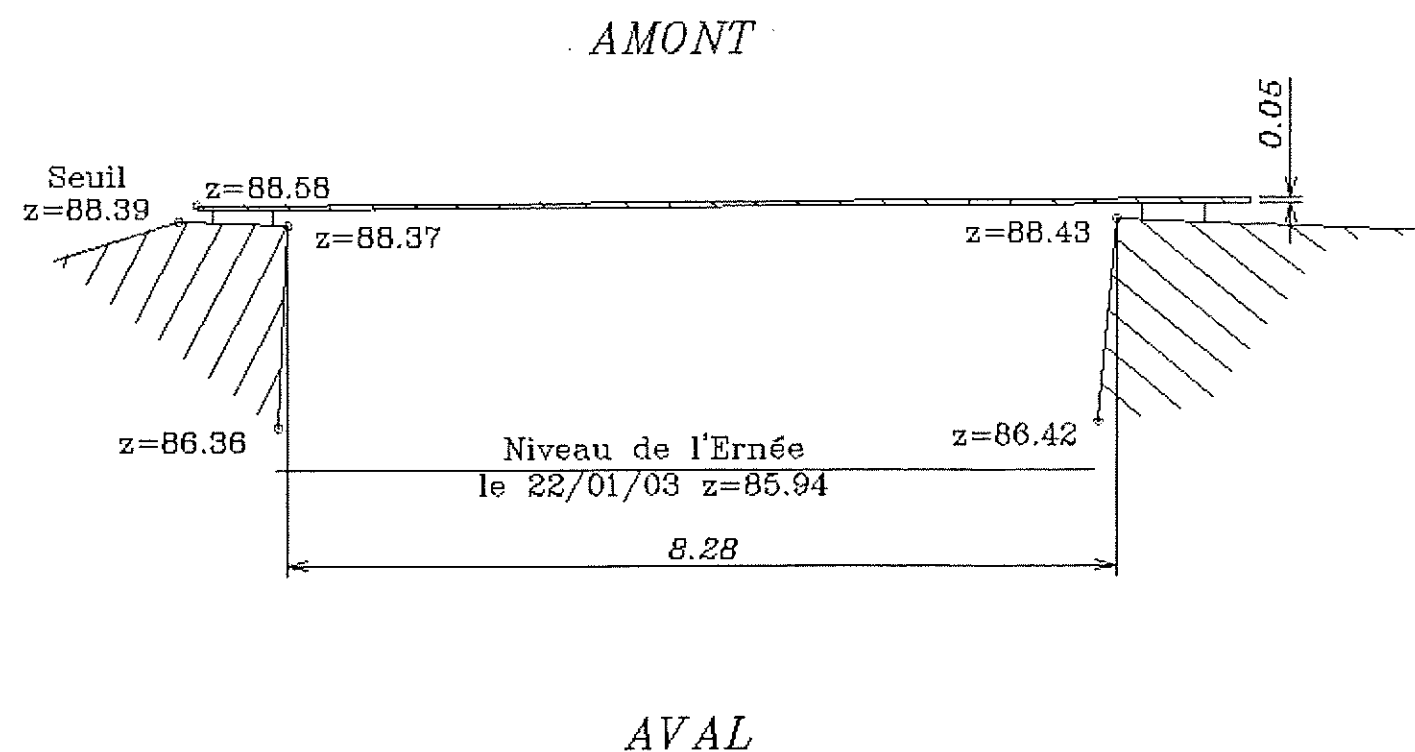
Barrage et pont de la Fenderie



PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

Echelle : 1 / 1000°

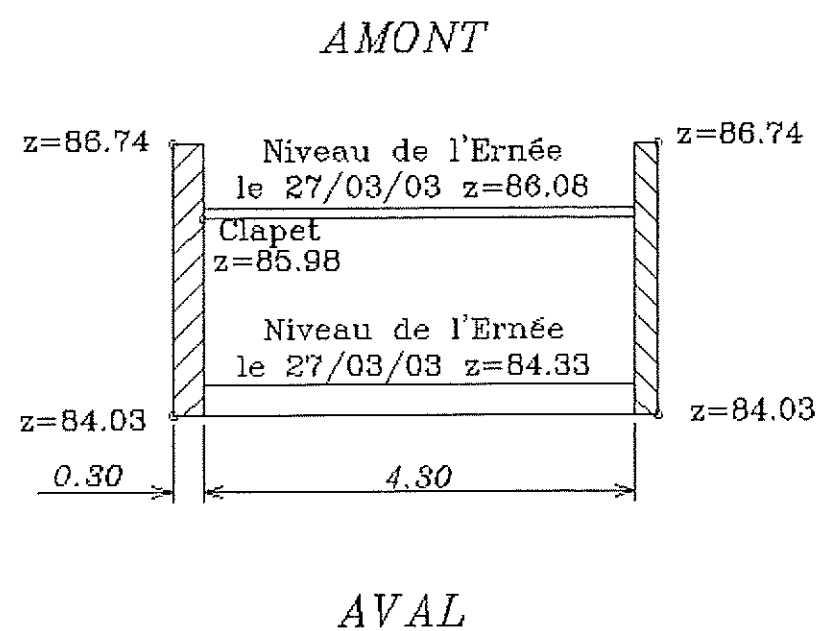
Ouvrage ERN20
Passerelle de la Claie



Echelle : 1 / 750°

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 1 AOUT 2006

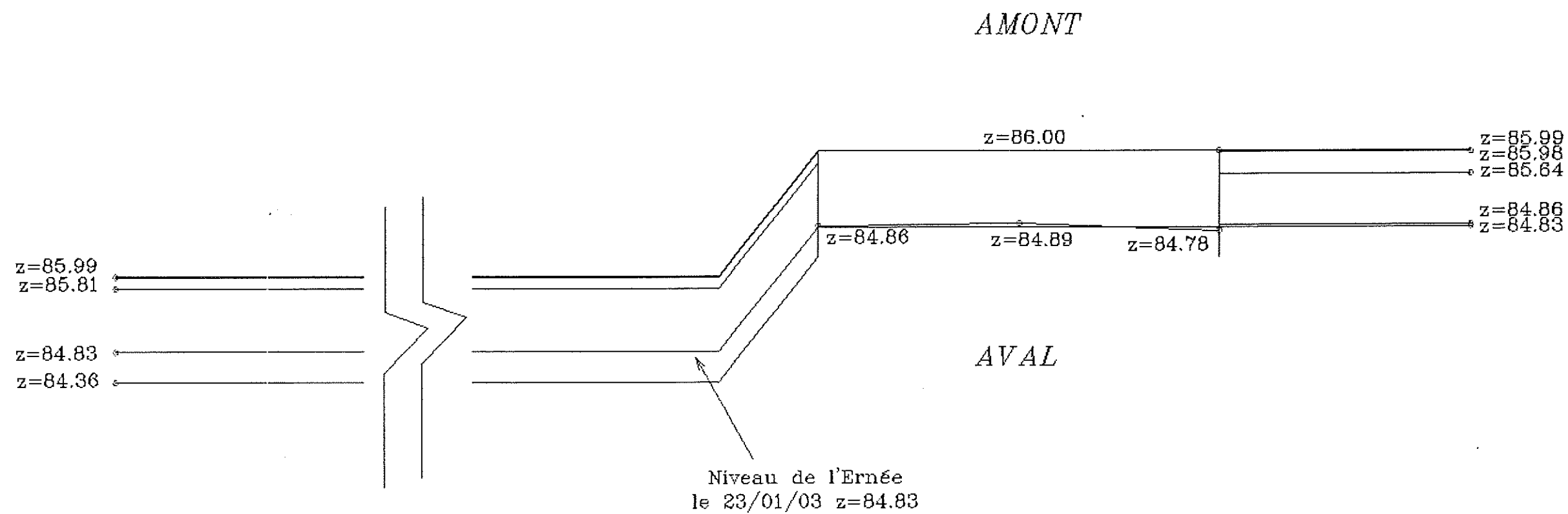
Ouvrage ERN20b
Clapet automatique de Chailland



Travaux de
aménagement
du
- 1 AOUT 2006

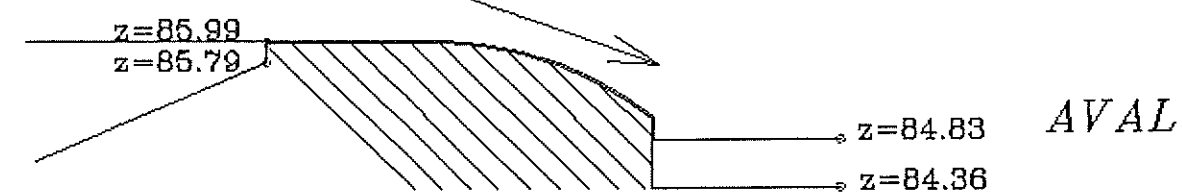
Ouvrage ERN20c

Seuil de Chailland



PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

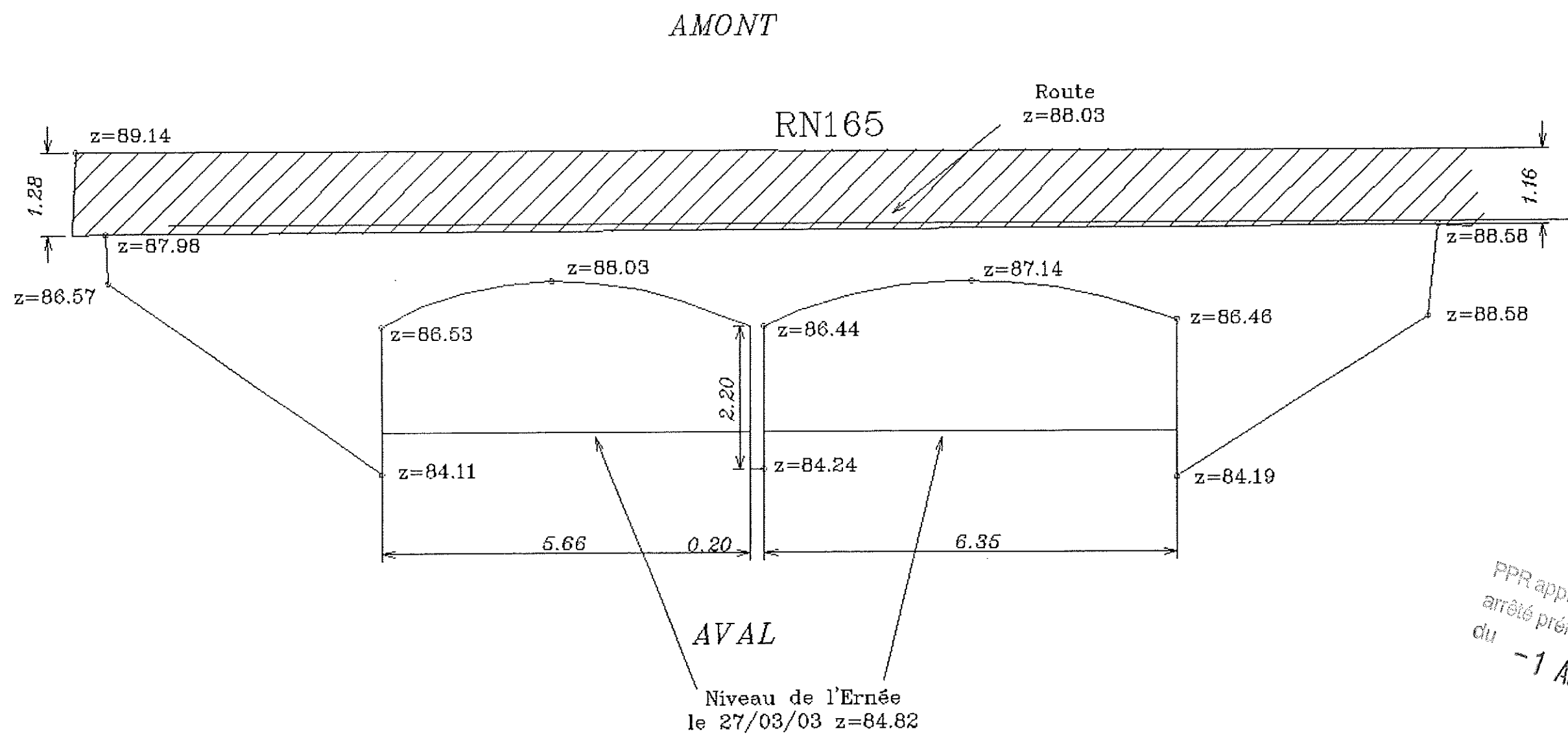
AMONT



Echelle : 1 / 750°

Ouvrage ERN21

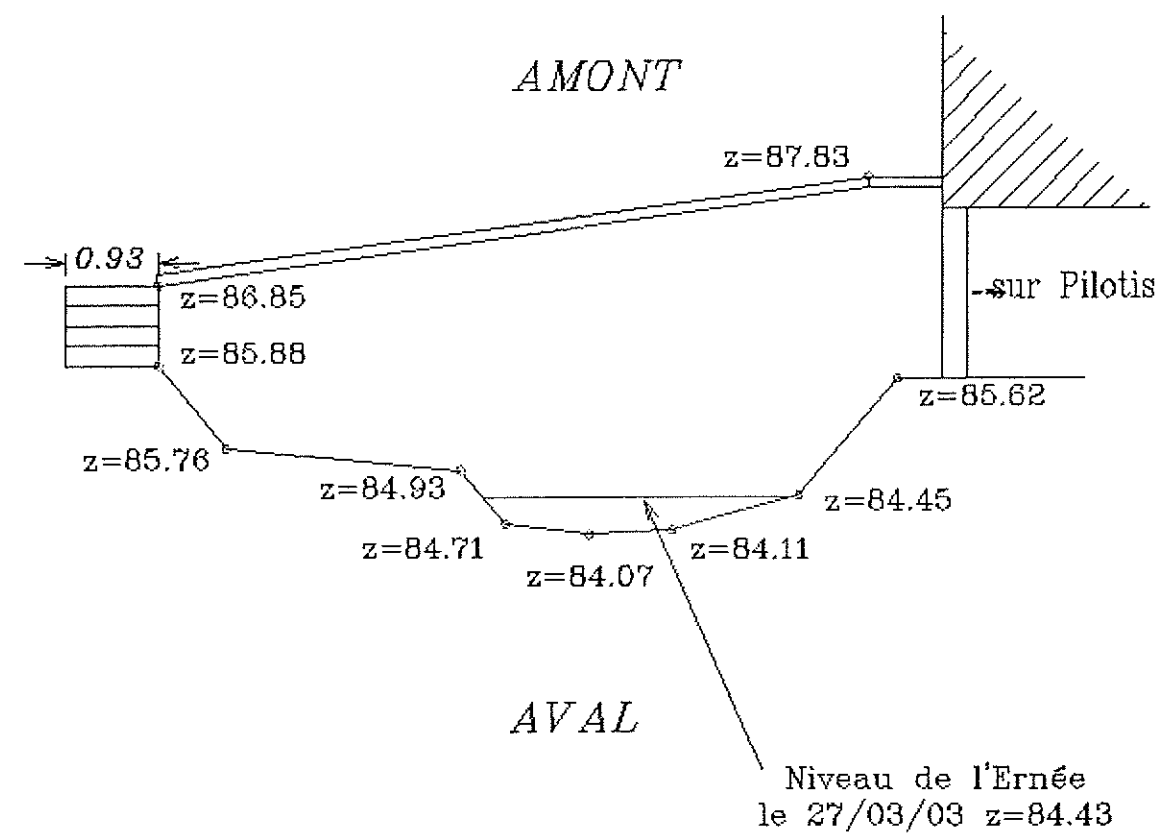
Pont de Chailland



Echelle : 1 / 750°

Ouvrage ERN21b

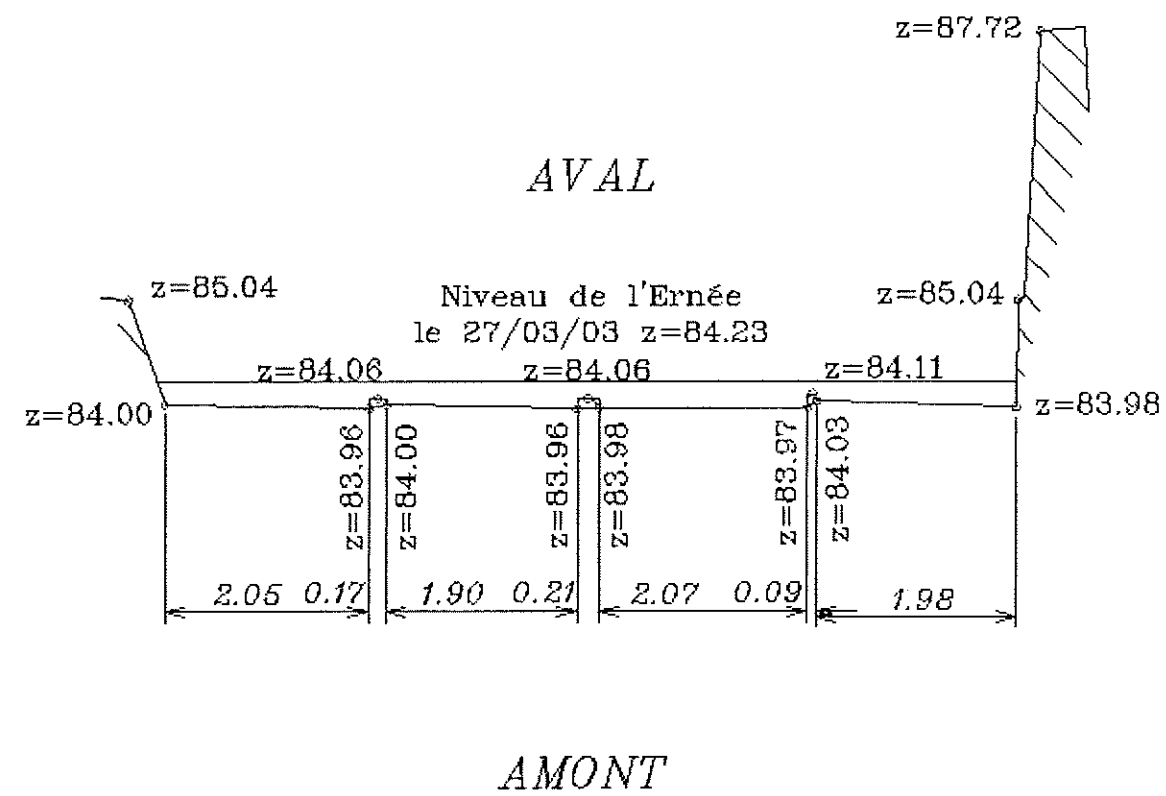
Passerelle de Chailland



PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du
- 1 AOUT 2006

Echelle : 1 / 750°

Ouvrage ERN21c

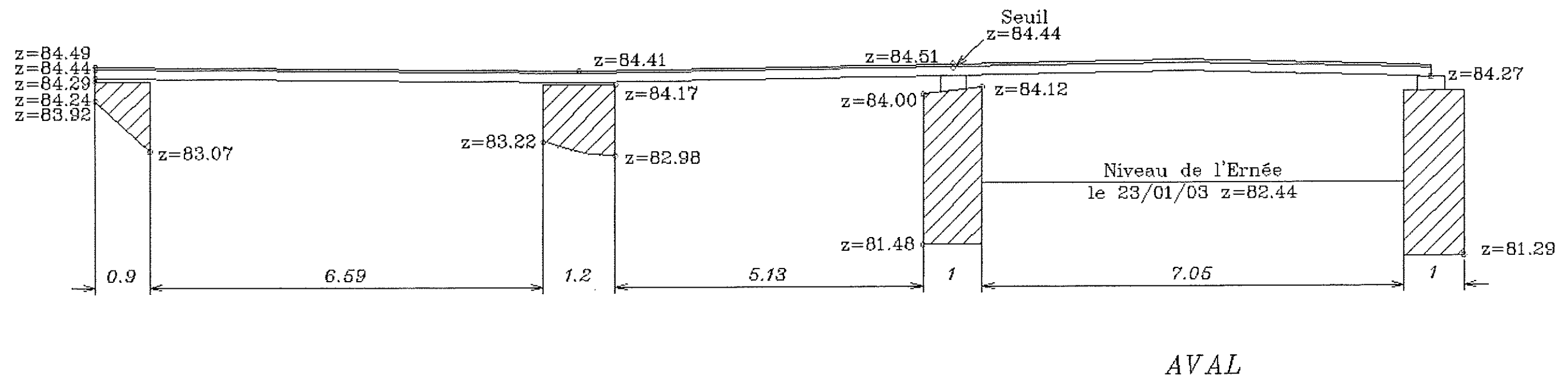


Approuvé par
le Préfet
le 1 AOUT 2006

Echelle : 1 / 750°

Ouvrage ERN22

Passerelle du val au Bourdais

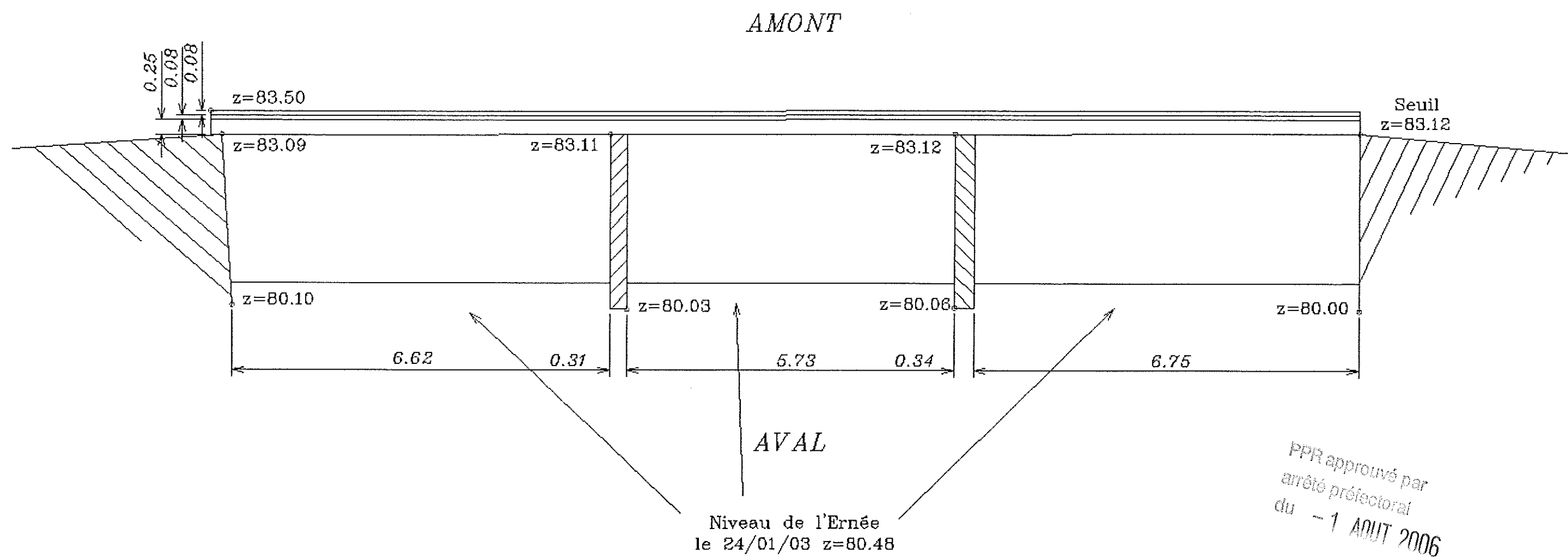


PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

Echelle : 1 / 750°

Ouvrage ERN23

Passerelle piétons et barrage de Clivoy



Echelle : 1 / 750°

ANNEXE n °2

Caractéristiques des stations hydrométriques sur l'Ernée

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du 01 AOÛT 2006



L'ERNEE A ERNEE

Zone hydrographique : M3313010 Bassin versant : 115 km²

Producteur : DIREN Pays-de-Loire

E-mail : nicolas.ampen@pays-de-la-loire.environnement.gouv.fr

Département : 53

Altitude : 111 m

Bassin-versant topographique : 115 Km²

Mise en service le : 11/09/1970 12:00

Mise hors service :

Type : station à une échelle

Statut : station avec signification hydrologique

Régime : pas ou faiblement

Coordonnées : LAMBERT II etendu

du 11/09/1970 12:00 au

X = 356555 m Y = 2371595 m

Commentaires :

Finalité : Hydrometrie generale

Année hydrologique : septembre-août

Loi utilisée pour le module : Gauss

Loi utilisée pour les crues : Gumbel

Qualité globale des mesures

En basses eaux : bonne

En moyennes eaux : bonne

En hautes eaux : bonne

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006



L'ERNEE A ERNEE

Zone hydrographique : M3313010 Bassin versant : 115 km²

Producteur : DIREN Pays-de-Loire

E-mail : nicolas.ampen@pays-de-la-loire.environnement.gouv.fr

Altitude du zéro de l'échelle : 110.00 Inconnu du 11/09/1970 12:00

Date & Evénement

Station remplacée : néant

Station de remplacement : néant

Données constituées à partir de :

Producteur associé :

Données disponibles

Légende :

☐ Inconnus dans HYDRO

☐ Validés douteux

☐ Provisoires

☐ Validés bons

☐ Invalidés

Hauteurs :

☐ Inconnus dans HYDRO

☐ Disponibles

Année	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Débits									XXX							
Hauteurs										XXX				XXX		

Année	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Débits																
Hauteurs																

Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Débits											XXX
Hauteurs											



L'ERNEE A ANDOUILLE [LES VAUGEOIS]

Zone hydrographique : M3323010 Bassin versant : 375 km²

Producteur : DIREN Pays-de-Loire

E-mail : nicolas.ampen@pays-de-la-loire.environnement.gouv.fr

Département : 53

Altitude : 63 m

Bassin-versant topographique : 375 Km²

Mise en service le : 01/10/1967 12:00

Mise hors service :

Type : station à une échelle

Statut : station avec signification hydrologique

Régime : pas ou faiblement

Coordonnées : LAMBERT II étendu

du 01/10/1967 12:00 au

X = 368397 m Y = 2356631 m

Commentaires :

Finalité : Hydrometrie generale

Année hydrologique : septembre-août

Loi utilisée pour le module : Gauss

Loi utilisée pour les crues : Gumbel

Qualité globale des mesures

En basses eaux : bonne

En moyennes eaux : bonne

En hautes eaux : bonne

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du -1 AOUT 2006



L'ERNEE A ANDOUILLE [LES VAUGEOIS]

Zone hydrographique : M3323010 Bassin versant : 375 km²

Producteur : DIREN Pays-de-Loire

E-mail : nicolas.ampen@pays-de-la-loire.environnement.gouv.fr

Altitude du zéro de l'échelle : 63.00 IGN 69 du 01/10/1967 12:00

Date & Evénement

Station remplacée : néant

Station de remplacement : néant

Données constituées à partir de :

Producteur associé :

Données disponibles

Légende :

☐ Inconnus dans HYDRO

☒ Validés douteux

☐ Provisoires

☒ Validés bons

☐ Invalidés

Hauteurs :

☐ Inconnus dans HYDRO

☒ Disponibles

Année	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Débits							XXX									
Hauteurs																

Année	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Débits																
Hauteurs																

Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Débits											XXX
Hauteurs											XXX

ANNEXE n °3

Données pluviométriques issues de la station d'Entrammes

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOÛT 2006

PPRI de l'Ernée - Commune de Chailland : Synthèse hydrologique
Pluies maximales sur 2 jours et 4 jours consécutifs issues de la station d'Entrammes

Année	Valeur (mm)	Rang	Distribution de Hazen	Distribution de Weibull	Variable réduite
1954	24	1	0.81%	1.59%	-1.57
1949	29	2	2.42%	3.17%	-1.31
1972	30	3	4.03%	4.76%	-1.17
1975	30	4	5.65%	6.35%	-1.06
1950	31	5	7.26%	7.94%	-0.96
1968	31	6	8.87%	9.52%	-0.88
1976	31	7	10.48%	11.11%	-0.81
1977	31	8	12.10%	12.70%	-0.75
1978	31	9	13.71%	14.29%	-0.69
1946	32	10	15.32%	15.87%	-0.63
1970	33	11	16.94%	17.46%	-0.57
1973	33	12	18.55%	19.05%	-0.52
1980	33	13	20.16%	20.63%	-0.47
2000	34	14	21.77%	22.22%	-0.42
1944	35	15	23.39%	23.81%	-0.37
1969	35	16	25.00%	25.40%	-0.33
1989	35	17	26.61%	26.98%	-0.28
1942	36	18	28.23%	28.57%	-0.24
1983	36	19	29.84%	30.16%	-0.19
1985	36	20	31.45%	31.75%	-0.15
1992	37	21	33.06%	33.33%	-0.10
1994	38	22	34.68%	34.92%	-0.06
1984	39	23	36.29%	36.51%	-0.01
1947	40	24	37.90%	38.10%	0.03
1958	40	25	39.52%	39.68%	0.07
1964	40	26	41.13%	41.27%	0.12
1940	41	27	42.74%	42.86%	0.16
1959	41	28	44.35%	44.44%	0.21
1961	41	29	45.97%	46.03%	0.25
1962	41	30	47.58%	47.62%	0.30
1995	41	31	49.19%	49.21%	0.34
1943	43	32	50.81%	50.79%	0.39
1965	43	33	52.42%	52.38%	0.44
1986	43	34	54.03%	53.97%	0.49
1998	43	35	55.65%	55.56%	0.53
1945	44	36	57.26%	57.14%	0.58
1953	44	37	58.87%	58.73%	0.64
1957	44	38	60.48%	60.32%	0.69
1981	44	39	62.10%	61.90%	0.74
1988	44	40	63.71%	63.49%	0.80
1956	45	41	65.32%	65.08%	0.85
1999	46	42	66.94%	66.67%	0.91
1955	48	43	68.55%	68.25%	0.97
1960	49	44	70.16%	69.84%	1.04
1997	49	45	71.77%	71.43%	1.10
1941	50	46	73.39%	73.02%	1.17
1952	50	47	75.00%	74.60%	1.25
1979	50	48	76.61%	76.19%	1.32
1982	50	49	78.23%	77.78%	1.40
1991	50	50	79.84%	79.37%	1.49
2001	52	51	81.45%	80.95%	1.58
1990	53	52	83.06%	82.54%	1.68
1963	54	53	84.68%	84.13%	1.79
1974	55	54	86.29%	85.71%	1.91
1971	56	55	87.90%	87.30%	2.05
1987	57	56	89.52%	88.89%	2.20
1951	61	57	91.13%	90.48%	2.38
1993	61	58	92.74%	92.06%	2.59
1996	61	59	94.35%	93.65%	2.85
1967	64	60	95.97%	95.24%	3.19
1966	78	61	97.58%	96.83%	3.71
1948	92	62	99.19%	98.41%	4.82

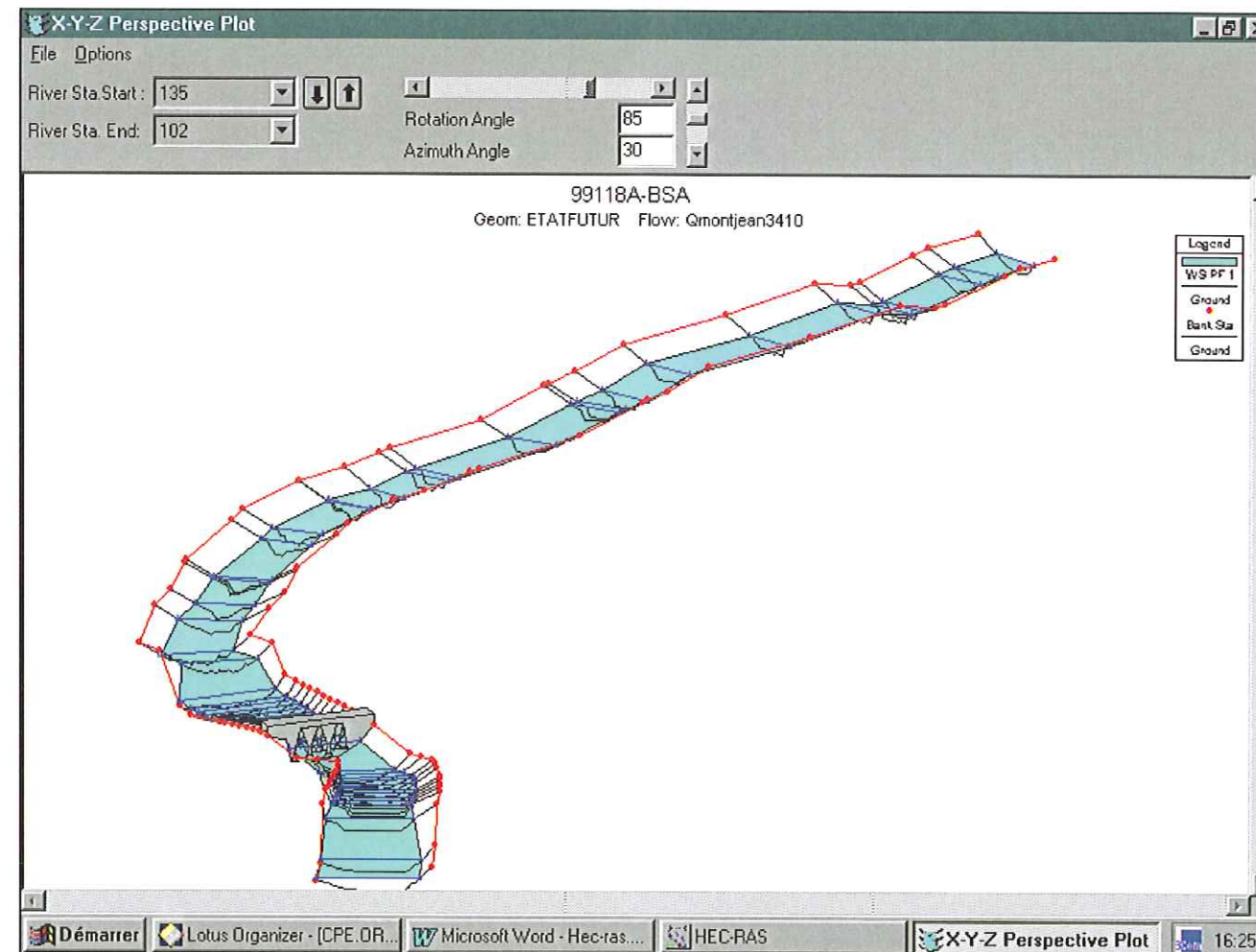
Année	Valeur (mm)	Rang	Distribution de Hazen	Distribution de Weibull	Variable réduite
1954	33	1	0.81%	1.59%	-1.57
1975	36	2	2.42%	3.17%	-1.31
1978	37	3	4.03%	4.76%	-1.17
1950	42	4	5.65%	6.35%	-1.06
1968	43	5	7.26%	7.94%	-0.96
1949	45	6	8.87%	9.52%	-0.88
1972	45	7	10.48%	11.11%	-0.81
1945	46	8	12.10%	12.70%	-0.75
1969	46	9	13.71%	14.29%	-0.69
1973	46	10	15.32%	15.87%	-0.63
1983	46	11	16.94%	17.46%	-0.57
2000	47	12	18.55%	19.05%	-0.52
1998	48	13	20.16%	20.63%	-0.47
1980	49	14	21.77%	22.22%	-0.42
1955	50	15	23.39%	23.81%	-0.37
1984	50	16	25.00%	25.40%	-0.33
1991	50	17	26.61%	26.98%	-0.28
1976	51	18	28.23%	28.57%	-0.24
1959	52	19	29.84%	30.16%	-0.19
1961	52	20	31.45%	31.75%	-0.15
1965	53	21	33.06%	33.33%	-0.10
1989	53	22	34.68%	34.92%	-0.06
1958	54	23	36.29%	36.51%	-0.01
1964	54	24	37.90%	38.10%	0.03
1947	55	25	39.52%	39.68%	0.07
1997	55	26	41.13%	41.27%	0.12
1981	56	27	42.74%	42.86%	0.16
1992	56	28	44.35%	44.44%	0.21
1962	57	29	45.97%	46.03%	0.25
1956	58	30	47.58%	47.62%	0.30
1977	58	31	49.19%	49.21%	0.34
1988	59	32	50.81%	50.79%	0.39
1953	60	33	52.42%	52.38%	0.44
1957	61	34	54.03%	53.97%	0.49
1985	61	35	55.65%	55.56%	0.53
1963	62	36	57.26%	57.14%	0.58
1946	63	37	58.87%	58.73%	0.64
2001	63	38	60.48%	60.32%	0.69
1971	64	39	62.10%	61.90%	0.74
1982	64	40	63.71%	63.49%	0.80
1996	64	41	65.32%	65.08%	0.85
1994	65	42	66.94%	66.67%	0.91
1970	66	43	68.55%	68.25%	0.97
1993	66	44	70.16%	69.84%	1.04
1974	68	45	71.77%	71.43%	1.10
1979	68	46	73.39%	73.02%	1.17
1987	69	47	75.00%	74.60%	1.25
1990	69	48	76.61%	76.19%	1.32
1995	69	49	78.23%	77.78%	1.40
1960	70	50	79.84%	79.37%	1.49
1967	72	51	81.45%	80.95%	1.58
1986	72	52	83.06%	82.54%	1.68
1999	75	53	84.68%	84.13%	1.79
1951	81	54	86.29%	85.71%	1.91
1952	82	55	87.90%	87.30%	2.05
1966	90	56	89.52%	88.89%	2.20
1948	92	57	91.13%	90.48%	2.38

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

ANNEXE n °4

Notice de présentation du logiciel Hec-Ras 2.2

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du -1 AOÛT 2006



NOTICE DU LOGICIEL HEC-RAS
RIVER ANALYSIS SYSTEM
Version 2.2

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

1. Introduction

Le logiciel HEC-RAS a été développé au Hydrologic Engineering Center (HEC). Ce logiciel a été conçu pour simuler les écoulements unidimensionnels permanents ou non permanents et calculer le transport de sédiments.

Le modèle HEC-RAS a été développé comme une partie des logiciels hydrauliques "nouvelle génération" du Hydrologic Engineering Center. Ce programme global NexGen englobe plusieurs aspects de l'ingénierie hydraulique incluant : l'analyse pluie-débit, l'hydraulique de rivières, la simulation de réservoirs, l'analyse de dégâts d'inondation, et la prévision hydraulique en temps réel sur les rivières équipées de barrages.

2. Philosophie globale du modèle

HEC-RAS est un système de logiciels intégrés, conçu pour une utilisation interactive en multitâches avec possibilité d'utilisation par plusieurs utilisateurs en réseau. Le système comprend une interface graphique utilisateur (GUI), des éléments d'analyse hydrauliques séparés, un stockage de données et des interfaces de sorties graphiques et d'édition de rapports.

Lorsque le logiciel HEC-RAS sera pleinement développé, celui-ci comprendra trois procédures d'analyse hydraulique unidimensionnelle :

- le modèle d'écoulement uniforme à surface libre;
- la simulation des écoulements non-uniforme,
- la modélisation de conditions limites variables pour le calcul de sédimentations.

Un des éléments clefs à prendre en compte est la possibilité d'utiliser une représentation géométrique et un module de calcul hydraulique commun aux trois procédures. La version actuelle de HEC-RAS ne réalise que la procédure de calcul de ligne d'eau en régime permanent. Les nouveaux développements seront intégrés dans les versions futures.

3. Capacités du modèle HEC-RAS

HEC-RAS a été conçu pour modéliser les écoulements unidimensionnels pour une multitude de types de lit naturels ou artificiels. Les chapitres suivants décrivent les caractéristiques principales de HEC-RAS.

3.1 INTERFACE UTILISATEUR

L'interactivité entre l'utilisateur et le logiciel HEC-RAS passe par une interface graphique (GUI). L'idée directrice de conception de cet outil était de rendre facile l'utilisation du logiciel tout en gardant un haut niveau d'efficacité pour l'utilisateur.

L'interface graphique gère les fonctions suivantes :

- la gestion des fichiers ,
- l'entrée et l'édition des données ,
- les analyses hydrauliques ,
- l'édition de graphiques ou de tableaux de résultats ,...

3.2 OUTIL D'ANALYSE HYDRAULIQUE

L'outil modélisateur du logiciel est conçu pour calculer les lignes d'eau pour les écoulements graduellement variés. Le programme peut intégrer un ensemble de canaux, un système dendritique, ou un simple bief de rivière. Le module de calcul hydraulique est capable de modéliser les lignes d'eau pour les régimes torrentiels, fluvial ou mixte.

La procédure basique de calcul est la résolution de l'équation d'énergie en une dimension. Les pertes de charge sont évaluées par rugosité (Formule de Manning) et par singularités (contraction et divergences). L'équation des moments est utilisée pour le calcul sur les tronçons où les écoulements sont rapidement variés.

Ces modes de calcul incluent les modélisations des régimes mixtes (Chutes,...), les ouvrages hydrauliques et les calculs de ligne d'eau aux confluences (Courant de confluences,...).

Les effets de certains obstacles aux écoulements comme les ponts, les conduits, les déversoirs et les structures présentes dans toute vallée inondable peuvent être intégrées dans la modélisation.

Le logiciel est conçu pour l'évaluation des débordements de rivière dans le cadre d'études de gestion des vallées inondables ou d'élaborations de protections contre les inondations. De plus, il permet le calcul des impacts hydrauliques engendrés par un aménagement du lit de la rivière ou l'implantation de digues. HEC-RAS intègre des capacités de calcul spéciales : l'analyse multiple de scénarii, la génération multiple de profils, l'analyse d'implantation de pont et/ou conduits en parallèle ...

4. Utilisation du logiciel HEC-RAS

Dans la terminologie utilisée avec HEC-RAS, un Projet est un ensemble de fichiers de données associé à un système de rivière particulier. Le modélisateur peut utiliser toutes ou parties des différentes analyses hydrauliques incluses dans le logiciel HEC-RAS.

Les fichiers de données pour un projet sont classés de la façon suivante :

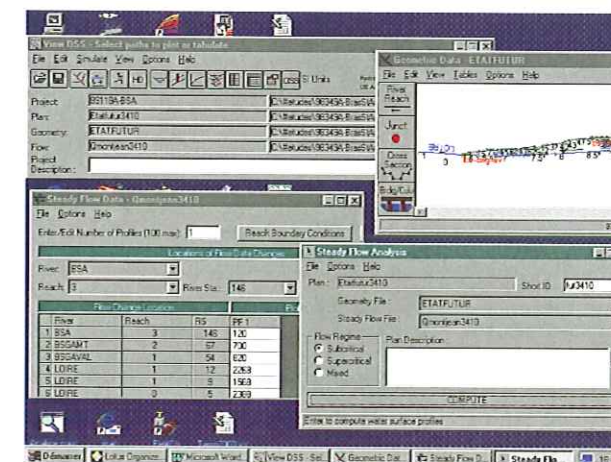
- données de scénario de modélisation,
- caractéristiques géométriques,
- données hydrologiques et conditions limites,...

Durant la réalisation de l'étude, le modélisateur peut vouloir tester plusieurs scénarii. Chaque scénarii est associé à un fichier de données géométriques et un fichier de conditions hydrologiques. Une fois les données de base rentrées dans le modèle, l'utilisateur peut facilement générer d'autres scénarii hydrauliques.

Après les simulations de plusieurs scénarii, les résultats peuvent être comparés simultanément dans des tableaux d'ensemble ou sur des graphiques.

4.1 DEMARRER UN PROJET SUR HEC-RAS

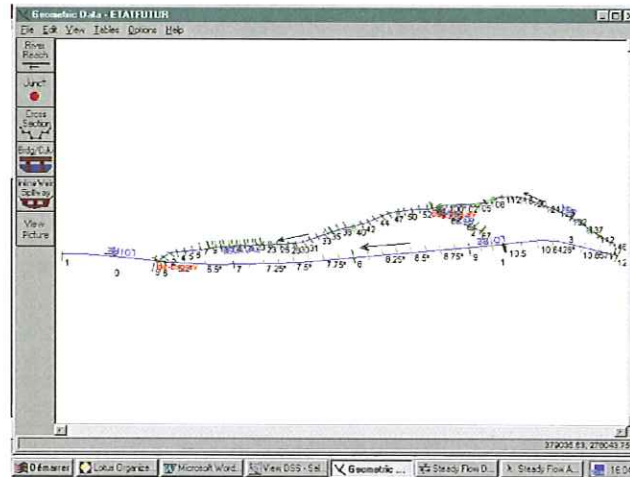
La première étape dans le développement d'un modèle hydraulique sous HEC-RAS est d'établir dans quel répertoire vous vous voulez travailler et de donner un titre au projet.



PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

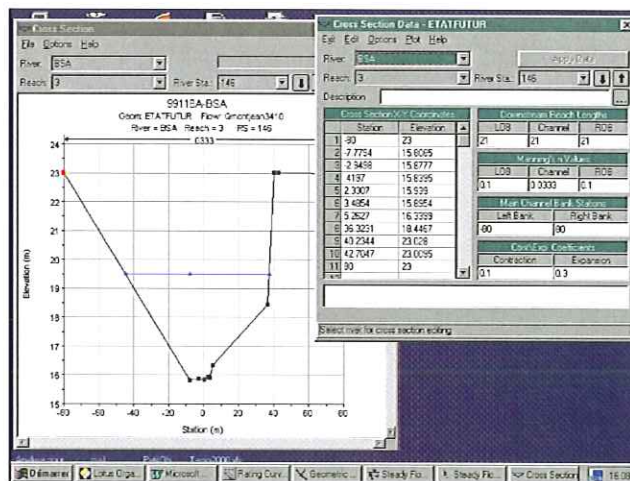
4.2 ENTRER DES DONNEES GEOMETRIQUES

La deuxième étape de la modélisation est d'entrer les données géométriques nécessaires. Ce travail consiste en la définition des connexions entre rivières modélisées, l'entrée des caractéristiques des sections d'écoulement et de la géométrie de chaque ouvrage (ponts, conduits, déversoirs,...).



Cette entrée de données peut être réalisée de différentes façons suivant les données de base mises à disposition de l'utilisateur :

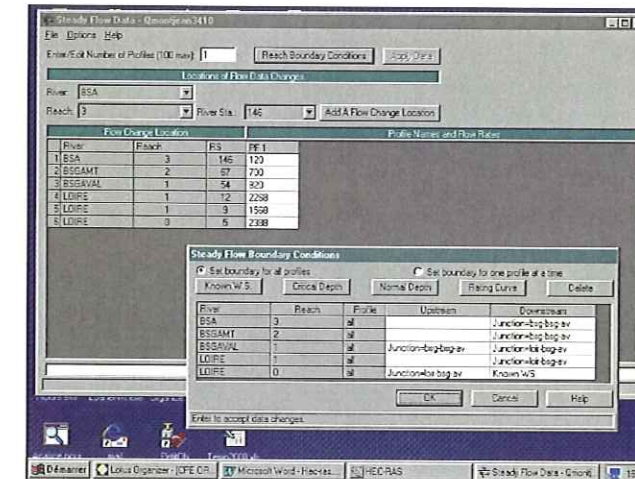
- dans les cas où le modélisateur dispose d'un modèle numérique de terrain, celui-ci peut l'importer directement sous HEC-RAS, le voir apparaître à l'écran, tracer son axe d'écoulement et demander au logiciel de générer directement les profils en travers naturels d'écoulements.
- dans le cas où l'utilisateur ne dispose que de profils en travers levés, celui-ci peut rentrer leurs caractéristiques sous forme de tableaux abscisses – cotes.



- l'interface graphique de HEC-RAS permet aussi de dessiner ou de modifier de manière visuelle des profils en travers directement à l'écran. Le modélisateur doit ensuite rentrer les caractéristiques des différents conduits présents sur le cours de la rivière modélisée ainsi que les conditions de rugosité des différentes sections d'écoulement.

4.3 ENTRER DES DONNEES HYDROLOGIQUES ET CONDITIONS LIMITES

Ce module permet l'entrée des données hydrologiques nécessaires aux calculs hydrauliques sur chaque biefs ainsi que les conditions limites du modèle. Pour les calculs de lignes d'eau en régime fluvial, la condition limite nécessaire est le niveau d'eau aval. Pour les conditions torrentielles, c'est le niveau amont qui doit être entré.



4.4 MISE EN ROUTE DE LA MODELISATION

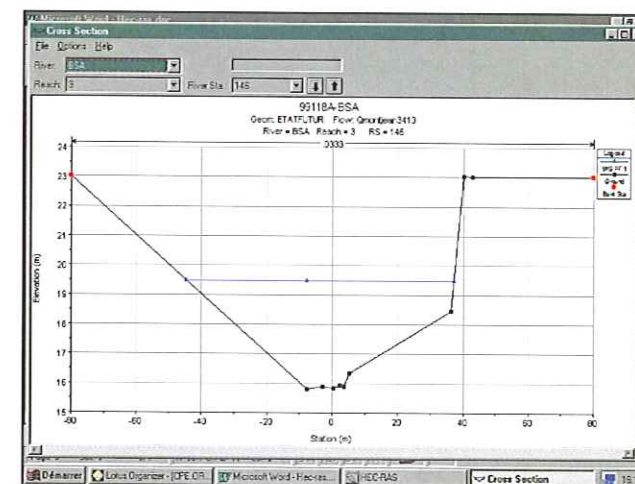
Le module de mise en route des calculs permet de tester chaque scénario qui regroupe un fichier de données géométriques associé à un fichier de données hydrologiques.

Il est possible de forcer le régime d'écoulement dans la modélisation. Cette option est très intéressante pour l'analyse des écoulements mixtes et des changements de régimes.

4.5 VISUALISATION DES RESULTATS ET RENDUS

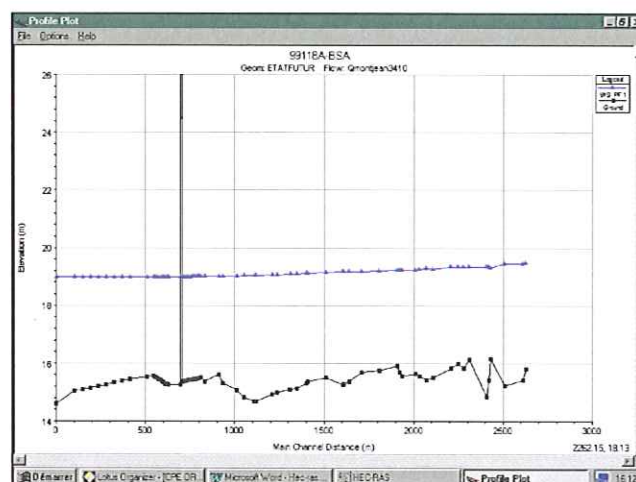
L'interface graphique du logiciels HEC-RAS permet de générer toute sorte de rendus :

- des profils en travers de calculs sur lesquels peuvent apparaître les caractéristiques géométriques et physiques de la section considérée, les conditions d'écoulements calculées pour un nombre illimité de modélisation, les aménagements pris en compte,...

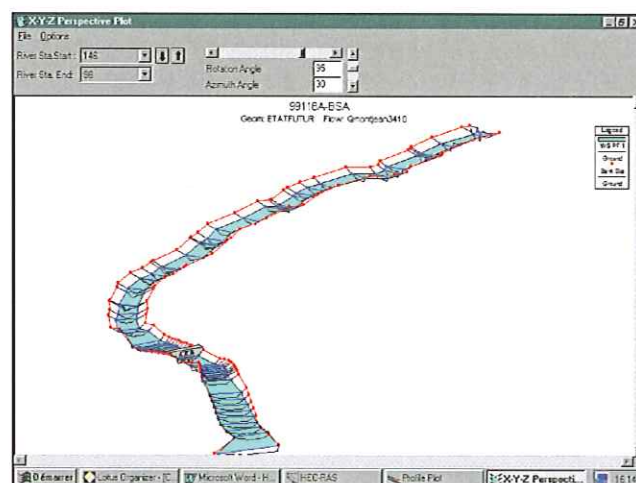


- des profils en long pouvant reprendre, là aussi, différents scénarii afin d'établir des comparaisons visuelles ;

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
- 1 AOUT 2006



- des visualisations en 3 dimensions des écoulements reportés sur le Modèle Numérique de Terrain disponibles ;



- des tableaux de résultats pour lesquels toutes les données classiques hydrauliques peuvent être reprises : débit par section, vitesse, hauteur d'eau, .niveaux, ...

5. Supports informatiques nécessaires

Afin d'obtenir un maximum de performance de la part de HEC-RAS, les Hardware et Software recommandés sont donnés entre parenthèses. La version actuelle de HEC-RAS pourra être utilisée sur un ordinateur disposant des caractéristiques suivantes :

- un ordinateur compatible IBM avec un processeur minimal 486 (un Pentium ou plus est recommandé),
- un disque dur avec 10Mo de mémoire vive (20Mo ou plus est recommandé),
- un lecteur de disquette 3 ½ ",
- une RAM de 16 Mo minimale si utilisation de WINDOWS 95 ou de 24 Mo sir utilisation de WINDOWS NT (32 est recommandé) ,
- une souris ,
- un écran couleur VGA ou SVGA
- MS WINDOWS 95 ou WINDOWS NT 4.0

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOUT 2006

ANNEXE n °5

Ligne d'eau simulée pour la crue centennale

PPR approuvé par
arrêté préfectoral
du - 1 AOÛT 2006

Simulation de la crue centennale

