

Etude de cohérence du Bassin de la Maine



Rapport d'étape 2 :
Etude hydrologique et analyse des crues de référence

SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE	1
2	ETUDE HYDROLOGIQUE PRELIMINAIRE	3
2.1	DETERMINATION DES CRUES A ETUDIER	3
2.1.1	<i>Principales crues du bassin de la Maine antérieures à 1996</i>	3
2.1.2	<i>Données Banque Hydro</i>	4
2.1.3	<i>Proposition des crues à étudier en détail</i>	5
2.2	CONCLUSION	7
3	GENERALITES SUR LE BASSIN DE LA MAINE	8
3.1	LA MAYENNE	8
3.1.1	<i>Caractéristiques physiques du bassin versant</i>	8
3.1.2	<i>Géologie</i>	9
3.1.3	<i>Réseau hydrographique</i>	12
3.1.4	<i>Ecoulement et crues</i>	12
3.1.5	<i>Pluviométrie et occupation des sols</i>	13
3.1.6	<i>Réseau de mesures</i>	13
3.2	L'OUDON	14
3.2.1	<i>Caractéristiques physiques du bassin versant</i>	14
3.2.2	<i>Géologie</i>	14
3.2.3	<i>Réseau hydrographique</i>	14
3.2.4	<i>Ecoulement et crues</i>	15
3.2.5	<i>Pluviométrie et occupation du sol</i>	15
3.2.6	<i>Réseau de mesures</i>	15
3.3	LA SARTHE	16
3.3.1	<i>Caractéristiques physiques</i>	16
3.3.2	<i>Géologie</i>	17
3.3.3	<i>Réseau hydrographique</i>	18
3.3.4	<i>Champs d'inondation et crues</i>	18
3.3.5	<i>Pluviométrie et occupation du sol</i>	19
3.3.6	<i>Réseau de mesures</i>	19
3.4	L'HUISNE	20
3.4.1	<i>Caractéristiques physiques</i>	20
3.4.2	<i>Géologie</i>	21
3.4.3	<i>Réseau hydrographique</i>	21
3.4.4	<i>Ecoulement et crues</i>	22
3.4.5	<i>Pluviométrie et occupation du sol</i>	22
3.4.6	<i>Réseau de mesures</i>	22
3.5	LE LOIR	22
3.5.1	<i>Caractéristiques physiques</i>	22
3.5.2	<i>Géologie</i>	23
3.5.3	<i>Réseau hydrographique</i>	24
3.5.4	<i>Ecoulements et crues</i>	24

3.5.5	<i>Pluviométrie et occupation du sol</i>	24
3.5.6	<i>Réseau de mesures</i>	25
4	METHODOLOGIE POUR L'ANALYSE PLUVIOMETRIQUE	26
4.1	PRESENTATION.....	26
4.2	CHOIX DES PLUVIOMETRES D'ETUDES.....	26
4.2.1	<i>Isohyètes annuels</i>	26
4.2.2	<i>Pluviomètres retenus</i>	28
4.3	ANALYSE PLUVIOMETRIQUE PAR EVENEMENT.....	31
4.4	ANALYSE DE LA TEMPERATURE ET DE L'OCCURRENCE DE NEIGE.....	32
5	VALEURS CARACTERISTIQUES DES DEBITS DE CRUE	33
5.1	ESTIMATION DES DEBITS DECENNAUX, VINGTENNAUX ET CINQUANTENNAUX.....	33
5.2	ESTIMATION DES DEBITS DE TEMPS DE RETOUR PLUS ELEVES.....	35
5.3	EVENEMENTS HISTORIQUES ET PERIODES DE RETOUR CORRESPONDANTES.....	39
6	DESCRIPTION DES DONNEES POUR LES 16 CRUES A ETUDIER ET PREMIERS COMMENTAIRES	45
6.1	SOURCES DES DONNEES.....	45
6.2	CRUE DE JANVIER 1961.....	49
6.2.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	49
6.2.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	49
6.2.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	50
6.3	CRUE DE JANVIER 1966.....	53
6.3.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	53
6.3.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	53
6.3.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	54
6.4	CRUE D'OCTOBRE-NOVEMBRE 1966.....	56
6.4.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	56
6.4.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	56
6.4.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	57
6.5	CRUE DE NOVEMBRE 1974.....	59
6.5.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	59
6.5.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	59
6.5.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	60
6.6	CRUE DE FEVRIER 1979.....	60
6.6.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	60
6.6.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	60
6.6.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	61
6.6.4	<i>Données limnimétriques (stations DIREN)</i>	61
6.7	CRUE DE DECEMBRE 1982.....	61
6.7.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	61
6.7.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	62
6.7.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	62
6.7.4	<i>Données limnimétriques (stations DIREN)</i>	63
6.8	CRUE D'AVRIL 1983.....	63
6.8.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	63

6.8.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	63
6.8.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	64
6.9	CRUE D'AVRIL 1985.....	64
6.9.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	64
6.9.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	64
6.9.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	65
6.10	CRUE DE FEVRIER 1990.....	65
6.10.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	65
6.10.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	65
6.10.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	66
6.10.4	<i>Données limnimétriques (stations DIREN)</i>	66
6.11	CRUE DE JANVIER 1993.....	66
6.11.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	66
6.11.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	67
6.11.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	68
6.12	CRUE DE JANVIER 1995.....	68
6.12.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	68
6.12.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	69
6.12.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	70
6.12.4	<i>Données limnimétriques (stations DIREN)</i>	70
6.13	CRUE DE FEVRIER 1996.....	71
6.13.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	71
6.13.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	71
6.13.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	72
6.13.4	<i>Données limnimétriques (stations DIREN)</i>	72
6.14	CRUE DE FEVRIER 1997.....	72
6.14.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	72
6.14.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	73
6.14.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	74
6.15	CRUE DE DECEMBRE 1999.....	74
6.15.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	74
6.15.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	74
6.15.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	75
6.16	CRUE DE JANVIER 2001.....	76
6.16.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	76
6.16.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	76
6.16.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	77
6.17	CRUE DE JANVIER 2004.....	77
6.17.1	<i>Analyse pluviométrique</i>	77
6.17.2	<i>Données hydrométriques (stations DIREN)</i>	78
6.17.3	<i>Données limnimétriques (stations SPC)</i>	78
6.17.4	<i>Données limnimétriques (stations DIREN)</i>	79
6.17.5	<i>Retour d'expérience sur la crue de janvier 2004 : questionnaires aux riverains inondés</i> 79	
7	ANALYSE DE DIFFERENTS PARAMETRES DU BASSIN DE LA MAINE	82

7.1	EVOLUTION DE LA MASSE PLUVIEUSE	82
7.2	GEL ET NEIGE	83
7.3	ANALYSE DES VOLUMES DE CRUE	84
7.3.1	<i>Bassins versants de la Mayenne et de l'Oudon</i>	88
7.3.2	<i>Bassins versants de la Sarthe et de l'Huisne</i>	89
7.3.3	<i>Bassin versant du Loir</i>	89
7.3.4	<i>Conclusion</i>	90
7.4	COMPARAISON DES VOLUMES DE CRUE	92
7.4.1	<i>Présentation des graphes</i>	92
7.4.2	<i>Bassin versant de la Mayenne</i>	92
7.4.3	<i>Bassin versant de l'Oudon</i>	93
7.4.4	<i>Bassin versant de la Sarthe</i>	94
7.4.5	<i>Bassin versant de l'Huisne</i>	95
7.4.6	<i>Bassin versant du Loir</i>	96
7.5	VITESSE DE MONTEE ET DE DESCENTE AUX STATIONS	97
7.5.1	<i>Présentation des résultats</i>	97
7.5.2	<i>Bassin versant de la Mayenne</i>	99
7.5.3	<i>Bassin versant de l'Oudon</i>	100
7.5.4	<i>Bassin versant de la Sarthe</i>	101
7.5.5	<i>Bassin versant de l'Huisne</i>	102
7.5.6	<i>Bassin versant du Loir</i>	103
7.6	ANALYSE DES TEMPS DE PROPAGATION APPARENTS	104
7.7	HORLOGE DES CRUES	107
7.7.1	<i>Au niveau du bassin versant du Loir</i>	107
7.7.2	<i>Au niveau du bassin versant de la Sarthe</i>	107
7.7.3	<i>Au niveau du bassin de la Mayenne</i>	107
7.7.4	<i>Au niveau des BVA et du Mans</i>	108
8	ANALYSE DES PHENOMENES ET TYPOLOGIE DES CRUES.....	110
8.1	DEMARCHE MISE EN ŒUVRE.....	110
8.2	PREMIERE ETAPE D'ANALYSE CRUE PAR CRUE.....	110
8.2.1	<i>Crue de janvier 2004</i>	110
8.2.2	<i>Crue de janvier 2001</i>	111
8.2.3	<i>Crue de décembre 1999</i>	111
8.2.4	<i>Crue de février 1997</i>	112
8.2.5	<i>Crue de février 1996</i>	112
8.2.6	<i>Crue de janvier 1995</i>	113
8.2.7	<i>Crue de janvier 1993</i>	113
8.2.8	<i>Crue de février 1990</i>	113
8.2.9	<i>Crue d'avril 1985</i>	114
8.2.10	<i>Crue d'avril 1983</i>	114
8.2.11	<i>Crue de décembre 1982</i>	115
8.2.12	<i>Crue de février 1979</i>	115
8.2.13	<i>Crue de novembre 1974</i>	115
8.2.14	<i>Crue d'octobre 1966</i>	116
8.2.15	<i>Crue de janvier 1966</i>	116

8.2.16	<i>Crue de janvier 1961</i>	116
8.3	PREMIERE TYPOLOGIE DES CRUES DU BASSIN DE LA MAINE	117
8.3.1	<i>Synthèse pour les phénomènes analysés précédemment</i>	117
8.3.2	<i>Première typologie</i>	118
8.4	ANALYSE D'AUTRES CARACTERISTIQUES	120
8.4.1	<i>Autres caractéristiques analysées</i>	120
8.4.2	<i>Analyse pour les crues monopics</i>	120
8.4.3	<i>Analyse pour les crues multipics</i>	123
8.5	TYPLOGIE COMPLETEE	123
9	PROPOSITION DES CRUES A MODELISER	126

Réf : 01621174 MMC/ELM

Date : Septembre 2007

Version 5 – Corrigée en décembre 2008 (V6)

NB : Photo de la page de couverture : Rivière Sarthe, Sablé-sur-Sarthe.

ANNEXES

Annexe 1 : Les stations hydrométriques du bassin de la Maine et les stations du SPC utilisées dans l'étude

Annexe 2 : Détail des pluviomètres choisis pour représenter l'épisode intense de chaque crue d'étude

Annexe 3 : Moyennes interannuelles calculées par Météo-France

Annexe 4 : Températures minimales et maximales journalières et occurrence de neige pour chaque événement étudié

Annexe 5 : Pour chaque crue d'étude :

- une carte d'analyse de la période préparatoire,
- une ou plusieurs cartes correspondant à l'analyse de la période intense
- une carte d'analyse du mois précédent la période intense

Annexe 6 : Pluviométries journalières pour 5 stations pluviométriques du bassin de la Maine pour les 16 événements étudiés

Annexe 7 : Courbes Intensités – Durées – Fréquences (Station du Mans, de Jallans, d'Angers, d'Entrammes et d'Alençon) – Données Météo-France 2006

Annexe 8 : Ajustements statistiques selon loi de Gumbel et méthode du Gradex pour les stations hydrométriques du bassin de la Maine (débits instantanés)

Annexe 9 : Ajustements statistiques selon loi de Gumbel et méthode du Gradex pour quelques stations hydrométriques du bassin de la Maine (débits journaliers)

Annexe 10 : Crue de janvier 1961

Annexe 11 : Crue de janvier 1966

Annexe 12 : Crue d'octobre 1966

Annexe 13 : Crue de novembre 1974

Annexe 14 : Crue de février 1979

Annexe 15 : Crue de décembre 1982

Annexe 16 : Crue d'avril 1983

Annexe 17 : Crue d'avril 1985

Annexe 18 : Crue de février 1990

Annexe 19 : Crue de janvier 1993

Annexe 20 : Crue de janvier 1995

Annexe 21 : Crue de février 1996

Annexe 22 : Crue de février 1997

Annexe 23 : Crue de décembre 1999

Annexe 24 : Crue de janvier 2001

Annexe 25 : Crue de janvier 2004

Annexe 26 : Temps de propagation apparent pour les crues postérieures à 1993 (Loir, Sarthe, Mayenne)

FIGURES

Figure 1 : Présentation générale du bassin de la Maine

Figure 2 : Carte géologique du bassin de la Maine

Figure 3 : Cumul annuel des hauteurs de précipitation moyenné sur la période 1971-2000 (Source METEO-FRANCE)

Figure 4 : Localisation des pluviomètres utilisés pour l'étude

Figure 5 : Limnigrammes sur la Sarthe, l'Huisne et le Loir pour la crue de janvier 1961

Figure 6 : Limnigrammes sur la Sarthe, l'Huisne et le Loir pour la crue de janvier 1966

Figure 7 : Limnigrammes sur la Sarthe, l'Huisne et le Loir pour la crue d'octobre-novembre 1966

Figure 8 : Les volumes de crue sur le bassin de la Maine

Figure 9 : Hydrogrammes sur la Sarthe et ses affluents entre Spay et Beffes pour la crue de février 1996

Figure 10 : Hydrogrammes sur le bassin versant de la Mayenne pour la crue de 1996

Figure 11 : Hydrogrammes sur le bassin versant du Loir pour la crue de janvier 2004

TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau des principales crues antérieures à 1996 (extrait étude 3P)

Tableau 2 : Proposition des crues à étudier en détail

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des ajustements à la loi de Gumbel des débits caractéristiques instantanés aux principales stations du bassin de la Maine

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques instantanés des stations du bassin de la Maine

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques des crues de 1961, 1966 et 1974

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques des crues de 1979, 1982, 1983 et 1985

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques des crues de 1990, 1993, 1995 et 1996

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques des crues de 1997, 1999, 2001 et 2004

Tableau 9 : Tableaux récapitulatifs des cotes maximales atteintes pour les 16 crues étudiées au niveau des stations du SPC

Tableau 10 : Tableaux récapitulatifs des cotes maximales atteintes pour les 16 crues étudiées au niveau des stations de la DIREN

Tableau 11 : Tableau de synthèse des réponses au questionnaire de l'Etablissement Public Loire suite à la crue de janvier 2004

Tableau 12 : Durées d'intégration pour chaque crue pour le calcul des volumes

Tableau 13 : Tableau des volumes pour le bassin versant de la Mayenne

Tableau 14 : Tableau des volumes pour le bassin versant de la Sarthe

Tableau 15 : Tableau des volumes pour le bassin versant du Loir

Tableau 16 : Tableau des volumes de crue estimés à partir des données journalières de débit

Tableau 17 : Tableau des vitesses de montée et de descente de la cote d'eau à différentes stations du bassin de la Maine (stations SPC sur le Loir, la Sarthe et l'Huisne ; stations DIREN sur la Mayenne et l'Oudon)

Tableau 18 : Tableau des durées de propagation apparente de crue

Tableau 19 : Détermination de l'ordre de passage de la crue dans les différents sous-bassins versants au niveau des basses vallées angevines et au niveau du Mans (d'après données hydrométriques)

Tableau 20 : Détermination de l'ordre de passage de la crue dans les différents sous-bassins versants au niveau des basses vallées angevines et au niveau du Mans (d'après données limnimétriques)

Tableau 21 : Tableau récapitulatif pour une première typologie

Tableau 22 : Tableau de synthèse de l'analyse pluviométrique des 16 événements étudiés

Tableau 23 : Tableau récapitulatif sur les 16 crues d'étude

Tableau 24 : Crues historiques retenues pour la modélisation

1 CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étape 2 de l'étude de cohérence du bassin de la Maine a pour objet **l'étude hydrologique et l'analyse des crues de référence**.

Cette étude hydrologique doit notamment permettre :

- d'analyser le fonctionnement hydrologique du bassin de la Maine, à travers l'étude détaillée d'un certain nombre de crues,
- de définir, dans la mesure du possible, une typologie des crues du bassin, en mettant en évidence les limites de cette typologie,
- de choisir les événements historiques ou théoriques qui seront modélisés.

Lors de l'étude préliminaire hydrologique (cf chapitre 2), le chargé d'études a proposé le 15 novembre 2005 au maître d'ouvrage, la liste des crues de référence qu'il envisage d'étudier.

Cette liste validée comporte les 16 crues suivantes :

- | | |
|------------------|------------------|
| - janvier 1961, | - février 1990, |
| - janvier 1966, | - janvier 1993, |
| - octobre 1966, | - janvier 1995, |
| - novembre 1974, | - février 1996, |
| - février 1979, | - février 1997, |
| - décembre 1982, | - décembre 1999, |
| - avril 1983, | - janvier 2001, |
| - avril 1985, | - janvier 2004. |

Pour la modélisation, il est prévu d'élaborer 10 événements représentatifs (événements historiques ou de projet). Le modèle sera calé sur 4 événements au minimum. C'est pourquoi un échantillonnage important de crues (16) a été retenu sachant que pour certaines, nous ne disposerons que de peu d'informations. L'annexe 2 présente les différentes stations hydrométriques du bassin de la Maine.

L'étude des crises hydrologiques du bassin de la Maine (étude dite « 3P »¹) réalisée par la CNR en 1998-99 a déjà présenté une étude hydrologique approfondie du bassin de la Maine. Notamment les crues de novembre 1974, janvier 1993, janvier 1995, février 1996 et février 1997 ont été étudiées en détail.

La présente étude actualise l'étude « 3P » et la complète.

La structure de ce rapport est la suivante :

- Chapitre 2 : présentation de l'étude hydrologique préliminaire qui a permis, fin 2005, de choisir les 16 crues historiques qui vont faire l'objet d'une analyse détaillée,
- Chapitre 3 : présentation du cadre physique du bassin de la Maine et des stations hydrométriques,
- Chapitre 4 : présentation de la méthodologie employée pour l'analyse pluviométrique, cette analyse étant présentée crue par crue dans les chapitres suivants,

¹ Etude des crises hydrologiques du bassin versant de la Maine (EPALA / DIREN Centre / CNR / 1999)

- Chapitre 5 : présentation des valeurs caractéristiques des débits de crue aux différentes stations,
- Chapitre 6 : description des données pour les 16 crues à étudier et premiers commentaires,
- Chapitre 7 : analyse de différents paramètres : évolution de la masse pluvieuse, analyse des volumes de crue, analyse des vitesses de montée et de descente, analyse des temps de propagation, horloge des crues,
- Chapitre 8 : analyse des phénomènes pour les 16 crues, proposition d'une typologie des crues du bassin de la Maine,
- Chapitre 9 : proposition des crues à modéliser.

2 ETUDE HYDROLOGIQUE PRELIMINAIRE

2.1 DETERMINATION DES CRUES A ETUDIER

2.1.1 Principales crues du bassin de la Maine antérieures à 1996

Suite aux crues très importantes de janvier 1995 sur l'ensemble du bassin versant de la Maine et dans un souci de cohérence globale, une réflexion concertée entre les différents partenaires intéressés a présidé au lancement d'une importante étude des crises hydrologiques du bassin de la Maine, dénommé étude « 3P ». Elle concerne les trois volets « Prévision », « Prévention » et « Protection » en intégrant non seulement les difficultés des crues, mais également celles de la gestion des étiages. Cette étude a été réalisée par la CNR (Compagnie Nationale du Rhône) en 1998 et 1999. Nous reprenons ici le tableau synthétique des crues antérieures à 1996 réalisé dans cette étude.

Tableau 1 : Tableau des principales crues antérieures à 1996 (extrait étude 3P)
Estimations des périodes de retour à partir des débits moyens journaliers maximaux

Dates des crues	LA MAYENNE à CHAMBELLAY		LA SARTHE à SPAY		LE LOIR à DURTAL	
	débit maxi journalier (m ³ /s)	période de retour (année)	débit maxi journalier (m ³ /s)	période de retour (année)	débit maxi journalier (m ³ /s)	période de retour (année)
	Qjmax 5 ans = 400 m ³ /s Qjmax 10 ans = 475 m ³ /s Qjmax 50 ans = 710 m ³ /s Qjmax 100 ans = 910 m ³ /s		Qjmax 5 ans = 270 m ³ /s Qjmax 10 ans = 320 m ³ /s Qjmax 50 ans = 430 m ³ /s Qjmax 100 ans = 510 m ³ /s		Qjmax 5 ans = 240 m ³ /s Qjmax 10 ans = 300 m ³ /s Qjmax 50 ans = 430 m ³ /s Qjmax 100 ans = 580 m ³ /s	
janvier 1961	\		200	2	450	50
janvier 1966	320	2,5	460	60	270	7
octobre 1966	800	70	480	75	90	1
novembre 1966	\		470	70	180	2
février 1970	407	5	213	2	178	2
novembre 1974	770	65	160	1	61	1
février 1977	410	6	199	2	230	4
février 1978	416	6	192	2	224	4
février 1979	258	1,5	326	10	279	8
février 1980	298	2	228	3	260	7
décembre 1982	517	15	299	7	228	4
avril 1983	241	1	229	3	377	20
novembre 1984	247	1	181	2	286	8
avril 1985	319	2,5	325	10	206	3
février 1988	374	4	261	4	285	9
février 1990	444	8	225	2	122	1
janvier 1993	468	10	290	7	201	3
janvier 1994	305	2	257	4	145	2
janvier 1995	668	45	457	60	426	50
février 1996	477	10	233	3	97	1

2.1.2 Données Banque Hydro

Une pré-analyse a été réalisée à l'aide des données de la Banque Hydro afin de prendre en compte les dernières crues postérieures à l'étude « 3P ».

Concernant les données de la Banque Hydro, ont été utilisées les stations en service sur le Loir, la Sarthe, l'Huisne, la Mayenne et l'Oudon. La procédure CRUCAL permet d'obtenir les débits de crue maximums instantanés annuels pour les différentes années d'observation d'une station, et un ajustement à une loi de Gumbel de ces valeurs permet de déterminer les débits caractéristiques de crue pour une période de retour donnée.

Les tableaux suivants présentent, pour chaque cours d'eau, les crues les plus fortes qui ont pu être déterminées. Il s'agit d'un premier travail d'approche hydrologique qui reprend les données brutes de la Banque Hydro. Pour chaque station, les 3 plus forts débits sont surlignés en rouge, en orange et en jaune (du plus fort au plus faible sur les 3 plus forts débits).

Crue	Le Loir (m³/s)							
	à St-Maur-sur-le-Loir (1160 km²) 28	Période de retour (ans)	à Villavard (4545 km²) 41	Période de retour (ans)	à Flée (5940 km²) 72	Période de retour (ans)	à Durtal (7920 km²) 49	Période de retour (ans)
janv-66	-	-	-	-	-	-	271	> 5
nov-74	-	-	-	-	-	-	-	-
févr-78	130	< 20	-	-	-	-	240	< 5
févr-79	-	-	-	-	-	-	294	< 10
avr-83	-	-	256	< 50	-	-	374	20
nov-84	114	< 10	201	10	-	-	281	< 10
févr-90	26,5	< 2	75,2	< 2	-	-	123	< 2
janv-93	-	-	-	-	-	-	215	> 2
janv-95	147	> 20	244	> 20	323	< 10	454	< 70
févr-96	22,3	< 2	51,7	< 2	78,8	< 2	103	< 2
févr-97	117	10	136	< 5	-	-	225	> 2
déc-99	92,1	5	223	< 20	-	-	360	< 20
janv-01	102	> 5	-	-	-	-	285	> 5
mars-02	111	> 5	133	< 5	208	> 2	195	> 2
janv-04	134	< 20	176	> 5	364	> 10	375	> 20

Crue	La Sarthe (m³/s)									
	à St-Céneri-le-Gérrei (908 km²) 61	Période de retour (ans)	à Souillé (2700 km²) 72	Période de retour (ans)	à Neuville/Sarthe (2716 km²) 72	Période de retour (ans)	à Spay (5285 km²) 72	Période de retour (ans)	à St-Denis-d'Anjou (7380 km²) 53	Période de retour (ans)
janv-66	-	-	-	-	-	-	471	< 50	-	-
nov-74	-	-	-	-	152	< 2	163	< 2	-	-
févr-78	-	-	-	-	208	> 2	275	< 5	394	< 5
févr-79	-	-	-	-	226	< 5	331	< 10	463	5
déc-82	56	2	-	-	235	< 5	310	> 5	414	< 5
avr-83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nov-84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
avr-85	44,6	< 2	-	-	214	> 2	336	< 10	421	< 5
févr-90	49,6	< 2	-	-	-	-	232	> 2	364	> 2
janv-93	116	> 20	-	-	216	> 2	302	5	385	> 2
janv-95	142	> 50	312	5	314	< 20	462	< 50	685	< 50
févr-96	78,3	5	234	> 2	224	< 5	269	< 5	368	> 2
févr-97	57,7	2	242	> 2	232	< 5	302	5	406	< 5
déc-98	84,5	> 5	246	> 2	220	< 5	272	< 5	375	> 2
déc-99	124	< 50	335	> 5	303	> 10	431	> 20	561	> 10
janv-01	98,5	> 10	346	< 10	312	< 20	420	> 20	504	< 10
mars-02	45,6	< 2	187	< 2	182	2	230	> 2	293	< 2
janv-04	74,1	< 5	238	> 2	224	< 5	328	> 5	447	< 5

Crue	L'Huisne (m³/s)					
	à Réveillon (78,3 km²) 61	Période de retour (ans)	à Nogent-le- Rotrou (827 km²) 28	Période de retour (ans)	à Montfort-le- Gesnois (1890 km²) 72	Période de retour (ans)
janv-66	-	-	-	-	-	-
nov-74	-	-	50,1	> 2	-	-
mars-78	-	-	47,6	> 2	-	-
févr-79	-	-	54,2	< 5	-	-
déc-82	-	-	47,5	> 2	-	-
avr-83	-	-	-	-	-	-
nov-84	-	-	-	-	-	-
avr-85	-	-	58,2	5	95,1	< 5
févr-90	-	-	42,1	2	54,9	< 2
janv-93	-	-	81,4	20	102	< 5
janv-95	-	-	107	< 100	178	70
févr-96	-	-	26,9	< 2	47,9	< 2
févr-97	-	-	57,8	5	91,4	< 5
déc-98	-	-	60,9	5	74	2
déc-99	10,2	5	62,5	> 5	136	> 10
mars-01	12	< 10	80	20	126	10
mars-02	-	-	59	5	94,5	< 10
janv-04	10,6	5	64,4	> 5	108	5

Crue	La Mayenne (m ³ /s)											
	à Madré (335 km ²) 53	Période de retour (ans)	à Ambrières-les- Vallées (828 km ²) 53	Période de retour (ans)	à St-Fraimbault-de- Prières (1851 km ²) 53	Période de retour (ans)	à l'Huisserie (2890 km ²) 53	Période de retour (ans)	à Château-Gonthier (3910 km ²) 53	Période de retour (ans)	à Chambellay (4160 km ²) 49	Période de retour (ans)
janv-66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nov-74	-	-	-	-	413	> 70	605	50	770	< 50	824	< 50
févr-78	-	-	-	-	181	> 2	-	-	390	> 2	438	< 5
févr-79	-	-	-	-	106	< 2	161	< 2	265	< 2	213	< 2
déc-82	-	-	-	-	221	< 5	372	> 5	637	< 20	682	< 20
avr-83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nov-84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
avr-85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
févr-90	-	-	-	-	340	> 20	425	< 10	484	5	518	5
janv-93	-	-	-	-	270	< 10	397	> 5	545	< 10	545	> 5
janv-95	86	10	160	10	343	> 20	519	> 20	685	20	715	< 20
févr-96	70,1	5	118	< 5	187	> 2	282	> 2	480	5	555	> 5
févr-97	59	> 2	86,1	< 2	159	2	265	> 2	388	> 2	486	< 5
déc-98	-	-	106	> 2	221	< 5	308	> 2	428	< 5	422	> 2
déc-99	58	> 2	128	5	268	< 10	403	< 10	544	< 10	625	10
janv-01	72	5	151	< 10	277	10	481	< 20	665	< 20	768	> 20
mars-02	41,4	< 2	84,2	< 2	182	> 2	212	< 2	266	< 2	296	< 2
janv-04	62,2	> 2	128	5	242	5	325	< 5	469	< 5	522	5

Crue	L'Oudon (m ³ /s)					
	à Cossé-le-Vivien (133 km ²) 53	Période de retour (ans)	à Châtellais (734 km ²) 49	Période de retour (ans)	à Segré (1310 km ²) 49	Période de retour (ans)
janv-66	-	-	-	-	-	-
nov-74	-	-	26,3	< 2	-	-
févr-78	-	-	58,8	> 2	-	-
févr-79	-	-	-	-	-	-
déc-82	-	-	75	< 5	-	-
avr-83	-	-	-	-	-	-
nov-84	-	-	-	-	-	-
avr-85	-	-	66,1	< 5	-	-
févr-90	12,3	< 2	40,5	< 2	-	-
janv-93	16,1	2	56,5	> 2	-	-
janv-95	15,7	2	99,6	10	-	-
févr-96	18,3	< 5	109	> 10	-	-
févr-97	18,9	< 5	101	10	167	< 5
déc-98	19,3	< 5	80,3	5	126	> 2
déc-99	24,8	< 10	136	< 50	233	< 10
janv-01	-	-	116	< 20	251	> 10
mars-01	26,1	10	-	-	-	-
mars-02	6,64	< 2	31,6	< 2	64,6	< 2
déc-02	17,6	> 2	78	5	140	> 2
janv-04	18,8	< 5	71	< 5	118	2

2.1.3 Proposition des crues à étudier en détail

A partir des données de l'étude « 3P » et des données de la Banque Hydro, le tableau suivant récapitule les crues que nous proposons d'étudier dans la suite de l'étude de cohérence du bassin de la Maine.

Tableau 2 : Proposition des crues à étudier en détail

Crue	Période de retour (années)				
	Le Loir à Durtal	La Sarthe à Spay	L'Huisne à Nogent-le- Rotrou	La Mayenne à Chambellay	L'Oudon à Châtellais
Janvier 1961	50	2			
Janvier 1966	7	60		2,5	
Octobre 1966	1	75		70	
Novembre 1974	1	1	> 2	65	< 2
Février 1979	8	10	< 5	1,5	
Décembre 1982	4	7	> 2	15	< 5
Avril 1983	20	3		1	
Avril 1985	3	10	5	2,5	< 5
Février 1990	1	2	2	8	< 2
Janvier 1993	3	7	20	10	> 2
Janvier 1995	50	60	< 100	20	10
Février 1996	1	3	< 2	10	> 10
Février 1997	> 2	5	5	< 5	10
Décembre 1999	< 20	> 20	> 5	10	< 50
Janvier 2001	> 5	> 20		> 20	< 20
Janvier 2004	> 20	> 5	> 5	5	< 5

Ce tableau synthétique permet d'avoir une vision globale sur les crues notamment du point de vue de l'importance de leur période de retour. Il faut noter que ce tableau est indicatif et n'est pas entièrement renseigné dans la mesure où seules les données fournies par la procédure CRUCAL de la Banque Hydro ont ici été utilisées. Or, par exemple, la crue de janvier 2001 ne correspond pas forcément au débit maximum instantané annuel sur chaque sous-bassin (sur l'Huisne le maximum annuel du 1^{er} septembre 2000 au 31 août 2001 s'est produit le 23 mars 2001, il s'agit donc d'un autre épisode de crue que l'événement de janvier 2001).

Rappelons que les crues de novembre 1974, janvier 1993, janvier 1995, février 1996 et février 1997 ont déjà été étudiées par la CNR dans l'étude 3P.

Parmi, les crues les plus anciennes, on peut noter celle de **janvier 1961** (forte sur le Loir) celle de **janvier 1966** (forte sur la Sarthe) et celle d'**octobre 1966** (forte sur la Sarthe et la Mayenne).

Bien que les données hydrométriques soient très partielles pour ces crues, elles sont intéressantes à étudier dans la perspective de l'élaboration d'une typologie des crues du bassin. En effet, on note qu'elles sont très fortes sur un seul sous-bassin (Le Loir pour janvier 1961 et la Sarthe pour janvier 1966) ou sur deux sous-bassins (octobre 1966). C'est une configuration qu'on ne retrouve ensuite que pour la crue de novembre 1974, forte sur le seul bassin de la Mayenne. Il sera intéressant de caractériser les phénomènes pluviométriques qui ont généré ces crues.

La crue de **novembre 1974** a surtout affecté le bassin de la Mayenne (période de retour entre 50 et 70 ans) alors qu'elle était anodine sur les autres bassins. Cette crue a déjà fait l'objet d'une étude détaillée dans l'étude 3P.

La crue de **février 1979** est une crue décennale sur la Sarthe et le Loir et faible sur la Mayenne.

Celle de **décembre 1982** apparaît moyenne sur la Mayenne (période de retour 15 ans), plus modérée sur la Sarthe (7 ans) et plus faible sur le reste.

La crue d'**avril 1983** touche surtout le Loir, celle d'**avril 1985** surtout la Sarthe, celle de **février 1990** surtout la Mayenne, celle de **février 1997** surtout l'Oudon.

La crue de **janvier 1993** est moyenne sur l'Huisne (20 ans), décennale sur la Mayenne, inférieure à une décennale sur la Sarthe.

La crue de **janvier 1995** est une crue qui a touché fortement tout le bassin de la Maine (T = 20 à 100 ans, d'après le tableau ci-dessus) excepté l'Oudon, affecté dans une moindre mesure avec une période de retour décennale.

Les crues de **décembre 1999** et **janvier 2001** ont particulièrement touché le bassin de l'Oudon (T = 50 ou 20 ans), tout en étant marquées sur les autres bassins.

Enfin, la dernière crue en date est celle de **janvier 2004**, elle a été très forte sur le Loir (période de retour > 20 ans) et de l'ordre d'une quinquennale sur les autres bassins.

Les dernières crues de décembre 1999, janvier 2001 et janvier 2004 sont d'autant plus intéressantes à étudier qu'elles pourront servir à caler la modélisation prévue dans l'étape 4. Elles sont encore dans la mémoire des personnes inondées qui pourront sans doute fournir des repères de crue fiables (*les enquêtes ont été effectuées en septembre et octobre 2005*). Même si des repères de crue sont disponibles pour les crues anciennes de 1961 et 1966, un calage ne pourra pas être réalisé sur ces crues dans la mesure où les données hydrométriques seront insuffisantes et où la topographie a pu changer par endroit (la topographie dont nous disposerons sera récente).

2.2 CONCLUSION

Nous proposons l'étude détaillée de 16 crues.

L'éventail des crues retenues est large dans la perspective de l'élaboration d'une typologie des crues du bassin de la Maine.

Pour le choix des crues historiques à modéliser, on pourra puiser dans un échantillon d'une douzaine de crues.

3 GENERALITES SUR LE BASSIN DE LA MAINE

Le bassin de la Maine est constitué de trois rivières principales qui sont d'ouest en est :

- la Mayenne et son principal affluent l'Oudon,
- la Sarthe et son principal affluent l'Huisne,
- le Loir.

Ces rivières présentent chacune leur particularité au niveau de la formation et de la propagation des crues et convergent en amont d'Angers pour constituer la rivière Maine, qui draine au droit de sa propre confluence avec la Loire un bassin versant de l'ordre de 22 000 km². La figure 1 permet de visualiser le bassin versant de la Maine ainsi que les BVA (Basses Vallées Angevines) et la figure 2 présente la carte géologique du bassin de la Maine. L'annexe 1 présente le réseau hydrographique détaillé par sous-bassin versant (Mayenne, Sarthe et Loir) avec les stations hydrométriques.

3.1 LA MAYENNE

3.1.1 Caractéristiques physiques du bassin versant

La Mayenne prend sa source au Mont des Avaloirs (culminant à 417 m), sur le flanc nord de la partie culminante du massif armoricain. La partie supérieure du cours d'eau draine, sur une faible longueur, plusieurs centaines de kilomètres carrés de bassin versant, et présente donc très vite un débit spécifique élevé. Son orientation est est-ouest à l'amont.

En aval de Sept Forges, le talweg rencontre la ligne de fracture Domfront-Malicorne, qu'il suit pendant quelques kilomètres.

Ensuite, la Mayenne, entre St-Fraimbault et Change (à l'amont immédiat de Laval), va suivre une direction parfaitement parallèle à celle de la vallée moyenne de l'Huisne (direction "huisnoise") et de la vallée inférieure de la Braye, orientée NE-SO. Il en est de même de son principal affluent en rive gauche, la Jouanne.

Entre Change et l'amont de Château-Gontier, la Mayenne retrouve une direction "mayennaise" NNO-SSE, de même que son affluent de rive droite, le Vicoin (en aval de Saint-Berthevin), et plusieurs tronçons de la vallée de l'Ernée.

Le cours aval de la Mayenne reprend enfin une orientation nord-sud, qui était celle de la Varenne entre Ambrières et Domfront, et de l'Egrenne jusqu'à la limite du bassin de la Vire.

Le bassin versant de la Mayenne (excepté le sous-bassin de l'Oudon) est un vaste territoire de 4343 km², dont la forme est plutôt allongée (du nord au sud la longueur du bassin versant est de 135 km environ).

Profils en long

Le cours amont de la Mayenne (région de Couterne) est peu incisé, et coule "à fleur de prairie". En aval, à partir d'Ambrières, le talweg s'enfonce progressivement et la vallée prend alors l'allure d'un couloir étroit qu'aucune route ne peut longer. En aval (Mayenne angevine), les rebords de la rivière s'adoucisent, mais la vallée demeure étroite et peu commode d'accès.

Le talweg de la Mayenne commence à 293 m d'altitude sur le flanc du massif de la forêt de Multonne et se termine, 199 km plus loin, à la confluence avec la Sarthe, à l'altitude 15 m. La pente moyenne est de 1,4 ‰, avec les valeurs suivantes par tronçon :

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

La rivière a été aménagée jusqu'à Brive, 3 km en amont de la ville de Mayenne, et actuellement on dénombre 24 biefs sur 88 km de la confluence avec la Sarthe jusqu'à Laval, et 21 biefs sur 34 km entre Laval et Mayenne. Les barrages permettent d'assurer, pendant l'été, une profondeur constante de l'ordre de 1,5 mètres (tirant d'eau fixé dans le chenal de navigation).

Profils en travers

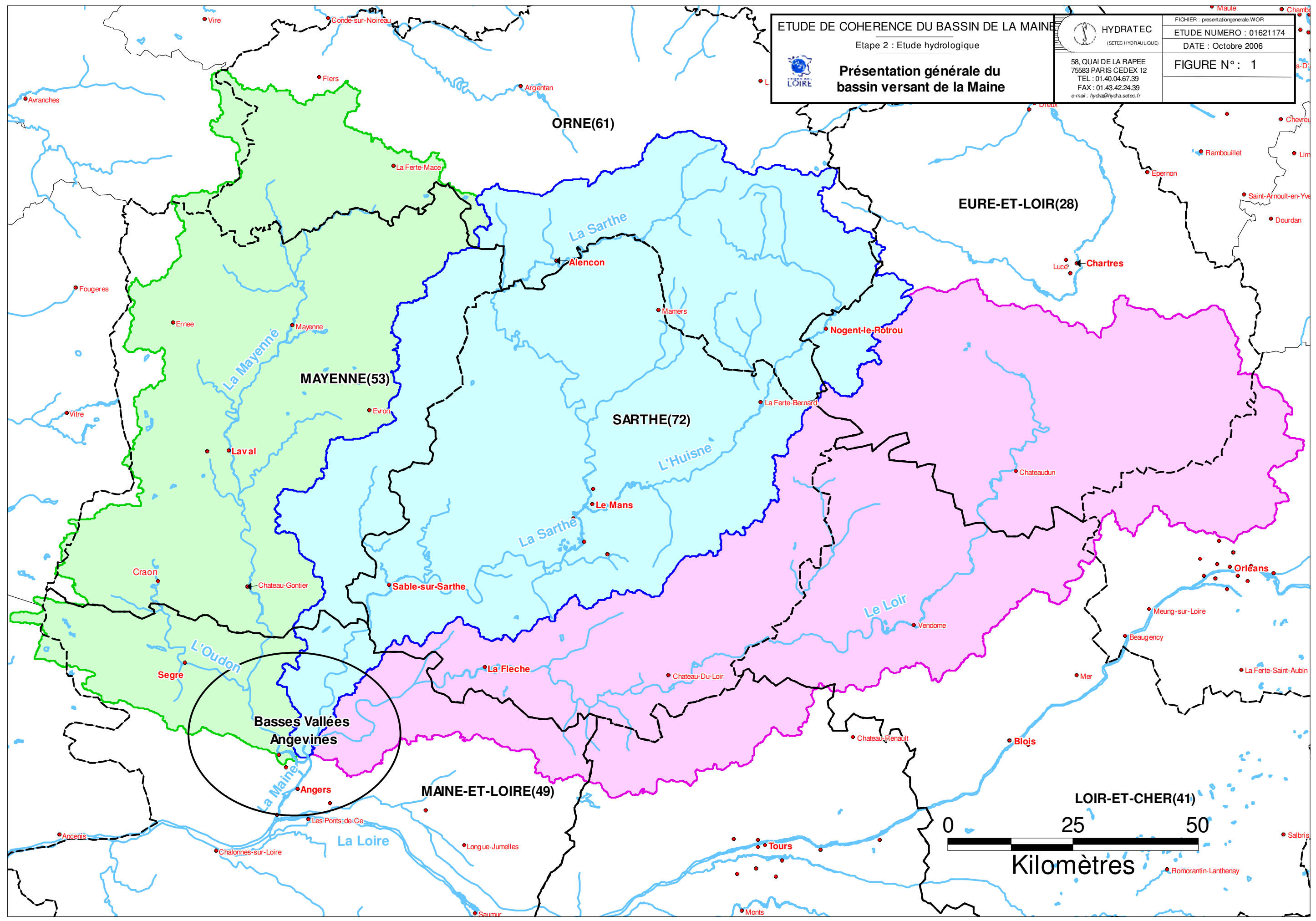
Le lit mineur, dans le secteur de Laval, présente une largeur de 100 à 120 m, alors que le lit majeur a une largeur de l'ordre de 500 m ; à partir de Changé, le lit majeur a moins de 100 m de largeur.

Cette caractéristique de resserrement du lit majeur sur les trois-quarts du cours de la Mayenne est naturellement propice à des vitesses d'écoulement assez élevées, et à des temps de propagation des crues relativement courts.

3.1.2 Géologie

La partie amont du bassin est située sur un terrain primaire granitique ce qui constitue une zone très peu perméable avec une porosité de fracture et peu de réserve de nappe. Il s'agit donc d'une zone très réactive à la pluie.

La partie aval (ainsi que l'Oudon) est située sur un terrain sédimentaire primaire (schistes) également peu perméable.

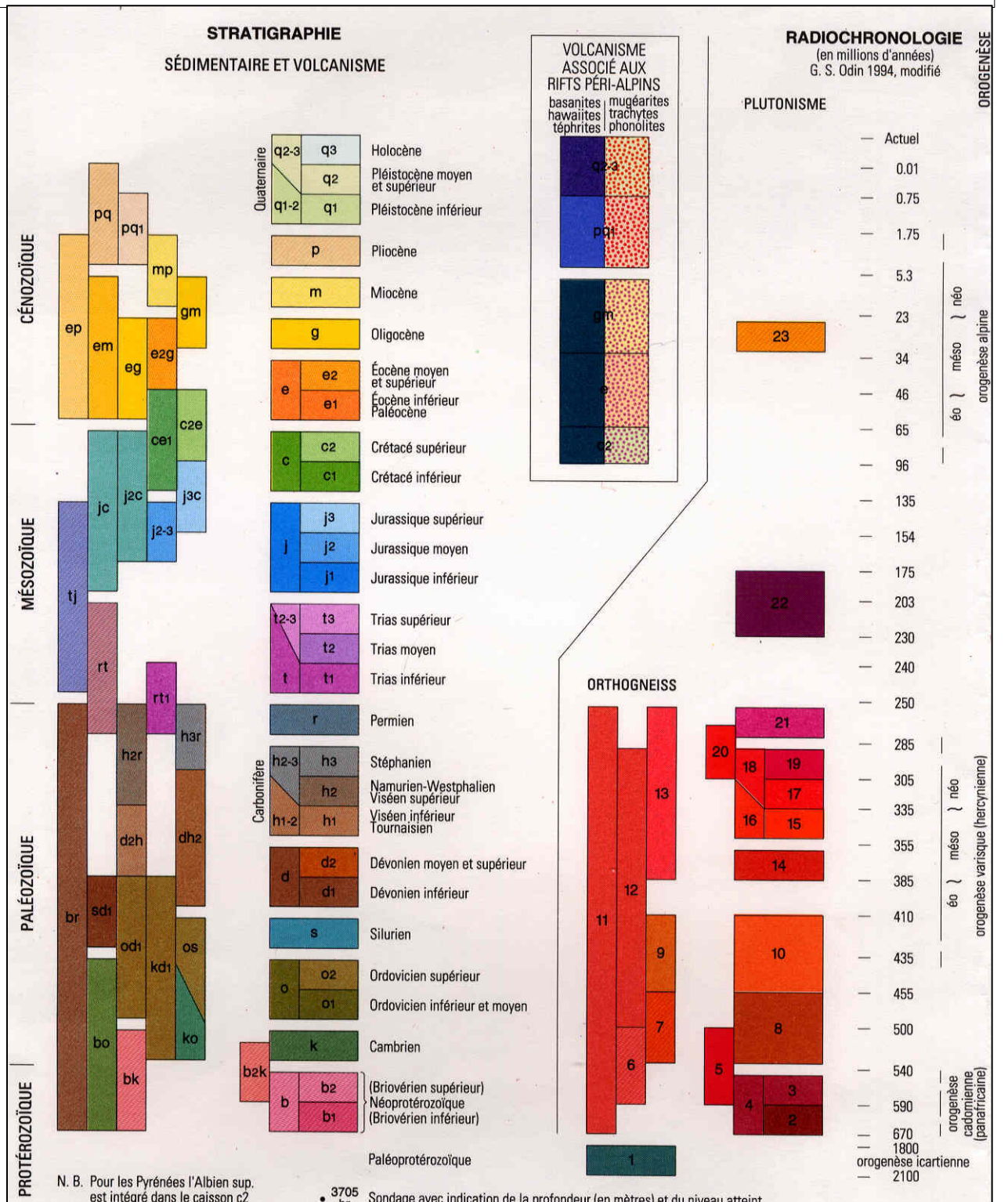
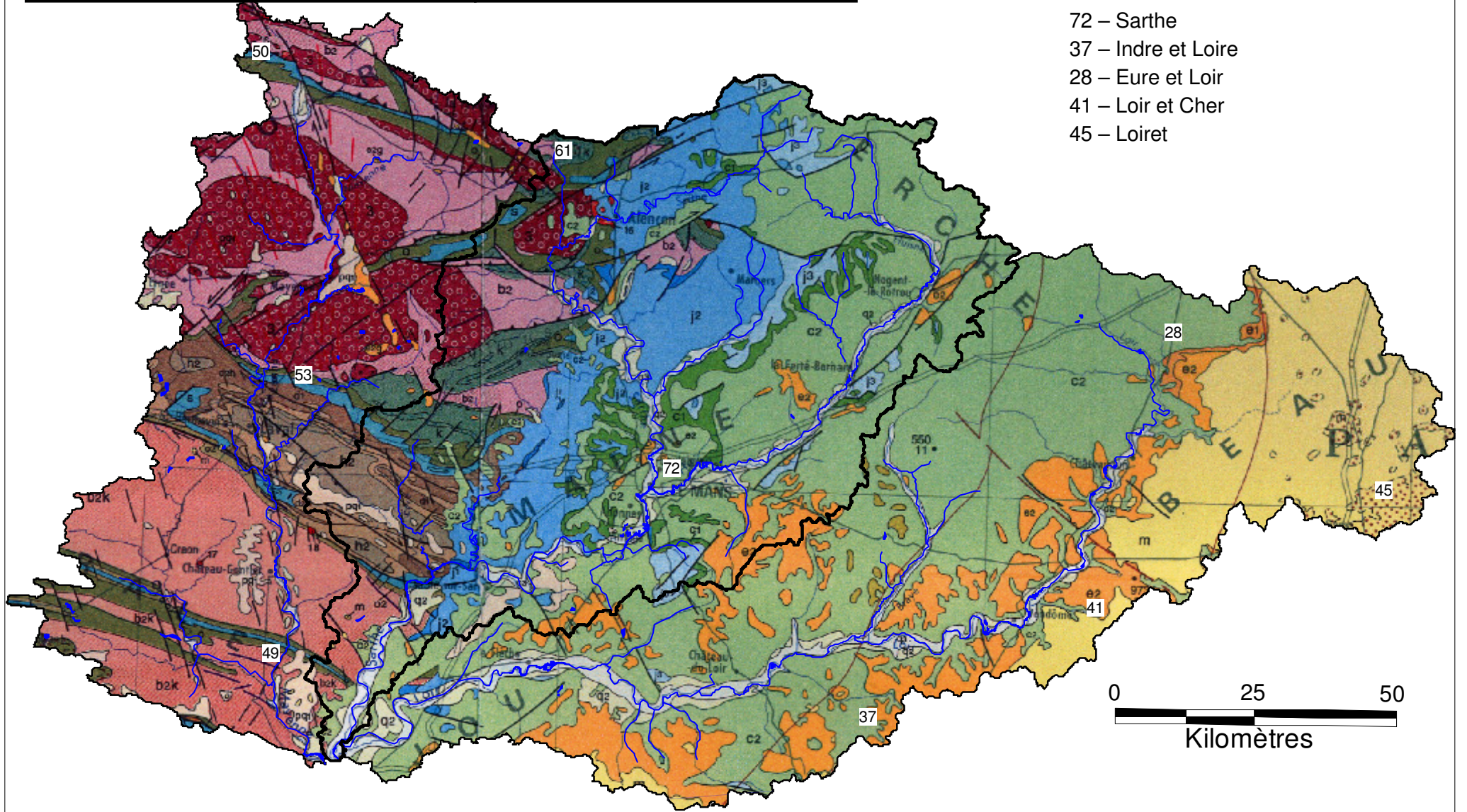




58, QUAI DE LA RAPEE
75683 PARIS CEDEX 12
TEL : 01.40.04.67.39
FAX : 01.43.42.24.39
e-mail : hydratec@hydratec.fr

FICHER : PTCCTP.WOR
ETUDE NUMERO : 01621174
DATE : Novembre 2005
FIGURE N° : 2
ECHELLE :

- 61 – Orne
- 50 – Manche
- 53 – Mayenne
- 49 – Maine et Loire
- 72 – Sarthe
- 37 – Indre et Loire
- 28 – Eure et Loir
- 41 – Loir et Cher
- 45 – Loiret



3.1.3 Réseau hydrographique

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

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

L'analyse des linéaires et des pentes des différents cours d'eau du bassin versant de la Mayenne réalisée dans l'étude Sogreah de juin 2005 (« Outil de prévision des crues du bassin de la Mayenne » pour le compte de la DDE du Maine-et-Loire) permet de dégager les remarques suivantes :

- les cours d'eau situés le plus en amont du bassin versant de la Mayenne ont des pentes plus marquées (Gourbe 0,62%, Vée 0,62%, Aisne 0,42%, Mayenne entre Lalacelle et Couterne 0,4%, Egrenne 0,37%, Varenne amont 0,31%),
- les affluents intermédiaires de la Mayenne ont quasiment tous une pente comprise entre 0,2 et 0,3% (Aron, Ernée, Colmont, Ouette, Vicoin),
- la Mayenne a une pente inférieure à 0,1% très tôt en amont (aval de COUTERNE).

Les sous-bassins de la Mayenne peuvent être regroupés en trois entités distinctes, d'amont en aval :

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

3.1.4 Ecoulement et crues

La rivière Mayenne, avec une vallée étroite, ne présente pas, excepté sur son cours supérieur, de champs d'inondation particulièrement développés, et se caractérise plutôt par des phénomènes rapides de propagation des crues. A la traversée des principales agglomérations (Mayenne, Laval, Château-Gontier), la rivière avec les protections réalisées présente une capacité du lit mineur environ décennale (d'après l'étude « 3P »). Les problèmes d'inondation dans cette vallée sont donc limités.

3.1.5 Pluviométrie et occupation des sols

La Mayenne est la partie du bassin de la Maine la plus arrosée dans sa partie nord avec des cumuls annuels pluviométriques atteignant 1100 mm au nord-ouest. La pluviométrie est décroissante du nord vers le sud où elle n'atteint plus que 650 mm en aval.

L'occupation du sol du bassin versant de la Mayenne est fortement marquée par les activités agricoles.

Les prairies sont largement dominantes :

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

Les secteurs urbains sont relativement peu nombreux et bien délimités :

- agglomérations de Flers, la Ferté-Macé, Domfront au nord du bassin versant ;
- les agglomérations de Ernée, Mayenne, Laval, Evron dans la partie centrale du bassin versant ;
- Château-Gontier et le nord de l'agglomération Angevine dans la partie aval du bassin.

Ces zones urbanisées fortement imperméabilisées représentent environ 1 % de la superficie totale du bassin versant.

3.1.6 Réseau de mesures

Le réseau hydrométrique de la DIREN sur le bassin versant de la Mayenne figure sur une carte de l'annexe 2.

Les principales stations, en fonctionnement à ce jour, sur le cours principal de la rivière Mayenne sont les suivantes :

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

Les stations de mesure du Service de Prévision des Crues sur la rivière Mayenne sont les suivantes d'amont en aval :

- La Mayenne à Madré,
- La Mayenne à Mayenne,
- La Mayenne à Laval,
- La Mayenne à Château-Gontier,
- La Mayenne à Chambellay.

La station de la Mayenne à Chambellay est sous influence des basses vallées angevines ; il faut donc être critique sur les données obtenues.

Concernant le bassin versant de la Mayenne, toutes les stations peuvent être utilisées. Il n'existe pas de difficultés particulières. La seule difficulté réside dans la prise en compte du barrage de Saint-Fraimbault.

3.2 L'oudon

3.2.1 Caractéristiques physiques du bassin versant

L'Oudon est un affluent rive droite de la Mayenne, situé en aval du bassin versant de la Mayenne. Son bassin versant couvre une superficie de 1515 km². L'Oudon prend sa source au niveau de la commune de la Gravelle à une altitude de 145 m, a un linéaire de 92 km et une pente moyenne de 1,4 ‰.

Le bassin versant de l'Oudon a une forme plutôt triangulaire avec un axe principal nord-sud en amont de Segré et un axe nord-ouest / sud-est en aval.

Profils en long et pentes

La pente de la rivière Oudon en amont de Marcillé est de 1,9 ‰ et de 1 ‰ en aval d'Athée (Craon) ; les pentes des affluents que sont l'Uzure, le Chéran et l'Hière sont respectivement 2,2 ; 2,5 et 1,6 ‰ pour des longueurs homogènes de l'ordre de 25 à 35 km.

Ces pentes relativement fortes et la concentration de ces cours d'eau convergeant vers Marcillé sur des longueurs assez comparables, constituent un facteur aggravant pour la genèse d'une crue en amont de Segré.

3.2.2 Géologie

Le bassin versant de l'Oudon s'inscrit au milieu d'un large secteur qui couvre toute la Bretagne Centrale, marqué par une remontée du socle cadomien, constitué de roches éruptives et métamorphiques d'âge Briovérien. L'orientation structurale est armoricaine du nord-ouest vers le sud-est. Au cœur de la vallée, le socle est masqué par les placages d'alluvions plio-quadernaires, au-dessus des assises de schistes et de grès briovérien qui constituent l'aquifère principale de la région.

3.2.3 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est constitué de 800 km de cours d'eau pérenne.

La plus grande partie des affluents de l'Oudon sont situés en rive droite et ont une direction NO-SE, ce sont d'amont en aval :

- la Mée,
- l'Uzure,
- le Chéran,
- l'Araize,

- le Misengrain,
- la Verzée,
- l'Argos.

En rive gauche, les deux affluents principaux sont l'Hière et le Sazée.

3.2.4 Ecoulement et crues

Le bassin versant de l'Oudon se caractérise par des étiages sévères de juin à octobre et des crues violentes de décembre à mars. Ce régime hydrologique est dû essentiellement à une infiltration limitée et à une absence de nappes alluviales étendues.

Les crues fréquentes (notamment ces dernières années) sont à l'origine de dommages importants sur la région de Segré et de Craon. Environ 200 habitations sont susceptibles d'être touchées. Un bon nombre de village et hameaux situés le long de l'Oudon sont touchés par les inondations.

3.2.5 Pluviométrie et occupation du sol

La pluviométrie annuelle décroît du nord vers le sud entre 800 mm et 680 mm.

L'occupation du sol du bassin versant de l'Oudon est fortement agricole. Entre 1988 et 1996, beaucoup de zones de pâturage ont été remplacées en zones de cultures céréalières (d'après le SAGE de l'Oudon).

3.2.6 Réseau de mesures

Le réseau hydrométrique de la DIREN sur le bassin versant de l'Oudon figure sur une carte de l'annexe 2.

Les principales stations, en fonctionnement à ce jour, sur le cours principal de la rivière Oudon sont les suivantes :

- L'Oudon à Cossé-le-Vivien (BV = 133 km²),
- L'Oudon à Châtelais (Marcillé) (BV = 734 km²),
- L'Oudon à Segré (Ecluse de Maingué) (BV = 1310 km²),
- L'Oudon à Andigné (Port aux Anglais) (BV = 1409 km²).

Les stations de mesure du Service de Prévision des Crues sur la rivière Oudon sont les suivantes d'amont en aval :

- L'Oudon à Cossé-le-Vivien,
- L'Oudon à Craon,
- L'Oudon à Maingué.

Sur l'Oudon, l'influence des Basses Vallées Angevines se fait sentir jusqu'à l'aval de l'écluse de Maingué, la station hydrométrique étant situé en amont de l'écluse, elle se trouve donc hors influence.

3.3 LA SARTHE

3.3.1 Caractéristiques physiques

La Sarthe prend sa source dans les collines du Perche à Soligny-la-Trappe (altitude de 257 m). A Angers, à son confluent avec la Mayenne et la Maine, l'altitude est de 14 m. Avec une longueur totale de 320 km de rivière, sa pente générale est de l'ordre de 0,8 ‰.

Le bassin versant de la Sarthe a une superficie totale de 8 020 km² et s'étend sur cinq départements : Eure-et-Loir (28), Maine-et-Loire (49), Mayenne (53), Orne (61), et Sarthe (72).

Les superficies des bassins versants intermédiaires de la Sarthe sont :

- de 935 km² à Alençon,
- de 2740 km² au Mans,
- de 5285 km² à Spay,
- de 7380 km² à Pincé.

L'axe principal de la rivière change plusieurs fois de direction, ainsi :

- de sa source jusqu'à St-Léonard-des-Bois, elle coule du nord-est vers le sud-ouest,
- de St-Léonard-des-Bois à Montbizot, elle coule du nord-ouest vers le sud-est,
- de Montbizot jusqu'à Spay, elle coule globalement du nord vers le sud,
- de Spay jusqu'à sa confluence avec la Maine, elle reprend sa direction initiale du nord-est vers le sud-ouest.

Profil en long

La vallée de la Sarthe débute à l'altitude 257 m près de la forêt de la Trappe de Soligny, pour une pente moyenne de 0,8 ‰ sur un parcours total de 318 km.

Selon les tronçons, on constate les pentes suivantes :

Le Mêle-Alençon	0,45 ‰
confluence Sarthon-confluence Merdereau	2,3 ‰
Fresnay-Le Mans	0,5 ‰

L'ensemble de la Sarthe amont est aménagé de barrages, de moulins, au nombre de 13 entre le Mans et Fresnay, 17 entre Fresnay et Alençon, et 19 en amont d'Alençon, soit en moyenne un ouvrage tous les 4 km.

Le cours supérieur comporte un lit mineur à peine enfoui dans une plaine "de remblaiement".

En aval du Mans, le lit de la rivière a été aménagé par une série de barrages de navigation : 20 entre le Mans et Sablé, et 6 en aval de Sablé. Entre le Mans et Sablé, dans le département de la Sarthe, la Sarthe navigable comporte 16 écluses associées à 16 barrages, 1 barrage au début de la section navigable (Enfer) qui sert de limite, 1 barrage qui servait anciennement à la navigation (Spay ancien), 2 barrages privés (Le Gord et La Beunèche).

L'ensemble du bassin en aval du Mans est constitué de reliefs mous. Les affluents suivants sont répertoriés essentiellement en rive droite :

- vers la Suze : l'Orne champenoise et la Gée, en provenance de terrains calcaires souvent surmontés de sables ;
- vers Sablé : l'Erve : 410 km² de terrains peu perméables, conduisant à des ruissellements parfois importants,
 - la Vègre : 420 km² sur des terrains à forte capacité de rétention, conduisant à des apports importants en basses eaux, mais soumis à de forts prélèvements agricoles.
 - la Vaige : 248 km² drainant des terrains schisteux.

Ces trois affluents convergent dans le secteur de Sablé, à partir de bassins à forte pente ; leurs pointes de crue, rapides, rejoignent la plupart du temps la Sarthe avant le passage de la pointe de crue de cette rivière, dont l'écoulement est considérablement ralenti en amont dans les secteurs inondables de faible pente (0,25 ‰) compris entre le Mans et Malicorne.

3.3.2 Géologie

Le bassin versant de la Sarthe se situe à cheval sur l'extrémité ouest du bassin parisien (terrains sédimentaires) et sur le massif armoricain (socle primaire).

Sur le plan géologique, plusieurs sous-ensembles principaux peuvent être distingués :

- Au nord-est, les collines du Perche où la Sarthe prend sa source (dans la Forêt de la Trappe de Soligny à l'altitude de 257 m) sont constituées par des formations imperméables (argiles à silex, calcaires marneux, ...) engendrant des ruissellements importants : le cours de la Sarthe y est renforcé par de nombreux petits ruisseaux de rive droite.
- Au nord-ouest, le massif des Coëvrons, les collines d'Ecouves et les Alpes Mancelles font partie du socle armoricain et sont constitués par des roches métamorphiques (schistes). Le relief et la nature des sols donnent naissance à des cours d'eau aux réactions brutales lors des orages (Sarthon, Ornette, Merdereau, Vaudelle, Orthe, ...).
- A l'ouest, les collines de la Charnie font également partie du socle armoricain (granites, schistes, grès) ; elles sont drainées par la Vègre, l'Erve et la Vaige, affluents également très réactifs,
- Le reste du bassin (Centre et Est) est implanté sur des terrains sédimentaires (sables et craies). Les réseaux hydrographiques sont bien développés et soutiennent les débits de base en toute saison. Ils forment des affluents de rive gauche importants comme :
 - la Bienne en amont de Beaumont (issue du massif de Perseigne),
 - l'Orne Saosnoise en aval de Montbizot,
 - l'Huisne, affluent principal qui double le bassin versant de la Sarthe au niveau du Mans.

3.3.3 Réseau hydrographique

En amont du Mans, la rivière Sarthe reçoit des affluents en rive droite et en rive gauche de manière assez homogène. Les principaux affluents en rive droite sont les suivants :

- le Sarthon,
- l'Ornette,
- le Terraçon,
- le Merdereau,
- la Vaudelle,
- l'Orthe.

En rive gauche, ce sont :

- l'Hoëne,
- la Bienne,
- la Saosnette,
- l'Orne Saosnoise.

Au niveau du Mans, la Sarthe reçoit son plus gros affluent de rive gauche l'Huisne qui double son bassin versant qui vaut alors 5300 km².

Le bassin de la Sarthe en aval du Mans a ses principaux affluents situés en rive droite et ils ne réagissent pas tous de la même façon. Par exemple, la Vègre a un fonctionnement hydrologique lié avec des nappes souterraines mais la Vaige, complètement sur le socle, a un régime hydrologique lié essentiellement au ruissellement pluvial, ce qui explique des étiages très marqués (pas d'alimentation par la nappe).

Les principaux affluents de rive droite sont :

- l'Orne Champenoise,
- la Claire Onde,
- la Gée,
- le Deux Fonds,
- la Vègre,
- l'Erve,
- la Vaige,
- la Taude.

En rive gauche, les principaux affluents sont :

- le Roule Crottes,
- le Rhonne,
- le Fessard,
- la Vézanne.

3.3.4 Champs d'inondation et crues

Le bassin versant de la Sarthe peut être divisé en deux parties de part et d'autre de l'agglomération mancelle qui constitue une zone critique pour les inondations (zone de confluence de l'Huisne avec la Sarthe).

De sa source à Mieuxcé, la Sarthe est une rivière à écoulement lent dans le secteur d'Alençon. Le lit mineur déborde rapidement dans un lit majeur très large (500 m). Les zones les plus vulnérables sont situées sur le département de L'Orne (Alençon, le Mêle, Mieuxcé). De Mieuxcé à St-Léonard-des-Bois, la Sarthe traverse les Alpes Mancelles dans une vallée étroite et encaissée où le champ d'inondation ne dépasse pas 200 m jusqu'au Gué Ory. De Fresnay à Beaumont-sur-Sarthe, le champ d'inondation s'étale largement et peut atteindre 1 km. Au-delà et jusqu'au Mans, sa largeur moyenne varie de 500 à 800 m. La Sarthe dans sa traversée du Mans est canalisée et ne sort de son lit que lors des crues exceptionnelles. Les problèmes d'inondation les plus graves ont lieu dans la zone de confluence avec l'Huisne. Certaines vallées affluentes présentent des champs d'expansion assez larges, sur lesquels se propagent les crues de la Sarthe.

Les crues des affluents de la Charnie (Vègre, Erve, Vaige) sont très rapides, leur pointe est généralement passée lorsque le maximum de la crue de la Sarthe se présente à Sablé. Le risque de concomitance est par contre élevé si plusieurs épisodes pluvieux se succèdent : les pointes des affluents peuvent alors se superposer aux phases de montée, de pointe ou de décrue de la Sarthe.

3.3.5 Pluviométrie et occupation du sol

Le bassin versant de la Sarthe est ouvert à l'influence océanique qui conditionne la pluviométrie et les températures moyennes aux écarts peu accusés.

La répartition des pluies moyennes annuelles sur le bassin versant montre l'influence du relief sur la distribution des pluies : il pleut davantage sur les reliefs des Coëvrons et du Perche alors que les plaines d'Alençon et du Mans sont relativement abritées par les reliefs environnants.

Au nord la plus forte pluviométrie annuelle observée est de l'ordre de 850 mm, au sud elle est plus proche de 700 mm.

3.3.6 Réseau de mesures

Le réseau hydrométrique de la DIREN sur le bassin versant de la Sarthe figure sur une carte de l'annexe 2.

Les principales stations, en fonctionnement à ce jour, sur le cours principal de la rivière Sarthe sont les suivantes :

- la Sarthe à St-Céneri-le-Gérei (Moulin du Désert) (BV = 908 km²),
- la Sarthe à Neuville-sur-Sarthe (Montreuil) (BV = 2716 km²),
- la Sarthe à Spay (BV = 5285 km²),
- la Sarthe à St-Denis-d'Anjou (Beffes) (BV = 7380 km²).

Les stations de mesure du Service de Prévision des Crues sur la rivière Sarthe sont les suivantes d'amont en aval :

- la Sarthe au Mêle-sur-Sarthe,

- la Sarthe à Alençon,
- la Sarthe à Beaumont,
- la Sarthe au Mans (Yssoir),
- la Sarthe au Mans (les Planches),
- la Sarthe à la Suze,
- la Sarthe à Sablé,
- la Sarthe à Beffes,
- la Sarthe à Châteauneuf (station faisant partie des BVA),
- la Sarthe à Cheffes (station faisant partie des BVA).

La station de Beffes est peu influencée par les basses vallées angevines.

3.4 L'HUISNE

3.4.1 Caractéristiques physiques

L'Huisne prend sa source à une altitude proche de 200 m au nord-ouest de la Forêt de Bellême.

Le bassin versant de l'Huisne draine une superficie totale de 2300 km². Il a une forme plutôt allongée.

Le bassin versant de l'Huisne peut être découpé en deux parties :

- le bassin versant à l'amont de la Ferté-Bernard (1190 km², soit 48% du bassin versant total) : les pentes sont les plus fortes et la forme du bassin est compacte,
- le bassin versant aval, entre la Ferté-Bernard et le Mans : le bassin y est beaucoup plus allongé.

La rivière Huisne a deux directions privilégiées :

- de sa source jusqu'à Condé-sur-Huisne, la rivière coule du nord-ouest vers le sud-est,
- de Condé-sur-Huisne jusqu'à sa confluence avec la Sarthe, la rivière coule du nord-est vers le sud-ouest.

Profils en long

Sur les 165 km de son cours, la pente moyenne de l'Huisne est de 0,8 ‰, sans ruptures nettement affirmées.

Profils en travers

A l'amont et jusqu'à Nogent-le-Rotrou, l'Huisne coule dans une vallée large et peu encaissée. En aval de Nogent-le-Rotrou, et surtout de Connerré, la vallée présente des dimensions plus imposantes.

3.4.2 Géologie

Le bassin versant de l'Huisne s'intègre à l'une des premières auréoles crayeuses du bassin parisien, adossée contre les contre-forts du massif armoricain ou les assises jurassiques intercalaires.

Les régions du Maine et du Perche sont des provinces dont la géologie reste marquée par la présence des assises principalement crayeuses ou sablo-crayeuses, siège d'une nappe régionale drainée par l'Huisne et ses affluents.

Des buttes témoins isolées, d'âge Eocène, coiffent les hauteurs qui dominent Nogent et La Ferté.

En fond de vallée, le substratum crayeux est masqué par les placages colluvionnaires et la couverture alluvionnaire.

Les formations cénomaniennes (crétacé supérieur) crayeuses à la base (cénomanien inférieur), sableuses au sommet (cénomanien supérieur-sable du Perche) constituent la principale ressource souterraine sur le versant ouest de la vallée.

Plus à l'Est, à la faveur de remontées structurales des terrains jurassiques et des assises schisteuses armoricaines plus profondes, les calcaires sableux à marneux du Kimméridgien (jurassique supérieur) constituent une ressource complémentaire.

3.4.3 Réseau hydrographique

Le bassin versant de l'Huisne est drainé par un réseau hydrographique dense.

En amont de Nogent-le-Rotrou, l'Huisne reçoit des affluents plus importants en rive gauche qu'en rive droite, on peut noter en rive gauche la Villette, la Jambée, la Corbionne, la Cloche. De Nogent-le-Rotrou jusqu'à sa confluence avec la Sarthe, la répartition des affluents de rive droite et de rive gauche est plus homogène, on note :

- la Rhône (RG),
- la Mêle (RD),
- le Montreux (RD),
- le Longuève (RG),
- la Chéronne (RD),
- la Tortue (RG),
- le Narais (RG),
- la Vive Parence (RD).

La Tortue et le Narais sont deux affluents rive gauche de l'Huisne qui ont des débits soutenus (bassins versants contigus avec celui de la Braye). La Vive Parence située en rive droite a un soutien d'étiage nettement moins marqué.

3.4.4 Ecoulement et crues

Les agglomérations importantes comme Rémalard, Nogent-le-Rotrou, la Ferté-Bernard et le Mans subissent des crues importantes dommageables. Le Mans est notamment touché par la conjugaison des crues de l'Huisne et de la Sarthe.

3.4.5 Pluviométrie et occupation du sol

Au niveau du bassin versant de l'Huisne, la pluviométrie décroît de l'amont vers l'aval. Les collines du Perche sont plus arrosées (800 mm de moyenne annuelle à Authon-du-Perche) que le Mans avec 680 mm de moyenne annuelle.

3.4.6 Réseau de mesures

Le réseau hydrométrique de la DIREN sur le bassin versant de l'Huisne figure sur une carte de l'annexe 2.

Les principales stations, en fonctionnement à ce jour, sur le cours principal de la rivière Huisne sont les suivantes :

- l'Huisne à Réveillon (BV = 78,3 km²),
- l'Huisne à Nogent-le-Rotrou (BV = 827 km²),
- l'Huisne à Montfort-le-Gesnois (la Pécardière) (BV = 1890 km²).

Les stations de mesure du Service de Prévision des Crues sur la rivière Huisne sont les suivantes d'amont en aval :

- l'Huisne à Réveillon,
- l'Huisne à Rémalard,
- l'Huisne à Nogent-le-Rotrou,
- l'Huisne à Avezé,
- l'Huisne à la Ferté-Bernard,
- l'Huisne à Conneré,
- l'Huisne au Mans (Pontlieue).

Les stations de Conneré, Avezé et la Ferté-Bernard sont des stations uniquement limnimétriques en cours de fonctionnement sur lesquelles le SPC a demandé à la DIREN des Pays de la Loire d'étudier la faisabilité d'un tarage hautes eaux.

3.5 LE LOIR

3.5.1 Caractéristiques physiques

Le Loir prend sa source à Saint-Denis-du-Puits à 346 m d'altitude (département d'Eure-et-Loir). A la confluence avec la Sarthe, la surface du bassin versant du Loir est de 8300 km².

Le bassin versant du Loir a une forme plutôt allongée et la rivière coule globalement d'est en ouest.

Profils en long

Le Loir parcourt 312 km avec une pente moyenne faible de 0,5 ‰, sans irrégularité notable autre que la "bosse" de Vendôme.

Le cours du Loir est "aménagé" par un très grand nombre de barrages d'usines et de moulins, constituant un ensemble de 92 biefs à raison d'un ouvrage tous les 3,4 km.

Seuls les affluents de rive droite présentent des pentes plus importantes, comme la Thironne, la Foussarde et l'Ozanne (Loir amont de Bonneval) avec des pentes de 5 ‰.

Les talwegs de la Conie présentent des pentes inférieures à 1 ‰.

Profils en travers

Dans sa plus grande largeur, le Loir mesure en moyenne 50 à 60 m.

La partie moyenne du Loir (en aval de Montoire : La Chartre ...) présente une plaine inondable pouvant s'étendre entre 2 et 4 km de large.

3.5.2 Géologie

Le bassin du Loir comprend trois grands sous-ensembles bien différenciés sur le plan géologique, ce qui induit des réactions très différentes des bassins face aux pluies :

- les calcaires de Beauce dans la partie est et rive gauche du Loir, zone perméable à faible ruissellement avec un réseau hydrographique peu développé et drainant les nappes (débits d'étiages importants, assurant seuls les débits du Loir en été), d'altitude moyenne 120 m ; il s'agit de terrains sédimentaires du centre du bassin parisien qui constituent un aquifère de bonne porosité,
- les collines du Perche en rive droite, d'altitude moyenne 180 m, avec des formations imperméables (argiles à silex, craies marneuses, ...) engendrant des ruissellements importants en période de crue et des étiages marqués en été,
- la région ouest, dans le secteur de La Flèche- La Chartre, les assises crayeuses qui constituent la principale formation de la région du Perche et du Maine, s'intercalent de façon complexe avec des remontées sub-affleurantes de terrains jurassiques, voire du substratum armoricain. Le secteur de l'Anjou au droit de La Flèche marque ainsi la terminaison (ou la pointe) en biseau de l'une des dernières auréoles sédimentaires du bassin parisien : les aquifères du Jurassique (calcaire et calcaire marneux du Toarcien) et du Crétacé, côtoient les formations schisteuses armoricaines. Le Loir traverse ces différentes formations qu'il recouvre de ses alluvions sablo-graveleuses.

3.5.3 Réseau hydrographique

Le bassin versant du Loir présente deux systèmes hydrologiques différents :

- un système amont constitué de la vallée du Loir et d'un apport important constitué par l'Yerre (affluent de rive droite),
- un système aval plus complexe comprenant un apport important concentré en tête (la Braye) et une série d'apports répartis.

Le système amont est donc dissymétrique avec des affluents en rive droite très productifs (Ozanne, Yerre) qui apportent le plus gros du débit et des affluents rive gauche peu productifs (Conie, Aigre) qui sont alimentés par la nappe de la Beauce.

Le système aval reçoit des affluents en rive droite et en rive gauche de manière plus équilibrée excepté l'apport important constitué par la Braye en rive droite.

Les principaux affluents en rive droite sont :

- l'Etangsort,
- la Veuve,
- l'Aune,
- le Casseau,
- l'Argance.

En rive gauche, ce sont :

- la Cendrine,
- l'Escotais,
- la Maulne.

3.5.4 Ecoulements et crues

Le Perche est la zone principale de genèse des crues du Loir.

Les crues du Loir sont généralement des crues d'automne hiver. Elles sont engendrées par des événements pluvieux de 2 jours ou plus, généralement centrés sur le Perche, succédant à une phase préparatoire pluvieuse, qui conditionne l'importance de la crue.

3.5.5 Pluviométrie et occupation du sol

Le bassin du Loir, orienté sur un axe est-ouest, est largement ouvert à l'influence océanique qui conditionne presque entièrement la pluviométrie et les températures moyennes douces avec des écarts peu accusés.

Les collines du Perche sont les plus arrosées du bassin versant du Loir avec 800 mm de moyenne annuelle à Authon-du-Perche. La Beauce, secteur le plus à l'Est du bassin, est la partie la moins arrosée avec une moyenne annuelle de 625 mm à la Bourdinière-St-Loup et à Orléans. Sur le reste du bassin versant du Loir, la pluviométrie annuelle moyenne varie entre 650 mm et 700 mm.

Concernant l'occupation du sol, la Beauce est une région de culture intensive alors que les collines du Perche sont plutôt tournées vers l'élevage.

3.5.6 Réseau de mesures

Le réseau hydrométrique de la DIREN sur le bassin versant du Loir figure sur une carte de l'annexe 2.

Les principales stations, en fonctionnement à ce jour, sur le cours principal de la rivière Loir sont les suivantes :

- le Loir à St-Maur-sur-le-Loir (BV = 1160 km²),
- le Loir à Villavard (BV = 4545 km²),
- le Loir à Flée (Port-Gautier) (BV = 5940 km²),
- le Loir à Durtal (BV = 7920 km²).

Les stations de mesure du Service de Prévision des Crues sur la rivière Loir sont les suivantes d'amont en aval :

- le Loir à Saint-Avit,
- le Loir à Bonneval,
- le Loir à Châteaudun,
- le Loir à Cloyes,
- le Loir à Vendôme,
- le Loir à la Chartre,
- le Loir à Port-Gautier,
- le Loir au Lude,
- le Loir à la Flèche,
- le Loir à Durtal,
- le Loir à Seiche (station faisant partie des BVA).

La station du Loir à Flée n'est pas très bonne en crue.

La Brayé à Sargé est une station difficile à jauger.

La Veuve (156 km²) a un fonctionnement hydrologique atypique dans la zone d'après la DIREN 44. La Veuve est une rivière moyennement abondante compte tenu de l'exiguïté de son bassin mais assez régulière. Elle présente des fluctuations saisonnières de débit peu marquées. Elle a des étiages très confortables par rapport à la majorité des affluents du Loir. La station du Loir à Durtal est très peu influencée par les BVA.

4 METHODOLOGIE POUR L'ANALYSE PLUVIOMETRIQUE

4.1 PRESENTATION

L'analyse pluviométrique a pour objet :

- de caractériser chacune des 16 crues d'études,
- de servir de base à l'analyse du fonctionnement hydrologique du bassin de la Maine.

Le présent chapitre a pour objet de présenter la méthodologie de l'analyse pluviométrique détaillée des crues de référence présentée au chapitre suivant.

4.2 CHOIX DES PLUVIOMETRES D'ETUDES

4.2.1 Isohyètes annuels

Les cumuls annuels des hauteurs de précipitations sur le bassin versant (période de 1971-2000) ont été recueillis auprès de METEOFRANCE. Ces informations sont reportées graphiquement sur la carte de la figure 3 présentée page suivante.

Il apparaît, que le cumul annuel des précipitations sur le bassin versant varie du simple au double (de 550 à 1 100 mm). Le gradient pluviométrique est particulièrement prononcé au nord-ouest du bassin versant. A l'est du bassin versant (Beauce) et au sud, les cumuls pluviométriques sont plus faibles.

Ces isohyètes vont permettre d'orienter le choix des pluviomètres à retenir pour la modélisation (étape 4).

Afin d'optimiser le recueil et la critique des données nécessaires à la réalisation des objectifs des étapes 2 et 4, les pluviomètres qui serviront à la modélisation sont les mêmes que ceux qui servent ici à la caractérisation des crues.



**Cumul annuel des hauteurs de précipitation
moyenné sur la période 1971-2000
(source : METEOFRANCE)**



58, QUAI DE LA RAPEE
75583 PARIS CEDEX 12
TEL : 01.40.04.67.39
FAX : 01.43.42.24.39
e-mail : hydratec@hydratec.fr

FICHIER : e_rapp_isohyete.wor

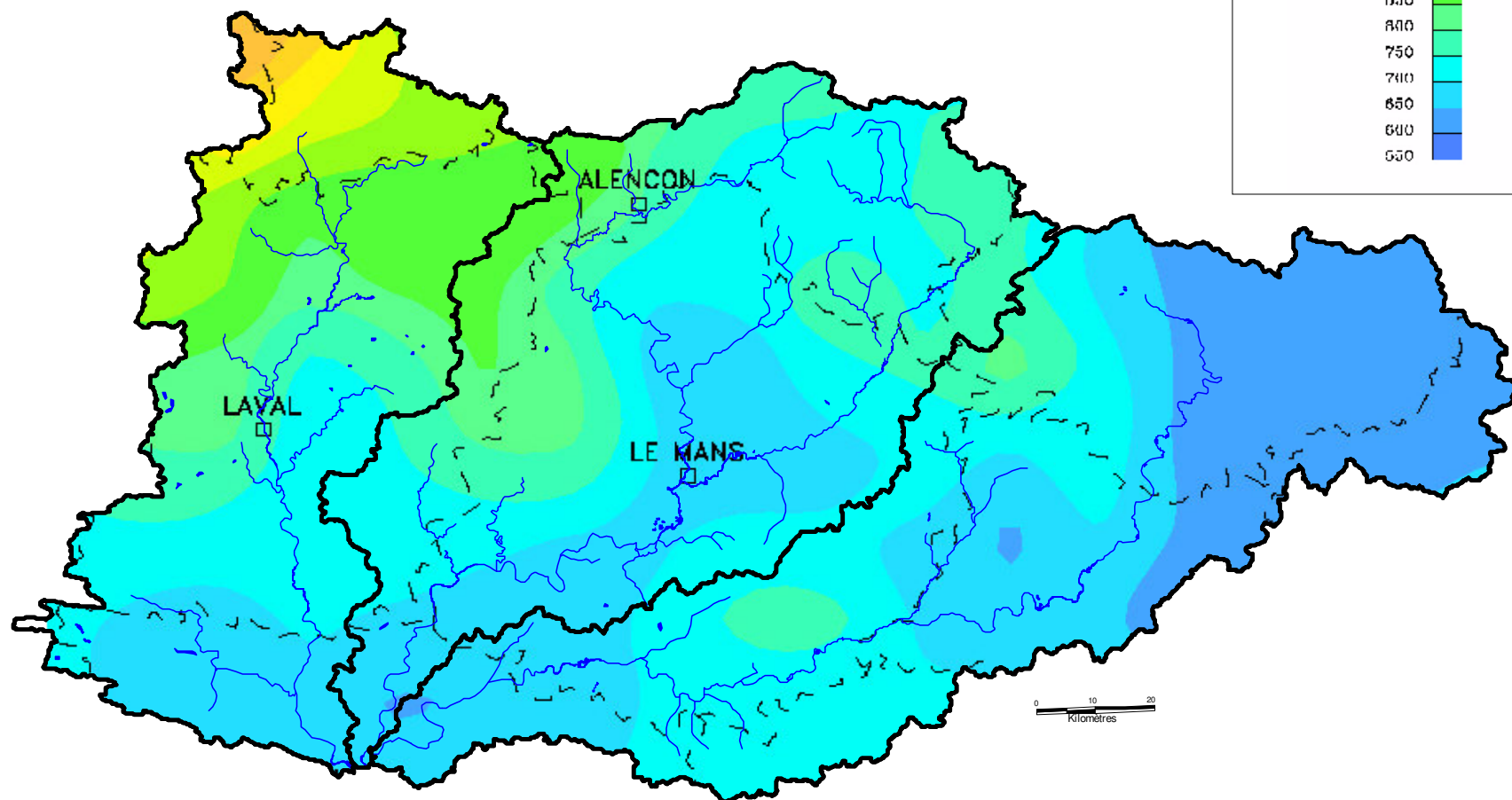
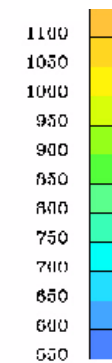
ETUDE NUMERO : 01621174

DATE : Février 2006

FIGURE N° : 3

ECHELLE : 1/1 000 000

Cumul annuel des précipitations (mm)



4.2.2 Pluviomètres retenus

Afin de représenter au mieux la pluviométrie ayant généré une crue, le choix des pluviomètres utilisés dans la suite de l'étude est fait en fonction du gradient pluviométrique fourni par la carte des cumuls annuels. La densité des pluviomètres retenus sera d'autant plus forte que le gradient pluviométrique est élevé. Afin de bien représenter aussi les épisodes orageux, qui sont localisés, la couverture du réseau de pluviomètres doit être suffisamment dense.

Il a donc été choisi, pour chacune des 16 crues d'études, 40 postes pluviométriques pouvant fournir les valeurs de pluie pour une crue donnée. Ces valeurs de pluie pour chaque crue doivent correspondre à l'épisode intense pluvieux qui a engendré l'hydrogramme de la crue (l'épisode intense est choisi quelques jours avant le début de la montée en débit afin de tenir compte du temps de réponse du bassin). Les postes pluviométriques n'ayant pas tous la même période de fonctionnement, il n'y en avait pas 40 qui pouvaient fournir les données pour les 16 crues étudiées.

Il a alors été choisi un ou plusieurs pluviomètres sur certaines zones qui puissent venir en remplacement les uns des autres (pour la fourniture des données) afin de garder ce total de 40 pluviomètres en service pour chacune des crues d'étude.

La carte présentée page suivante (figure 4) permet de localiser les pluviomètres choisis pour les 16 crues d'étude.

ETUDE DE COHERENCE DU BASSIN DE LA MAINE

Etape 2 : Etude hydrologique



Localisation des pluviomètres utilisés pour l'étude



58, QUAI DE LA RAPEE
75583 PARIS CEDEX 12
TEL : 01.40.04.67.39
FAX : 01.43.42.24.39
e-mail : hydra@hydra.setec.fr

FICHER : e_pluvio_choisi.wor

ETUDE NUMERO : 01621174

DATE : Juin 2006

FIGURE N° : 4

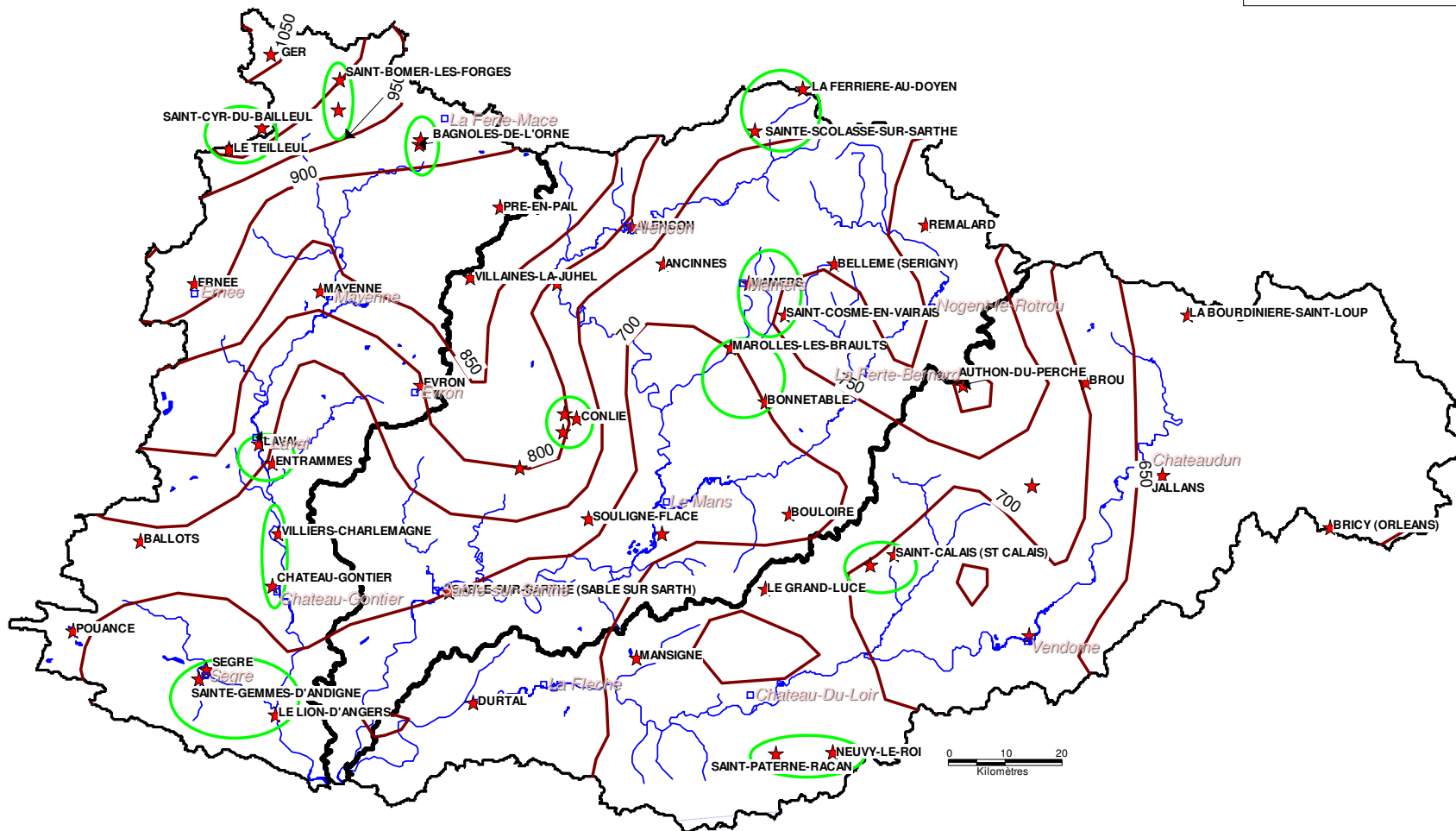
ECHELLE :

Légende

★ Pluviomètre choisi

□ Zone localisant les pluvioms venant en remplacement

— Isohyète moyen annuel (mm) (période 1971-2000)



La liste des pluviomètres retenus est présentée ci-après. Le détail des pluviomètres choisis pour représenter l'épisode intense de chaque événement étudié est présenté en annexe 3.

code station	ville
28018001	AUTHON-DU-PERCHE (AUTHON)
28048001	LA BOURDINIÈRE-SAINT-LOUP (LA BOURDINIÈRE)
28061001	BROU
28198001	JALLANS (CHATEAUDUN)
37170001	NEUVY-LE-ROI
37231001	SAINT-PATERNE-RACAN (ST-PATERNE)
41075002	DROUE (DROUE -MERILLON)
41269001	VENDOME
45055001	BRICY (ORLEANS)
49127001	DURTAL
49176001	LE LION-D'ANGERS (LE LION D'ANG.)
49248001	POUANCE
49277001	SAINTE-GEMMES-D'ANDIGNE (ST GEMMES D'AND)
49331001	SEGRE
49331002	SEGRE
50200001	GER
50462001	SAINT-CYR-DU-BAILLEUL (ST-CYR-DU-B)
50591001	LE TEILLEUL
53018002	BALLOTS
53062002	CHATEAU-GONTIER (CHATOGON BAZOU)
53094001	ENTRAMMES (LAVAL-ENTRAMMES)
53096001	ERNEE
53097001	EVRON
53130001	LAVAL (LAVAL La Perrin)
53147001	MAYENNE
53185001	PRE-EN-PAIL
53271001	VILLAINES-LA-JUHEL (VILLAINES-LA-JU)
53273001	VILLIERS-CHARLEMAGNE (VILLIERS-CHARLE)
61001001	ALENCON
61022001	BAGNOLES-DE-L'ORNE (BAGNOLES VILLA)
61022004	BAGNOLES-DE-L'ORNE (BAGNOLES)
61038001	BELLEME (SERIGNY)
61145001	DOMFRONT
61162001	LA FERRIERE-AU-DOYEN
61345001	REMALARD
61369001	SAINTE-BOMER-LES-FORGES (SAINT BOMER)
61454001	SAINTE-SCOLASSE-SUR-SARTHE (SAINTE SCOLASSE)
72005001	ANCINNES
72039001	BONNETABLE
72042001	BOULOIRE
72089001	CONLIE
72126001	EPINEU-LE-CHEVREUIL (EPINEU LE CHEVR)
72143001	LE GRAND-LUCE (LE GRAND LUCE)
72180001	MAMERS
72181001	LE MANS
72182001	MANSIGNE
72189001	MAROLLES-LES-BRAULTS (MAROLLES LES BR)
72264001	SABLE-SUR-SARTHE (SABLE SUR SARTH)
72269001	SAINTE-CALAIS (ST CALAIS)
72272001	SAINTE-CEROTTE (SAINTE CEROTTE)
72276001	SAINTE-COSME-EN-VAIRAIS (SAINT COSME EN VAI)
72294001	SAINTE-LEONARD-DES-BOIS (SAINT LEONARD D)
72339001	SOULIGNE-FLACE (SOULIGNE FLACE)
72351001	TENNIE
72351002	TENNIE

4.3 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE PAR EVENEMENT

Pour chaque événement étudié, une triple analyse a été effectuée :

- **Analyse de la période préparatoire :**

Analyse de la pluviométrie depuis le début de l'année hydrologique (septembre) jusqu'au mois précédant la crue. (Exemple : Si l'événement se produit en février, la période préparatoire se situe du 1^{er} septembre jusqu'au 31 janvier).

Cette analyse repose sur la comparaison de la pluviométrie mensuelle effectivement tombée par rapport aux moyennes interannuelles calculées par Météo France (ces moyennes sont reportées en annexe 3).

Une carte a alors été élaborée pour chaque événement étudié. Sur cette carte, sont présentées les courbes iso du pourcentage d'écart par rapport à la moyenne :

$$\text{Pourcentage}_{\text{écart à la moyenne}_{\text{période préparatoire}}} = \left(\frac{\text{cumul pluviométrique écoulé}}{\text{moyenne cumulée}} - 1 \right) * 100$$

Avec : cumul pluviométrique écoulé = somme des précipitations sur la période préparatoire représentant x mois.

Moyenne cumulée = somme des moyennes mensuelles (effectuées sur la période de fonctionnement de la station) sur les x mois.

- **Analyse de la période intense :**

Analyse de la pluviométrie sur l'épisode intense (de l'ordre de quelques jours à quelques dizaines de jours) ayant généré la crue. La détermination de l'épisode intense est basée sur l'observation des hydrogrammes de crue sur les principaux axes d'écoulement du bassin de la Maine, on choisit arbitrairement 2 – 3 jours avant le début de la montée en débit. Sur la période intense retenue, des courbes isohyètes sont établies et reportées graphiquement sous forme de carte.

- **Analyse du mois précédent la période intense :**

Analyse de la pluviométrie sur le mois précédent l'épisode intense (à partir des données pluviométriques journalières)

Pour chaque crue d'étude, il est présenté en annexe 4 :

- une carte correspondant à l'analyse de la période préparatoire,
- une ou plusieurs carte(s) correspondant à l'analyse de la période intense,
- une carte correspondant à l'analyse de la pluviométrie mensuelle avant l'épisode intense.

La pluviométrie journalière aux environs de la période intense est présentée en annexe 5 pour 5 stations pluviométriques du bassin de la Maine pour les 16 événements étudiés.

L'analyse pluviométrique de chaque événement étudié est présentée au chapitre 6.

4.4 ANALYSE DE LA TEMPERATURE ET DE L'OCCURRENCE DE NEIGE

Les données de températures minimales et maximales journalières, ainsi que l'occurrence de neige ont été demandées auprès de Météo-France pour 4 postes pluviométriques (permettant d'avoir une vision globale sur le bassin de la Maine) pour les 16 crues d'étude.

Ce sont les postes de :

- Châteaudun (28198001),
- Laval (53094001),
- Alençon (61001001),
- Le Mans (72181001).

Ces données sont rassemblées dans l'annexe 6.

Le « TN » correspond à la température minimale journalière exprimée en degré Celsius et dixièmes. Le « TX » correspond à la température maximale journalière exprimée en degré Celsius et dixièmes. L'occurrence de neige est exprimée par 1 (jour avec chute de neige) ou par 0 (jour sans chute de neige).

L'analyse de ces données pour chaque événement étudié est présentée au chapitre 6.

5 VALEURS CARACTERISTIQUES DES DEBITS DE CRUE

5.1 ESTIMATION DES DEBITS DECENNAUX, VINGTENNAUX ET CINQUANTENNAUX

L'estimation des débits caractéristiques instantanés (calculs par année hydrologique de septembre à août) des différentes stations du bassin de la Maine a été réalisée dans l'étude « 3P ». Cependant, depuis cette étude, trois crues significatives (décembre 1999, janvier 2001 et janvier 2004) se sont produites modifiant ainsi les données de base des résultats statistiques.

Les données actualisées ont donc été extraites de la Banque Hydro. La loi de Gumbel est couramment utilisée pour l'étude des valeurs « extrêmes » telles que maxima ou minima d'un échantillon de données. Nous avons jugé que la loi de Gumbel était donc suffisante et nous n'avons pas utilisé la loi de Galton alors que dans l'étude « 3P » les deux lois ont été utilisées. Les ajustements des débits de pointe au droit des différentes stations avec la loi de Gumbel sont présentés dans le tableau 3 et en annexe 8. Il faut noter que l'extrapolation au-delà de deux fois la durée des observations n'est en général pas conseillée. Le nombre d'années utilisées pour réaliser les ajustements sont indiquées dans le tableau 3. Certaines mesures n'étant pas validées, le nombre d'années disponibles pour l'ajustement est parfois inférieur à la période annoncée comme étant disponible. L'ajustement à la station de Port-Gautier sur le Loir donne des débits caractéristiques plus forts qu'à la station de Durtal qui est située plus en aval, ceci n'est pas normal. En effet, la période d'observation de la station de Port-Gautier est de 15 ans (mais seules 6 valeurs ont été utilisées pour réaliser l'ajustement) alors que celle de la station de Durtal est de 43 ans. L'ajustement à la station de Port-Gautier n'est donc pas valide, il ne figure pas dans le tableau.

Remarques concernant les débits :

Dans la Banque Hydro, les dates sont connues avec la précision de la minute. Cela implique les conséquences suivantes :

- 1- Dans la table hauteur-temps, « H = 145 mm, T = 12 mai 1999 14h32 » signifie que la Banque Hydro considère que le cours d'eau connaît une hauteur d'eau de 145 mm le 12 mai 1999 entre 14 heures 32 minutes 0 secondes et 14 heures 32 minutes et 59 secondes.
- 2- Dans la Banque Hydro, les débits instantanés sont connus avec la précision de la minute. Ces débits (par exemple ceux affichés dans QTVAR, traitement qui permet de tracer des hydrogrammes) sont calculés à partir de la hauteur affichée pour une minute donnée et de la courbe de tarage valide pour cette même minute.
- 3- Les débits journaliers sont calculés en faisant la moyenne de tous les débits instantanés compris entre 00 :00 (début de la journée) et 24 :00 (c'est-à-dire 00 :00 le lendemain). Il faut donc que le logiciel Hydro (même s'il ne les utilise pas explicitement, parce que l'algorithme de calcul le lui permet) puisse connaître les 1441 débits correspondant aux 1440 minutes de la journée + la première minute de la journée suivante.
- 4- Pour les courbes de tarage, les dates sont connues avec la précision de la minute. La période de validité est l'ensemble des minutes pour lesquelles cette courbe de tarage est applicable.

**Tableau 3 : Tableau récapitulatif des ajustements des débits caractéristiques instantanés à la loi de Gumbel
aux principales stations du bassin de la Maine**

Stations hydrométriques	Surface (km ²)	Période disponible	Nb années utilisées	Q _{2ans} (m ³ /s)		Q _{5ans} (m ³ /s)		Q _{10ans} (m ³ /s)		Q _{20ans} (m ³ /s)		Q _{50ans} (m ³ /s)	
				Valeur	Intervalle de confiance à 95%	Valeur	Intervalle de confiance à 95%	Valeur	Intervalle de confiance à 95%	Valeur	Intervalle de confiance à 95%	Valeur	Intervalle de confiance à 95%
La Sarthe													
Moulin du désert (la Sarthe)	908	1979-2005	26	56	(49-66)	79	(69-98)	94	(82-120)	110	(94-140)	130	(110-170)
Chiantin (le Merdereau)	118	1986-2005	19	14	(12-17)	20	(17-26)	23	(20-32)	27	(23-36)	31	(26-42)
Moulin Neuf (l'Orne Saosnoise)	510	1968-2005	36	26	(22-30)	38	(34-46)	46	(40-58)	54	(46-69)	65	(55-83)
Montreuil (la Sarthe)	2716	1973-2005	29	180	(160-210)	250	(220-300)	290	(260-360)	335	(300-420)	390	(340-500)
Nogent-le-Rotrou (l'Huisne)	827	1972-2005	33	43	(39-49)	60	(54-72)	71	(63-87)	82	(72-102)	95	(83-120)
La Pécardière (l'Huisne)	1890	1984-2005	21	75	(63-91)	110	(92-140)	130	(110-170)	148	(130-200)	170	(150-250)
St-Mars-la-Brière (le Narais)	167	1984-2005	21	4.4	(3.7-5.4)	6.4	(5.5-8.4)	7.7	(6.5-10)	9	(7.5-12.5)	11	(8.8-15)
Parence (la Vive Parence)	185	1984-2005	21	7.3	(6.1-9)	11	(9.1-14)	13	(11-17)	15	(13-20)	18	(15-25)
Spay (la Sarthe)	5285	1954-2005	49	220	(200-240)	300	(280-350)	360	(320-420)	415	(370-490)	480	(430-580)
Asnières/Vègre (la Vègre)	401	1979-2005	24	32	(27-40)	49	(42-64)	60	(51-81)	71	(59-98)	85	(70-120)
Moulin-la-Roche (l'Erve)	380	1973-2005	29	43	(37-52)	65	(56-82)	80	(68-100)	95	(80-120)	110	(94-150)
Bouessay (la Vaige)	233	1981-2005	24	25	(21-31)	38	(33-50)	47	(40-63)	55	(46-76)	66	(55-93)
Beffes (la Sarthe)	7380	1970-2005	34	320	(280-370)	460	(410-550)	550	(480-670)	635	(550-800)	740	(640-950)
La Mayenne													
Couterne (la Mayenne)	521	1971-1995	24	57	(50-67)	78	(69-96)	91	(80-120)	105	(90-135)	120	(100-160)
Domfront (la Varenne)	198	1981-2004	16	26	(22-32)	35	(30-46)	41	(35-57)	47	(39-65)	54	(45-80)
St-Fraimbault (la Mayenne)	1850	1971-2005	35	160	(150-190)	240	(210-280)	280	(250-350)	330	(280-410)	380	(330-490)
Moulay (l'Aron)	188	1973-2005	31	18	(16-21)	25	(23-31)	30	(27-38)	35	(30-45)	41	(35-53)
Ernée (l'Ernée)	115	1989-2005	35	9.2	(8.2-10)	13	(12-15)	15	(14-19)	18	(15-22)	21	(18-26)
Vaugeois (l'Ernée)	375	1968-2005	37	33	(30-38)	48	(43-57)	57	(51-70)	67	(58-83)	78	(68-99)
Ecluse de Bonne (la Mayenne)	2890	1971-2005	32	250	(220-290)	360	(320-440)	440	(380-540)	510	(440-640)	600	(510-770)
Forcé (la Jouanne)	410	1968-2005	37	40	(36-47)	60	(53-72)	73	(64-90)	85	(74-108)	100	(87-130)
Nuillé/Vicoïn (le Vicoïn)	235	1973-2005	32	30	(26-36)	46	(40-56)	56	(48-70)	65	(56-83)	78	(66-100)
Pont d'Ouette (l'Ouette)	118	1985-2005	18	11	(8.7-14)	16	(13-22)	20	(16-28)	23	(18-34)	27	(22-40)
Château Gontier (la Mayenne)	3910	1969-2005	35	330	(290-380)	480	(430-580)	580	(510-720)	680	(590-840)	800	(690-1000)
Chambellay (la Mayenne)	4160	1966-2005	38	360	(320-410)	520	(460-620)	630	(550-770)	730	(640-920)	860	(750-1100)
Cossé-le-Vivien (l'Oudon)	133	1988-2005	15	14	(10-19)	21	(17-32)	27	(21-42)	32	(25-50)	38	(30-60)
La Boissière (le Chéran)	85	1972-2005	32	8.4	(7-10)	14	(12-17)	17	(15-22)	20	(17-26)	25	(21-33)
Marcillé (l'Oudon)	734	1972-2005	28	47	(38-58)	75	(64-98)	94	(79-130)	113	(92-155)	140	(110-190)
Basse Rivière (l'Argos)	153	1982-2005	23	18	(14-23)	29	(24-38)	36	(30-49)	43	(35-60)	51	(42-74)
Port-aux-Anglais (l'Oudon)	1409	1969-2001	20	87	(66-120)	140	(120-200)	180	(150-260)	215	(170-320)	260	(210-390)
Le Loir													
Trizay (l'Ozanne)	268	1972-2005	30	35	(30-41)	52	(45-64)	63	(54-80)	74	(62-97)	87	(74-120)
St-Maur (le Loir)	1160	1967-2005	28	57	(46-72)	93	(79-120)	120	(99-160)	140	(115-195)	170	(140-240)
Vallainville (la Conie)	510	1969-1985	13	4	(2.9-5.6)	6.1	(4.9-9.4)	7.4	(6-12)	8.7	(7.2-13)		
St-Calais (l'Aigre)	276	1969-2005	19	4	(3-5.4)	6.6	(5.3-9.4)	8.3	(6.7-12)	10	(8-14)	12	(9.7-17)
Villavard (le Loir)	4545	1967-2005	23	98	(79-120)	150	(130-210)	190	(160-260)	230	(185-320)	270	(220-390)
La Caboché (la Brayé)	270	1968-2005	35	23	(21-27)	33	(30-40)	40	(35-49)	46	(40-57)	54	(47-69)
L'Yerre à Saint-Hilaire-sur-Yerre	297	1994-2005	12	39	(27-58)	60	(48-100)	75	(59-130)	89	(70-150)		
Le Petit Brives (la Veuve)	156	1982-2005	22	15	(11-19)	24	(20-33)	30	(25-43)	36	(30-52)	44	(35-64)
Moulin à Tan (l'Aune)	224	1971-1996	24	8	(6-10)	12	(10-15)	14	(12-19)	17	(13.5-23)	20	(16-28)
Durtal (le Loir)	7920	1960-2005	44	170	(160-200)	260	(230-310)	320	(280-380)	370	(320-450)	440	(380-550)

5.2 ESTIMATION DES DEBITS DE TEMPS DE RETOUR PLUS ELEVES

L'extrapolation des débits caractéristiques de périodes de retour plus élevées peut être réalisée à partir de la méthode du Gradex appliquée à des pas de temps n déduits de l'analyse des rapports des débits de pointe sur les débits moyens en n jours consécutifs (n étant compris entre 1 et 4) et par analyse des hydrogrammes de crues.

L'hypothèse de base de la méthode du Gradex est qu'au-delà d'une certaine quantité de pluie (correspondant à la saturation du bassin versant), tout accroissement des précipitations tend à produire un accroissement égal du débit, c'est-à-dire que tout le volume de pluie qui tombe sur le bassin versant se retrouve par un chemin ou un autre dans la rivière et contribue au volume de la crue. Ainsi, à partir d'une certaine période de retour, la loi des débits peut être extrapolée par une droite de même pente que celle de la loi des pluies.

Cette méthode a cependant des limites. Très souvent, elle a été utilisée pour des bassins versants dont la surface était de l'ordre de 1000 km² ou moins. On peut toujours utiliser cette méthode pour des surfaces plus petites, car les hypothèses de saturation sur l'ensemble du bassin sont encore plus faciles à vérifier. C'est plutôt vers les grandes surfaces qu'il convient de se méfier d'une utilisation brutale de la méthode du gradex. En effet, plus le bassin est grand, moins il y a de chance qu'il soit saturé partout à la fois. D'autre part, tant que les surfaces sont raisonnables, on peut admettre que les coefficients d'abattement (rapport de la pluie moyenne sur la surface à la pluie ponctuelle de même fréquence) sont voisins de 1 et admettre que le gradex des pluies moyennes sur le bassin est égal à la moyenne des gradex ponctuels. Le nombre de données de débits nécessaire pour une station donnée pour pouvoir utiliser la méthode du Gradex dépend de la période de retour pivot. Si cette dernière est de 20 ans, une dizaine d'années (moitié de la période de retour pivot) de données est nécessaire.

L'utilisation de la méthode du Gradex suppose une bonne connaissance de l'hydrosystème étudié, notamment pour définir à partir de quelle période de retour pivot, il est légitime de considérer que le sol est saturé.

Lors de l'étude « 3P », l'application de cette méthode et ses limites d'utilisation sur le bassin de la Maine ont fait l'objet de concertations. Considérant la méthode et ses limites satisfaisantes, les hypothèses de l'étude « 3P » et les valeurs de périodes de retour pivot ont été conservées pour la présente étude.

Ainsi, des périodes de retour pivot ont été déterminées au-delà desquelles la méthode du Gradex s'applique :

- Pour les stations du bassin de la Mayenne (sols cristallins) et de l'Oudon, une période de retour de 35 ans a été choisie, pour les affluents il a été préféré une période de retour de 20 ans.
- Pour les stations du bassin de la Sarthe à l'amont de la confluence avec l'Huisne qui présentent des terrains plus perméables, la méthode du Gradex est appliquée à partir d'une période de retour de 50 ans. Pour les stations du bassin de la Sarthe à l'aval

du confluent avec l'Huisne, la méthode est appliquée à partir d'une période de retour de 75 ans pour tenir compte de la combinaison des deux bassins versants.

- Pour les stations du bassin versant du Loir, la méthode du Gradex est appliquée à partir de la crue cinquantennale. Pour les stations situées à l'aval de la Conie et de l'Aigre (ruisseaux alimentés par les eaux de la nappe de la Beauce, et qui réagissent très peu en crue), la méthode du Gradex est appliquée en ne tenant pas compte du bassin versant de ces deux cours d'eau.
- Pour les stations du bassin versant de l'Huisne, la période de retour pivot utilisée est de 90 ans.

Les valeurs moyennes de gradex qui ont été retenues dans l'étude « 3P » pour tout le bassin de la Maine sont les suivantes :

- gradex sur 24 heures : 8 mm,
- gradex sur 2 jours : 10 mm,
- gradex sur 4 jours : 11 mm.

Sont utilisées les valeurs des gradex sur 1, 2 et 4 jours car ce sont les 3 temps de concentration moyens des différentes stations du bassin de la Maine qui ont été utilisés dans l'étude « 3P ».

Ces résultats ont été obtenus dans l'étude « 3P » à partir des précipitations journalières sur quelques jours consécutifs. Les précipitations observées sur des durées comprises entre 1 et plusieurs jours consécutifs conduisent à l'établissement de courbes « Intensités-Durées-Fréquences » (courbes IDF).

La pente de ces courbes permet d'obtenir le gradex.

Les documents élaborés par Météo-France lors de l'élaboration de l'étude « 3P » avaient permis d'obtenir les valeurs caractéristiques suivantes au niveau de 5 stations pluviométriques :

Période de retour Station	cumul 24 h (mm)				cumul 48 h (mm)				cumul 96 h (mm)			
	10	20	50	100	10	20	50	100	10	20	50	100
Le Mans	49	55	62	68	56	62	71	77	71	79	89	96
Jallans-Châteaudun	48	54	63	69	55	61	70	76	65	72	82	89
Angers	53	59	67	72	65	72	83	90	79	89	101	110
Entrammes-Laval	50	55	63	68	61	67	75	81	80	88	98	106
Alençon	53	60	68	74	-	-	-	-	-	-	-	-

Gradex	1 jour	2 jours	4 jours
Le Mans	8,08	8,94	10,64
Jallans-Châteaudun	8,93	8,94	10,2
Angers	8,08	10,64	13,19
Entrammes-Laval	7,66	8,51	11,06
Alençon	8,94		

Gradex	1 jour	2 jours	4 jours
Le Mans	8	9	11
Jallans-Châteaudun	9	9	10
Angers	8	11	13
Entrammes-Laval	8	9	11
Alençon	9		
MOYENNE	8	10	11

} Valeurs arrondies

La dernière ligne du tableau ci-dessus donne les gradex de 1, 2 et 4 jours qui ont été utilisés dans l'étude « 3P ».

Afin de mettre à jour ces données, elles ont été demandées à Météo-France en 2006 au niveau des 5 stations :

- Le Mans (altitude : 51 m) – statistiques sur la période 1961 – 2005, calculs réalisés avec la loi GEV (loi généralisée des valeurs extrêmes),
- Jallans-Châteaudun (altitude : 126 m) – statistiques sur la période 1970 – 2005, calculs réalisés avec la loi GEV (loi généralisée des valeurs extrêmes),
- Angers (altitude : 50 m) – statistiques sur la période 1963 – 2005, calculs réalisés avec la loi GEV (loi généralisée des valeurs extrêmes),
- Entrammes-Laval (altitude : 96 m) – statistiques sur la période 1990 – 2005, calculs réalisés avec la méthode du renouvellement,
- Alençon (altitude : 144 m) – statistiques sur la période 1957 – 2005, calculs réalisés avec la loi GEV (loi généralisée des valeurs extrêmes).

Pour les calculs faits avec la loi GEV, le gradex est directement fourni par Météo-France. Pour la méthode du renouvellement, le gradex est la pente de la droite.

Les résultats obtenus sont synthétisés dans les tableaux suivants (ce sont les valeurs non grisées, les valeurs grisées étant reprises des tableaux précédents).

Période de retour Station	cumul 24 h (mm)				cumul 48 h (mm)				cumul 96 h (mm)			
	10	20	50	100	10	20	50	100	10	20	50	100
Le Mans	49	55	62	68	56	62	71	77	71	79	89	96
	50,1	55,3	61,6	66	59,7	65,5	73,1	78,8	68,7	71,6	74,5	76,1
Jallans-Châteaudun	48	54	63	69	55	61	70	76	65	72	82	89
	50,6	53,8	57	58,8	58	62	66	68	69	72	76	79
Angers	53	59	67	72	65	72	83	90	79	89	101	110
	56,7	65	76,7	86,2	65	72	80	86	80	91	105	118
Entrammes-Laval	50	55	63	68	61	67	75	81	80	88	98	106
	47,7	52,1	57,9	62,3	64	71	79	86	82	90	101	109
Alençon	53	60	68	74	-	-	-	-	-	-	-	-
	52,8	60,9	73,3	84,1	64	71	83	92	81	92	109	124

Gradex	1 jour	2 jours	4 jours
Le Mans	8,08	8,94	10,64
Jallans-Châteaudun	8,93	8,94	10,2
Angers	8,08	10,64	13,19
Entrammes-Laval	7,66	8,51	11,06
Alençon	8,94		
	6,8	6,8	9

Données de l'étude "3P"
Données Météo-France 2006

Gradex	1 jour	2 jours	4 jours
Le Mans	8	9	11
Jallans-Châteaudun	9	9	10
Angers	8	11	13
Entrammes-Laval	8	9	11
Alençon	9		
	7	7	9

Valeurs arrondies

L'annexe 7 présente les droites d'ajustement aux 5 stations pour les données Météo-France utilisés dans l'étude « 3P » et pour celles obtenues en 2006 (uniquement station d'Entrammes).

Les valeurs de gradex obtenues par Météo-France en 2006 sont sensiblement voisines de celles utilisées dans l'étude « 3P », par conséquent nous choisissons de garder les mêmes valeurs de gradex que dans l'étude « 3P », à savoir :

- gradex sur 24 heures : 8 mm,
- gradex sur 2 jours : 10 mm,
- gradex sur 4 jours : 11 mm.

Ainsi, pour l'ensemble des stations, les débits de pointe des crues de périodes de retour inférieures à la période de retour pivot ont été calculés avec la loi de Gumbel et les valeurs des débits de pointe des crues de périodes de retour supérieures à la période de retour pivot ont été extrapolées par la méthode du Gradex. Le tableau 4 page suivante récapitule les estimations calculées au niveau des principales stations du bassin de la Maine. Les données de ce tableau sont les suivantes :

- colonne 1 : nom de la station hydrométrique,
- colonne 2 : période qui a servi pour l'ajustement statistique (cette période est incluse dans la période de fonctionnement pour chaque station qui est indiquée dans les tableaux à la fin de l'annexe 1),
- colonne 3 : surface du bassin versant en km²,
- colonne 4 : nombre de jours pour appliquer le gradex correspondant à la station (il s'agit du temps de concentration moyen estimé à la station),
- colonne 5 : gradex en mm,
- colonne 6 : gradex en m³/s,
- colonne 7 : valeur moyenne du rapport entre débit maximal instantané et débit moyen sur n jours appelée coefficient de forme,
- colonnes 8 à 13 : débits instantanés caractéristiques de période de retour 5, 10, 20, 50, 100 et 200 ans,
- colonne 14 : rapport du débit instantané caractéristique de période de retour 100 ans sur celui de période de retour 10 ans.

Concernant l'Oudon, dans l'étude des Basses Vallées Angevines réalisée par le BCEOM en février 2006, l'analyse des débits maxima instantanés a été effectuée sur une série incluant les débits à Andigné jusqu'en 1999 puis les débits à Segré de 2000 à 2004.

Les débits instantanés caractéristiques ainsi obtenus sont les suivants :

- $Q_2 = 98 \text{ m}^3/\text{s}$,
- $Q_5 = 160 \text{ m}^3/\text{s}$,
- $Q_{10} = 200 \text{ m}^3/\text{s}$,
- $Q_{20} = 240 \text{ m}^3/\text{s}$,
- $Q_{50} = 290 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ils sont un peu plus élevés que ceux déterminés par la Banque Hydro. Pour rester en cohérence avec ce qui a déjà été réalisé, on garde les valeurs calculées par le BCEOM.

5.3 EVENEMENTS HISTORIQUES ET PERIODES DE RETOUR CORRESPONDANTES

L'analyse statistique des débits caractéristiques permet d'estimer les périodes de retour aux différentes stations du bassin de la Maine des 16 événements étudiés. Les tableaux 5 à 8 correspondants sont présentés pages suivantes.

L'analyse des événements historiques étudiés est détaillée dans le chapitre suivant. La source des données constituant ces tableaux est explicitée au §6.1 (intitulé « source des données »).

En l'absence du débit instantané, c'est le débit journalier qui a été utilisé lorsqu'il était disponible. Ceci permet de compléter l'information manquante, même si la période de retour trouvée est un peu plus approximative. Parfois, ont été indiqués le débit instantané et le débit journalier, pour information. La période de retour indiquée correspond au débit instantané s'il est noté, s'il ne l'est pas, elle correspond au débit journalier.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques instantanés des stations du bassin de la Maine

Stations hydrométriques	Période disponible	Surface (km ²)	nb de jours	gradex	gradex en m ³ /s	rapport Q _{inst} /Q _{n-jours}	Q _{5ans} (m ³ /s)	Q _{10ans} (m ³ /s)	Q _{20ans} (m ³ /s)	Q _{50ans} (m ³ /s)	Q _{100ans} (m ³ /s)	Q _{200ans} (m ³ /s)	Période de retour pivot	Q ₁₀₀ /Q ₁₀
La Sarthe														
Moulin du désert (la Sarthe)	1980-2005	908	2	10	53	1.09	80	95	110	130	165	210	50	1.74
Chiantin (le Merdereau)	1986-2005	118	1	8	11	1.2	20	23	27	31	40	50	50	1.74
Moulin Neuf (l'Orne Saosnoise)	1969-2005	510	2	10	30	1.21	38	46	55	65	90	115	50	1.96
Montreuil (la Sarthe)	1974-2004	2716	4	11	86	1.13	250	290	335	390	455	520	50	1.57
Nogent-le-Rotrou (l'Huisne)	1973-2005	827	2	10	48	1.28	60	70	80	95	110	152	90	1.57
La Pécardière (l'Huisne)	1985-2005	1890	2	10	109	1.18	110	130	140	170	205	295	90	1.58
St-Mars-la-Brière (le Narais)	1984-2005	167	1				6.4	7.7	9	11	12	14		1.56
Parente (la Vive Parente)	1984-2005	185	4	11	6	1.19	11	13	15	18	21	26	75	1.62
Spay (la Sarthe)	1954-2005	5285	4	11	168	1.15	300	360	415	480	560	700	75	1.56
Asnières/Vègre (la Vègre)	1982-2005	401	2	10	23	1.17	49	60	70	85	100	118	75	1.67
Moulin-la-Roche (l'Erve)	1974-2005	380	1	8	35	1.38	65	80	95	110	134	167	75	1.68
Bouessay (la Vaïge)	1982-2005	233	1	8	22	1.17	38	45	55	65	78	95	75	1.73
Beffes (la Sarthe)	1972-2005	7380	4	11	235	1.07	460	550	635	750	870	1040	75	1.58
La Mayenne														
Couterne (la Mayenne)	1971-1995	521	1	8	48	1.2	78	90	105	135	175	215	35	1.94
Domfront (la Varenne)	1981-2004	198	1	8	18	1.13	35	40	47	65	80	95	20	2.00
St-Fraimbault (la Mayenne)	1971-2005	1850	2	10	107	1.35	240	280	330	420	510	620	35	1.82
Moulay (l'Aron)	1974-2005	188	2	10	11	1.24	25	30	35	47	57	67	20	1.90
Ernée (l'Ernée)	1989-2005	115	1	8	11	1.33	13	15	18	31	41	51	20	2.73
Vaugeois (l'Ernée)	1968-2005	375	1	8	35	1.18	48	60	70	105	134	162	20	2.23
Ecluse de Bonne (la Mayenne)	1972-2005	2890	2	10	167	1.14	360	440	510	625	770	900	35	1.75
Forcé (la Jouanne)	1969-2005	410	2	10	24	1.2	60	75	85	112	132	152	20	1.76
Nuillé/Vicoïn (le Vicoïn)	1974-2005	235	1	8	22	1.26	46	55	65	90	110	128	20	2.00
Pont d'Ouette (l'Ouette)	1986-2005	118	2	10	7	1.17	16	20	23	30	36	42	20	1.80
Château Gontier (la Mayenne)	1971-2005	3910	2	10	226	1.25	480	580	680	860	1050	1250	35	1.81
Chambellay (la Mayenne)	1966-2005	4160	2	10	241	1.19	520	630	730	920	1120	1320	35	1.78
Cossé-le-Vivien (l'Oudon)	1990-2005	133	1	8	12	1.15	21	27	32	41	51	61	35	1.89
La Boissière (le Chéran)	1973-2005	85	1	8	8	1.2	14	17	20	29	35	42	20	2.06
Marcillé (l'Oudon)	1974-2005	734	2	10	42	1.21	75	95	113	145	180	215	35	1.89
Basse Rivière (l'Argos)	1983-2005	153	1	8	14	1.2	29	36	43	58	70	82	20	1.94
Port-aux-Anglais (l'Oudon)	1970-1998	1409	2	10	82	1.12	160	200	240	300	360	430	35	1.80
Le Loir														
Trizay (l'Ozanne)	1975-2005	268	1	8	25	1.1	52	63	74	90	106	125	50	1.68
St-Maur (le Loir)	1969-2005	1160	2	10	67	1.33	93	120	140	170	235	290	50	1.96
Villavard (le Loir)	1971-2005	4545	4	11	87	1.2	150	190	230	270	350	420	50	1.84
La Caboche (la Brayé)	1969-2005	270	1	8	25	1.16	33	40	46	55	74	95	50	1.85
L'Yerre à Saint-Hilaire-sur-Yerre	1994-2005	297	1	8	28	1.2	60	75	90	105	130	154	50	1.73
Le Petit Brives (la Veuve)	1984-2005	156	1	8	14	1.37	24	30	36	45	57	72	50	1.90
Moulin à Tan (l'Aune)	1973-1996	224	2	10	13	1.16	12	14	17	20	30	40	50	2.14
Durtal (le Loir)	1962-2005	7920	4	11	195	1.1	260	320	370	440	590	735	50	1.84

valeurs extrapolées par la méthode du GRADEX

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques des crues de 1961, 1966 et 1974

Stations hydrométriques	Période disponible	Surface (km²)	Numéro station	Crue de janvier 1961			Crue de janvier 1966			Crue de oct 1966			Crue de novembre 1974		
				Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)
La Sarthe															
Moulin du désert (la Sarthe)	1979-2005	908	M0050620	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chiantin (le Merdereau)	1986-2005	118	M0114910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moulin Neuf (l'Orne Saosnoise)	1968-2005	510	M0243010	-	-	-	-	-	-	-	-	18/11/74 1:04	14,2 (15,6)	<2	
Montreuil (la Sarthe)	1973-2005	2716	M0250610	-	-	-	-	-	-	-	-	18/11/74	143 (152)	<2	
Nogent-le-Rotrou (l'Huisne)	1972-2005	827	M0361510	-	-	-	-	-	-	-	-	17/11/74 19:55	50.1	3	
La Pécardière (l'Huisne)	1984-2005	1890	M0421510	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
St-Mars-la-Brière (le Narais)	1984-2005	167	M0424810	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Parence (la Vive Parence)	1984-2005	185	M0434010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Spay (la Sarthe)	1954-2005	5285	M0500610	05/01/1961	193	<2	23/01/1966	471	50	28/10/1966	480	50	18/11/74	160 (163)	<2
Asnières/Vègre (la Vègre)	1979-2005	401	M0583020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moulin-la-Roche (l'Erve)	1973-2005	380	M0633010	-	-	-	-	-	-	-	-	17/11/74 11:44	18,4 (20,5)	<2	
Bouessay (la Vaige)	1981-2005	233	M0653110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Beffes (la Sarthe)	1970-2005	7380	M0680610	-	-	-	-	-	-	-	-	18/11/74	194	<2	
La Mayenne															
Couterne (la Mayenne)	1970-2000	521	M3040910	-	-	-	-	-	-	-	-	16/11/74	71,5 (82)	6	
Domfront (la Varenne)	1981-2004	198	M3103010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
St-Fraimbault (la Mayenne)	1971-2005	1850	M3230920	-	-	-	-	-	-	-	-	17/11/74	291 (413)	50	
Moulay (l'Aron)	1973-2005	188	M3253110	-	-	-	-	-	-	-	-	16/11/74	21,4 (26,8)	5	
Ernée (l'Ernée)	1989-2005	115	M3313010	-	-	-	-	-	-	-	-	16/11/74	16,4 (23)	30	
Vaugeois (l'Ernée)	1968-2005	375	M3323010	-	-	-	-	-	-	-	-	16/11/74	65,5 (75,1)	25	
Ecluse de Bonne (la Mayenne)	1971-2005	2890	M3340910	-	-	-	-	-	-	-	-	17/11/74	550 (605)	45	
Forcé (la Jouanne)	1968-2005	410	M3423010	-	-	-	-	-	-	-	-	16/11/74	57.9	5	
Nuillé/Vicoïn (le Vicoïn)	1973-2005	235	M3504010	-	-	-	-	-	-	-	-	16/11/74	45.3	5	
Pont d'Ouette (l'Ouette)	1985-2005	118	M3514010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Château Gontier (la Mayenne)	1969-2005	3910	M3600910	-	-	-	-	-	-	-	-	17/11/74	770	35	
Chambellay (la Mayenne)	1966-2005	4160	M3630910	-	-	-	24/01/1966	349	2	29/10/1966	798	30	17/11/74	824	35
Cossé-le-Vivien (l'Oudon)	1988-2005	133	M3711810	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
La Boissière (le Chéran)	1972-2005	85	M3774010	-	-	-	-	-	-	-	-	16/11/74	6.62	<2	
Marcillé (l'Oudon)	1972-2005	734	M3771810	-	-	-	-	-	-	-	-	17/11/74	26.3	<2	
Basse Rivière (l'Argos)	1982-2005	153	M3834030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Port-aux-Anglais (l'Oudon)	1969-2001	1409	M3861810	-	-	-	-	-	-	-	-	17/11/74	77.5	<2	
Le Loir															
Trizay (l'Ozanne)	1972-2005	268	M1034020	-	-	-	-	-	-	-	-	17/11/74 11:54	11.2	<2	
St-Maur (le Loir)	1967-2005	1160	M1041610	-	-	-	-	-	-	-	-	17/11/74 16:44	24.1	<2	
Villavard (le Loir)	1967-2005	4545	M1151610	-	-	-	-	-	-	28/10/1966	54	<2	18/11/74 21:28	36.9	<2
La Caboche (la Bray)	1968-2005	270	M1213010	-	-	-	-	-	-	-	-	16/11/74	10.5	<2	
Le Petit Brives (la Veuve)	1982-2005	156	M1313010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Moulin à Tan (l'Aune)	1971-1996	224	M1463020	-	-	-	-	-	-	-	-	16/11/74	2.8	<2	
Durtal (le Loir)	1960-2005	7920	M1531610	06/01/1961	440	50	28/1/66 18:38	271	6	27/10/1966	84	<2	19/11/74	50.9	<2

données extraites de la procédure CRUCAL de la Banque Hydro

160 (163)

débit journalier (débit instantané)

la date et l'heure obtenue dans la procédure CRUCAL étaient fausses (d'où utilisation des données journalières pour la date)

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques des crues de 1979, 1982, 1983 et 1985

Stations hydrométriques	Période disponible	Surface (km²)	Numéro station	Crue de février 1979			Crue de décembre 1982			Crue d'avril 1983			Crue d'avril 1985		
				Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)
La Sarthe															
Moulin du désert (la Sarthe)	1979-2005	908	M0050620	12/02/79	46.3	<2	21/12/82 11:54	56	<2	11/04/83	31.4	<2	8/4/85 0:00	44.6	<2
Chiantin (le Merdereau)	1986-2005	118	M0114910	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7/4/85 18:40	14.9	2
Moulin Neuf (l'Orne Saosnoise)	1968-2005	510	M0243010	12/2/79 20:35	50.1	15	21/12/82 20:35	45.5	9	11/4/83 4:35	32,6 (33,9)	3	8/4/85 23:51	60	35
Montreuil (la Sarthe)	1973-2005	2716	M0250610	12/02/79	219 (226)	4	22/12/82	224 (235)	4	11/04/83	142	<2	09/04/85	207 (214)	3
Nogent-le-Rotrou (l'Huisne)	1972-2005	827	M0361510	12/2/79 9:12	54.2	4	21/12/82 21:50	47.5	3	10/4/83 5:47	41.0	<2	9/4/85 2:13	58.3	5
La Pécardière (l'Huisne)	1984-2005	1890	M0421510	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8/4/85 16:30	95.1	4
St-Mars-la-Brière (le Narais)	1984-2005	167	M0424810	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8/4/85 4:17	6.43	5
Parente (la Vive Parente)	1984-2005	185	M0434010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8/4/85 8:39	13.5	12
Spay (la Sarthe)	1954-2005	5285	M0500610	13/02/79	321 (331)	7	22/12/82	299 (310)	6	11/04/83	229	>2	09/04/85	324 (336)	7
Asnières/Vègre (la Vègre)	1979-2005	401	M0583020	-	-	-	21/12/82 20:45	34,3 (36,5)	>2	10/4/83 21:30	21,9 (23,1)	<2	9/4/85 2:35	46.4	4
Moulin-la-Roche (l'Erve)	1973-2005	380	M0633010	12/2/79 4:04	43.6	2	20/12/82 19:50	51.9	3	10/4/83 4:29	42,3 (45,3)	2	8/4/85 5:15	59	4
Bouessay (la Vaigle)	1981-2005	233	M0653110	-	-	-	21/12/82 2:31	30.6	3	10/4/83 17:19	24,6 (25,8)	2	8/4/85 8:51	39.4	5
Beffes (la Sarthe)	1970-2005	7380	M0680610	14/02/79	458 (463)	6	21/12/82	386 (414)	4	10/04/83	369	3	8/4/85 9:52	408 (412)	4
La Mayenne															
Couterne (la Mayenne)	1970-2000	521	M3040910	12/02/79	30,5 (39,4)	<2	20/12/82	53.5	<2	10/04/83	25.1	<2	08/04/85	38.5	<2
Domfront (la Varenne)	1981-2004	198	M3103010	-	-	-	20/12/82 7:33	38.5	8	6/4/83 7:50	14.2	<2	8/4/85 0:08	12.6	<2
St-Fraimbault (la Mayenne)	1971-2005	1850	M3230920	13/02/79	113 (106)	<2	21/12/82	162 (221)	4	10/04/83	66.5	<2	08/04/85	86.5	<2
Moulay (l'Aron)	1973-2005	188	M3253110	11/02/79	13.7	<2	20/12/82 13:50	29.3	9	10/4/83 11:05	9,86 (10,6)	<2	7/4/85 15:51	22	3
Ernée (l'Ernée)	1989-2005	115	M3313010	13/02/79	3.5	<2	20/12/82	14	7	18/04/83	3.9	<2	07/04/85	5.05	<2
Vaugeois (l'Ernée)	1968-2005	375	M3323010	10/02/79	17.3	<2	20/12/82 16:52	42.3	4	9/4/83 21:10	18,2 (20,7)	<2	7/4/85 15:38	36.8	2
Ecluse de Bonne (la Mayenne)	1971-2005	2890	M3340910	13/02/79	156 (161)	<2	21/12/82	372	6	10/04/83	132.0	<2	07/04/85	238	<2
Forcé (la Jouanne)	1968-2005	410	M3423010	12/02/79	39.5	2	21/12/82 2:08	59.1	5	10/4/83 16:52	34,2 (36,7)	<2	8/4/85 14:19	51.2	3
Nuillé/Vicoïn (le Vicoïn)	1973-2005	235	M3504010	11/02/79	20.3	<2	20/12/82 14:44	42.3	4	10/4/83 2:51	21,5 (26,7)	<2	8/4/85 15:57	25,1 (25,9)	<2
Pont d'Ouette (l'Ouette)	1985-2005	118	M3514010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Château Gontier (la Mayenne)	1969-2005	3910	M3600910	12/2/79 5:08	265.0	<2	21/12/82	637	15	10/04/83	229.0	<2	08/04/85	344	2
Chambellay (la Mayenne)	1966-2005	4160	M3630910	12/02/79	213.0	<2	21/12/82	682	15	10/04/83	217.0	<2	08/04/85	368	2
Cossé-le-Vivien (l'Oudon)	1988-2005	133	M3711810	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Boissière (le Chéran)	1972-2005	85	M3774010	05/02/79	7.1	<2	20/12/82 12:27	9.14	2	10/4/83 1:59	8,41 (8,95)	<2	7/4/85 22:22	8.58	2
Marcillé (l'Oudon)	1972-2005	734	M3771810	14/02/79	39.7	<2	21/12/82 5:05	75	5	10/4/83 18:05	60,8 (63,2)	3	8/4/85 9:31	66.1	3
Basse Rivière (l'Argos)	1982-2005	153	M3834030	-	-	-	20/12/82	17.8	2	9/4/83 18:28	28.4	5	7/4/85 18:51	24.3	3
Port-aux-Anglais (l'Oudon)	1969-2001	1409	M3861810	-	-	-	21/12/82	153	6	10/04/83	120.0	3	08/04/85	105	3
Le Loir															
Trizay (l'Ozanne)	1972-2005	268	M1034020	12/2/79 4:55	32.0	<2	21/12/82 4:19	45.1	3	10/4/83 3:14	60.2	8	8/4/85 10:39	43.9	3
St-Maur (le Loir)	1967-2005	1160	M1041610	-	-	-	21/12/82 8:13	75.7	3	10/4/83 11:46	127.0	14	8/4/85 18:10	84.9	4
Villavard (le Loir)	1967-2005	4545	M1151610	-	-	-	21/12/82 10:11	121	3	11/4/83 11:09	256.0	35	10/4/85 11:20	116	3
La Caboché (la Brayé)	1968-2005	270	M1213010	12/02/79	19.7	<2	20/12/82 18:10	22,6 (29,8)	4	9/4/83 20:41	32,7 (36,4)	5	7/4/85 22:59	24,2 (33,2)	7
Le Petit Brives (la Veuve)	1982-2005	156	M1313010	-	-	-	20/12/82 16:50	11,5 (20,6)	3	9/4/83 13:04	19,1 (21,1)	3	7/4/85 23:49	10,2 (16,4)	2
Moulin à Tan (l'Aune)	1971-1996	224	M1463020	14/02/79	10.0	3	21/12/82	9	3	10/04/83	17 (17,2)	20	08/04/85	14,4 (15)	15
Durtal (le Loir)	1960-2005	7920	M1531610	15/2/79 9:57	294.0	7	24/12/82	224	3	13/04/83	358 (374)	20	11/4/85 23:16	202 (206)	<3

données extraites de la procédure CRUCAL de la Banque Hydro

160 (163)

débit journalier (débit instantané)

la date et l'heure obtenue dans la procédure CRUCAL étaient fausses (d'où utilisation des données journalières pour la date)

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques des crues de 1990, 1993, 1995 et 1996

Stations hydrométriques	Période disponible	Surface (km²)	Numéro station	Crue de février 1990			Crue de janvier 1993			Crue de janvier 1995			Crue de février 1996		
				Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m³/s)	Période de retour (ans)
La Sarthe															
Moulin du désert (la Sarthe)	1979-2005	908	M0050620	14/2/90 16:06	48,9 (49,8)	<2	13/1/93 22:45	118	30	24/1/95 4:30	142	60	27/2/96 5:49	78.3	5
Chiantin (le Merdereau)	1986-2005	118	M0114910	14/2/90 8:39	13.40	<2	12/1/93 9:50	18.2	4	22/1/95 6:31	20.2	6	26/2/96 2:11	18.6	5
Moulin Neuf (l'Orne Saosnoise)	1968-2005	510	M0243010	16/2/90 6:10	21.10	<2	13/1/93 19:50	23	<2	23/1/95 14:08	45	9	27/2/96 11:21	24.1	<2
Montreuil (la Sarthe)	1973-2005	2716	M0250610	16/02/90	180.00	2	13/1/93 20:00	216	3	24/1/95 2:09	314	15	27/2/96 22:22	224	4
Nogent-le-Rotrou (l'Huisne)	1972-2005	827	M0361510	16/2/90 10:11	42.10	2	13/1/93 7:01	81.4	20	23/1/95 2:12	107	90	26/2/96 17:51	26.9	<2
La Pécardière (l'Huisne)	1984-2005	1890	M0421510	17/2/90 19:10	54.90	<2	15/1/93 4:50	102	4	24/1/95 8:31	178	60	27/2/96 9:40	47.9	<2
St-Mars-la-Brière (le Narais)	1984-2005	167	M0424810	17/2/90 7:40	2.47	<2	12/1/93 16:40	4.58	2	28/1/95 14:41	7.04	8	26/2/96 15:01	2.85	<2
Parence (la Vive Parence)	1984-2005	185	M0434010	17/2/90 14:41	6.84	<2	13/1/93 20:41	7.92	<2	24/1/95 19:30	10.4	4	27/2/96 4:40	5.93	<2
Spay (la Sarthe)	1954-2005	5285	M0500610	17/02/90	224 (232)	>2	14/1/93 15:00	302	5	25/1/95 6:04	462	40	28/2/96 0:17	269	3
Asnières/Vègre (la Vègre)	1979-2005	401	M0583020	18/2/90 17:29	20.20	<2	13/1/93 5:00	43.2	4	23/1/95 12:21	66.4	15	27/2/96 10:10	36.2	3
Moulin-la-Roche (l'Erve)	1973-2005	380	M0633010	17/2/90 11:20	36.70	<2	12/1/93 21:31	55.8	4	28/1/95 22:40	54.7	3	27/2/96 9:01	39.8	<2
Bouessay (la Vaige)	1981-2005	233	M0653110	17/2/90 10:26	19.90	<2	12/1/93 17:36	26.4	2	23/1/95 0:59	35.2	4	26/2/96 18:25	39.4	5
Beffes (la Sarthe)	1970-2005	7380	M0680610	17/2/90 19:15	353	3	13/1/93 9:51	381	3	27/1/95 0:37	685	30	26/2/96 21:34	368	3
La Mayenne															
Couterne (la Mayenne)	1970-2000	521	M3040910	14/02/90	84 (89)	9	12/1/93 14:00	97.5	15	22/1/95 7:58	112	30	-	-	-
Domfront (la Varenne)	1981-2004	198	M3103010	14/2/90 9:57	43.50	15	11/1/93 18:02	44.1	15	26/1/95 13:22	47.4	22	26/2/96 9:27	22	<2
St-Fraimbault (la Mayenne)	1971-2005	1850	M3230920	15/02/90	303 (340)	25	12/1/93 12:16	274	8	23/1/95 2:02	343	30	26/2/96 22:27	187	2
Moulay (l'Aron)	1973-2005	188	M3253110	16/2/90 11:29	20.00	3	12/1/93 2:47	24.4	4	28/1/95 7:50	29	9	26/2/96 3:56	28.5	9
Emée (l'Ernée)	1989-2005	115	M3313010	14/2/90 17:52	10.10	2	12/1/93 8:57	9.26	<2	22/1/95 7:22	13.1	5	26/2/96 2:19	4.84	<2
Vaugeois (l'Ernée)	1968-2005	375	M3323010	14/2/90 22:00	40.60	3	12/1/93 10:56	55.3	9	22/1/95 20:16	79.7	26	25/2/96 23:54	32.7	2
Ecluse de Bonne (la Mayenne)	1971-2005	2890	M3340910	15/02/90	425.00	9	12/1/93 20:21	397	7	23/1/95 7:06	519	20	26/2/96 6:08	282	3
Forcé (la Jouanne)	1968-2005	410	M3423010	17/2/90 6:54	39.70	2	12/1/93 14:52	63	6	23/1/95 5:42	65.6	7	26/2/96 17:47	79.7	15
Nuillé/Vicoïn (le Vicoïn)	1973-2005	235	M3504010	17/2/90 17:38	12.90	<2	12/1/93 10:59	49.4	7	23/1/95 3:07	44.2	5	26/2/96 4:32	48.9	7
Pont d'Ouette (l'Ouette)	1985-2005	118	M3514010	17/2/90 1:20	10.40	2	12/1/93 11:13	12.6	3	22/1/95 13:30	12	3	26/2/96 3:53	14.1	4
Château Gontier (la Mayenne)	1969-2005	3910	M3600910	15/02/90	484.00	5	13/01/93	545	7	23/1/95 10:06	685	20	26/2/96 9:38	480	5
Chambellay (la Mayenne)	1966-2005	4160	M3630910	15/02/90	518.00	5	13/1/93 5:41	545	6	23/1/95 18:04	727	18	26/2/96 16:00	555	7
Cossé-le-Vivien (l'Oudon)	1988-2005	133	M3711810	15/2/90 0:20	12.30	<2	12/1/93 19:10	16.1	3	28/1/95 13:39	15.7	2	26/2/96 9:50	18.3	4
La Boissière (le Chéran)	1972-2005	85	M3774010	12/2/90 6:50	6,88 (7,73)	<2	12/1/93 13:55	9.5	3	22/1/95 8:05	18.2	11	26/2/96 4:23	23.2	30
Marcillé (l'Oudon)	1972-2005	734	M3771810	15/2/90 18:25	40.50	<2	12/1/93 21:10	56.5	3	23/1/95 5:41	99.6	11	27/2/96 1:00	109	15
Basse Rivière (l'Argos)	1982-2005	153	M3834030	14/2/90 22:39	13.50	<2	11/1/93 19:49	26.6	4	28/1/95 8:51	23.4	3	26/2/96 8:51	29	5
Port-aux-Anglais (l'Oudon)	1969-2001	1409	M3861810	15/02/90	87 (89)	2	13/1/93 6:23	116	3	23/1/95 17:34	253	40	27/2/96 0:59	229	28
Le Loir															
Trizay (l'Ozanne)	1972-2005	268	M1034020	12/2/90 15:23	18.50	<2	13/1/93 2:19	51.1	5	22/1/95 20:05	65.2	11	26/2/96 23:25	10	<2
St-Maur (le Loir)	1967-2005	1160	M1041610	17/2/90 8:36	26.50	<2	13/1/93 6:01	94.6	5	23/1/95 4:23	147	25	27/2/96 9:50	16.5	<2
Villavard (le Loir)	1967-2005	4545	M1151610	18/2/90 0:05	75.20	<2	-	-	-	25/1/95 19:40	244	30	27/2/96 5:32	34.2	<2
La Caboche (la Braye)	1968-2005	270	M1213010	12/2/90 10:39	16.60	<2	12/1/93 10:40	38.1	9	22/1/95 3:40	46.4	20	26/2/96 18:50	14	<2
L'Yerre à Saint-Hilaire-sur-Yerre	1993-2005	297	M1114011	-	-	-	-	-	-	22/1/95 15:01	90	20	26/2/96 22:55	7.96	<2
Le Petit Brives (la Veuve)	1982-2005	156	M1313010	17/2/90 0:01	5.85	<2	12/1/93 2:00	21	4	22/1/95 11:31	21	4	13/02/96	5	<2
Moulin à Tan (l'Aune)	1971-1996	224	M1463020	14/2/90 18:30	3.96	<2	13/1/93 14:31	13	7	23/1/95 13:00	16	15	27/2/96 11:31	4.83	<2
Durtal (le Loir)	1960-2005	7920	M1531610	20/2/90 15:48	124	<2	16/1/93 2:41	215	3	29/1/95 1:22	454	55	28/2/96 1:37	82.7	<2

160 (163) données extraites de la procédure CRUCAL de la Banque Hydro
débit journalier (débit instantané)
la date et l'heure obtenue dans la procédure CRUCAL étaient fausses (d'où utilisation des données journalières pour la date)

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des débits caractéristiques des crues de 1997, 1999, 2001 et 2004

Stations hydrométriques	Période disponible	Surface (km ²)	Numéro station	Crue de février 1997			Crue de décembre 1999			Crue de janvier 2001			Crue de janvier 2004		
				Date du max	Débit max (m ³ /s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m ³ /s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m ³ /s)	Période de retour (ans)	Date du max	Débit max (m ³ /s)	Période de retour (ans)
La Sarthe															
Moulin du désert (la Sarthe)	1979-2005	908	M0050620	26/2/97 7:00	57.7	2	28/12/99 9:30	124.0	40	6/1/01 23:50	98.5	12	14/1/04 20:10	74.1	4
Chiantin (le Merdereau)	1986-2005	118	M0114910	25/2/97 15:50	20.5	6	25/12/99 6:51	17.5	4	5/1/01 14:56	19.8	5	13/1/04 19:31	18.3	4
Moulin Neuf (l'Orne Saosnoise)	1968-2005	510	M0243010	27/2/97 6:21	31.5	3	29/12/99 18:11	37.4	5	6/1/01 20:05	43.3	8	15/1/04 5:23	33.9	4
Montreuil (la Sarthe)	1973-2005	2716	M0250610	27/2/97 6:10	232.0	4	29/12/99 11:30	303.0	12	7/1/01 3:40	312.0	14	15/1/04 3:50	224	4
Nogent-le-Rotrou (l'Huisne)	1972-2005	827	M0361510	27/2/97 1:56	57.8	5	28/12/99 5:40	62.5	6	6/1/01 19:12	74.5	13	13/1/04 23:23	64.4	7
La Pécardière (l'Huisne)	1984-2005	1890	M0421510	28/2/97 5:21	91.4	3	28/12/99 20:21	136.0	12	7/1/01 8:01	125.0	10	15/1/04 15:11	108	6
St-Mars-la-Brière (le Narais)	1984-2005	167	M0424810	26/2/97 10:00	5.67	4	28/12/99 8:31	9.21	22	6/1/01 7:01	8.98	20	14/1/04 0:40	9.81	30
Parence (la Vive Parence)	1984-2005	185	M0434010	26/2/97 22:26	7.97	2	29/12/99 5:51	10.2	4	6/1/01 11:01	10.3	4	15/1/04 5:01	8.86	3
Spay (la Sarthe)	1954-2005	5285	M0500610	27/2/97 22:20	302.0	5	29/12/99 22:31	431.0	30	7/1/01 22:31	420.0	20	15/1/04 19:30	328	7
Asnières/Vègre (la Vègre)	1979-2005	401	M0583020	26/2/97 20:41	61.9	10	28/12/99 18:01	53.0	7	6/1/01 13:43	64.1	12	14/1/04 10:11	71	20
Moulin-la-Roche (l'Erve)	1973-2005	380	M0633010	26/2/97 5:09	81.0	10	28/12/99 3:48	74.7	8	5/1/01 22:51	94.1	20	14/1/04 2:31	96.2	22
Bouessay (la Vaige)	1981-2005	233	M0653110	26/2/97 10:35	38.1	5	28/12/99 23:46	41.3	6	6/1/01 14:27	36.1	4	14/1/04 8:04	49.8	12
Beffes (la Sarthe)	1970-2005	7380	M0680610	27/2/97 0:43	406.0	4	28/12/99 20:53	561.0	11	6/1/01 13:04	504.0	8	14/1/04 15:10	447	4
La Mayenne															
Couterne (la Mayenne)	1970-2000	521	M3040910	-	-	-	28/12/99 8:03	95.0	12	-	-	-	-	-	-
Domfront (la Varenne)	1981-2004	198	M3103010	26/2/97 1:45	17.6	<2	28/12/99 9:23	43.3	15	6/1/01 1:57	37.2	7	13/1/04 23:38	29.9	3
St-Frambault (la Mayenne)	1971-2005	1850	M3230920	26/2/97 12:50	160.0	<2	28/12/99 18:17	268.0	8	6/1/01 9:27	277.0	9	14/1/04 9:40	242	5
Moulay (l'Aron)	1973-2005	188	M3253110	26/2/97 0:01	24.6	5	28/12/99 7:51	21.4	3	5/1/01 19:29	27.9	8	14/1/04 0:51	21.9	3
Ernée (l'Ernée)	1989-2005	115	M3313010	25/2/97 20:32	7.98	<2	28/12/99 10:50	13.4	5	5/1/01 13:06	14.3	8	13/1/04 21:40	11.8	4
Vaugeois (l'Ernée)	1968-2005	375	M3323010	25/2/97 20:35	40.9	3	28/12/99 16:51	56.0	8	5/1/01 0:01	71.7	22	13/1/04 20:01	59.3	11
Ecluse de Bonne (la Mayenne)	1971-2005	2890	M3340910	26/2/97 2:09	265.0	2	28/12/99 22:50	403.0	8	6/1/01 1:30	481.0	15	14/1/04 16:10	325	4
Forcé (la Jouanne)	1968-2005	410	M3423010	26/2/97 16:16	62.1	5	28/12/99 19:42	64.4	7	6/1/01 10:26	78.5	14	14/1/04 13:01	68.4	8
Nuillé/Vicoïn (le Vicoïn)	1973-2005	235	M3504010	25/2/97 21:21	46.4	5	28/12/99 2:13	49.7	7	5/1/01 21:50	51.5	7	13/1/04 20:52	44.3	4
Pont d'Ouette (l'Ouette)	1985-2005	118	M3514010	25/2/97 15:37	11.9	2	27/12/99 21:11	15.4	4	5/1/01 10:01	15.8	4	13/1/04 14:41	18.2	8
Château Gontier (la Mayenne)	1969-2005	3910	M3600910	26/2/97 3:50	388.0	3	28/12/99 8:20	544.0	8	6/1/01 4:00	665.0	18	14/1/04 5:00	469	5
Chambellay (la Mayenne)	1966-2005	4160	M3630910	26/2/97 7:43	486.0	4	29/12/99 18:21	625.0	10	6/1/01 14:33	768.0	22	14/1/04 7:41	522	5
Cossé-le-Vivien (l'Oudon)	1988-2005	133	M3711810	26/2/97 6:50	18.9	4	28/12/99 8:01	24.8	8	5/1/01 23:50	23.6	7	14/1/04 5:10	18.8	4
La Boissière (le Chéran)	1972-2005	85	M3774010	26/2/97 0:08	19.8	18	28/12/99 2:31	21.3	21	5/1/01 16:21	19.6	17	14/1/04 2:41	17.5	10
Marcillé (l'Oudon)	1972-2005	734	M3771810	26/2/97 8:11	98.0	11	28/12/99 13:38	137.0	40	6/1/01 0:35	115.0	20	14/1/04 12:30	69.9	4
Basse Rivière (l'Argos)	1982-2005	153	M3834030	25/2/97 20:11	20.1	2	28/12/99 5:26	35.0	9	5/1/01 18:01	44.2	20	13/1/04 23:40	19.9	2
Port-aux-Anglais (l'Oudon)	1969-2001	1409	M3861810	26/2/97 21:33	192.0	12	26/12/99 0:01	176.0	10	-	-	-	-	-	-
Le Loir															
Trizay (l'Ozanne)	1972-2005	268	M1034020	26/2/97 10:55	43.8	3	25/12/99 21:00	48.6	4	6/1/01 4:56	46.4	4	14/01/04	55	6
St-Maur (le Loir)	1967-2005	1160	M1041610	26/2/97 16:49	117.0	7	28/12/99 22:10	92.1	5	6/1/01 16:45	102.0	6	14/1/04 11:10	134	16
Villavard (le Loir)	1967-2005	4545	M1151610	28/2/97 14:45	136.0	4	28/12/99 15:03	223.0	17	6/1/01 2:25	131.0	3	16/1/04 2:00	176	8
La Caboche (la Braye)	1968-2005	270	M1213010	26/2/97 0:01	36.8	7	28/12/99 5:54	36.1	7	5/1/01 15:17	26.4	4	13/1/04 18:48	49.3	30
L'Yerre à Saint-Hilaire-sur-Yerre	1993-2005	297	M1114011	25/2/97 18:50	17.5	<2	28/12/99 13:11	42.5	2	5/1/01 22:26	34.7	<2	14/1/04 3:29	81.6	15
Le Petit Brives (la Veuve)	1982-2005	156	M1313010	25/2/97 23:49	18.9	3	28/12/99 2:41	26.4	7	5/1/01 14:16	23.9	6	13/1/04 16:46	24.1	5
Moulin à Tan (l'Aune)	1971-1996	224	M1463020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Durtal (le Loir)	1960-2005	7920	M1531610	2/3/97 0:43	225.0	3	31/12/99 17:03	360.0	17	8/1/01 21:53	285.0	7	17/1/04 7:01	375	20

en italique = valeur douteuse

données extraites de la procédure CRUCAL de la Banque Hydro

6 DESCRIPTION DES DONNEES POUR LES 16 CRUES A ETUDIER ET PREMIERS COMMENTAIRES

6.1 SOURCES DES DONNEES

Les données pluviométriques ont toutes été recueillies auprès de Météo France.

Concernant les données hydrométriques et limnimétriques, il existe deux sources de données :

- les stations de la DIREN (présentées sur les 3 figures A3 de l'annexe 1) dont les données sont disponibles dans la Banque Hydro sous forme d'hydrogrammes (à pas de temps variable) et/ou sous forme de courbes hauteur-temps (également à pas de temps variable),
- les stations du SPC (Service de Prévision des Crues) utilisées pour la présente étude qui sont présentées à la fin de l'annexe 1. Les relevés d'échelles au niveau de ces stations se faisaient manuellement, depuis quelques années ces stations ont été automatisées (création du réseau de mesure CRISTAL qui permet la mesure des niveaux d'eau et de pluie en temps réel)

Concernant les données hydrométriques, les hydrogrammes des 16 événements à étudier ont été extraits de la Banque Hydro au niveau des différentes stations du bassin de la Maine lorsqu'ils étaient disponibles. La procédure « CRUCAL » de la Banque Hydro qui permet de faire un ajustement statistique sur les débits maximums instantanés annuels (par année hydrologique de septembre à août) a permis de compléter quelques maximums de certaines crues alors que l'hydrogramme n'était pas disponible (dans ce cas seul, le jour du maximum est connu mais pas l'heure exacte). Enfin, lorsque les hydrogrammes ne pouvaient pas être extraits de la Banque Hydro (pour les crues antérieures à 1993), ce sont les débits journaliers qui ont alors été utilisés ainsi que les limnigrammes disponibles.

Les différentes données extraites de la Banque Hydro sont récapitulées dans les tableaux fournis en annexe 1.

Concernant les données limnimétriques, la liste des maxima annuels nous a été fournie par le Service de Prévision des Crues Maine et Loire aval basé à Angers sous forme de fichier Excel pour les stations suivantes :

- pour l'Huisne : Connerré, La Ferté, Le Mans, Nogent-le-Rotrou, Rémalard,
- pour le Loir : Bonneval, Châteaudun, Cloyes, La Chartre, La Flèche, Le Lude, Vendôme,
- pour la Mayenne : Chambellay, Château-Gontier, Laval, Mayenne,
- pour l'Oudon : Craon, Maingué,
- pour la Sarthe : Alençon, Beaumont, la Suze, Le Mans les Planches, Sablé, Spay.

D'autres fichiers Excel plus précis (contenant les maximums des crues avec date et heure) nous ont été fournis sur la Sarthe, l'Huisne et le Loir par la DDE d'Angers.

Des données limnimétriques sous format papier concernant les 16 crues d'étude nous ont été fournies par le SPC d'Angers. Elles ont servi à dresser un tableau récapitulatif

concernant les cotes maximales atteintes sur les différentes stations du Service de Prévision des Crues pour les 16 crues étudiées. Ce tableau 9 a été fait pour le Loir, la Sarthe, l'Huisne, l'Oudon et la Mayenne. Il est présenté page suivante. Ce tableau est parfois incomplet, car pour une crue donnée, tous les sous-bassins versants ne sont pas forcément en crue ou tout au moins au-dessus du seuil d'alerte pour lequel commencent les relevés aux échelles. Les données de ce tableau ont également été complétées par d'autres documents :

- classement par hauteurs décroissantes à Châteaudun de 1879 à 1985 (les données à Cloyes et Bonneval y sont également indiquées) mais l'information obtenue ne donne pas l'heure du maximum dans la journée,
- liste manuscrite des crues du Loir à Bonneval fournie par l'adjoint au maire de Bonneval,
- limnigrammes concernant les crues d'étude à Vendôme et Châteaudun fournis par la DDE de Vendôme,
- tableaux des maxima annuels fournis par le SPC (cf § précédent).

Lorsque la cote maximale à une station est observée pendant plusieurs heures d'affilées, nous avons pris l'heure moyenne.

Les crues les plus anciennes de 1961 et 1966 sont pauvres en données hydrométriques car il y avait très peu de stations à cette époque.




Lorsque les hydrogrammes n'étaient pas disponibles dans la Banque Hydro, les courbes hauteur-temps l'étaient parfois. Un tableau (n°10) a donc été réalisé dans le même esprit que le précédent au niveau de quelques stations DIREN. Il permet de compléter les données au niveau de certaines crues. Pour le bassin de l'Huisne, les informations fournies dans le tableau n°9 ont été jugées suffisantes. C'est pourquoi il n'apparaît pas dans le tableau n°10.

Chaque crue fait l'objet d'une annexe (annexes 10 à 25) rassemblant les différents hydrogrammes récupérés. Lorsqu'il n'est pas indiqué la nature de l'hydrogramme sur le graphique, il s'agit de débits instantanés. A la fin de l'annexe 1, des tableaux récapitulent par sous-bassin versant, les hydrogrammes et les limnigrammes qui ont pu être récupérés. Afin d'homogénéiser les informations, les graphes ont été tracés de la même façon pour les différentes crues. Lorsqu'un hydrogramme n'était pas dans la Banque Hydro, il n'est donc pas tracé sur le graphe.

**TABLEAU 10 : TABLEAUX RECAPITULATIFS DES COTES MAXIMALES ATTEINTES
POUR LES 16 CRUES ETUDIEES (d'après données des stations de la DIREN)**

Crue	Le Loir			
	Port-Gautier		Durtal	
janv-61				
janv-66			28/1/66 18:38	2,10
oct-66			27/10/66 12:21	0,90
			10/11/66 10:00	1,41
nov-74				
févr-79			15/2/79 9:57	1,93
déc-82			24/12/82 5:48	1,63
avr-83			13/4/83 2:02	2,50
avr-85			11/4/85 19:32	1,51
févr-90	17/2/90 0:40	2,68	20/2/90 15:48	0,93
janv-93	13/1/93 17:40	2,99	16/1/93 5:31	1,53
janv-95	23/1/95 18:59	3,23		
	26/1/95 16:39	3,33		
	29/1/95 12:01	3,21	29/1/95 1:22	2,87
févr-96	27/2/96 11:06	1,50	27/2/96 23:30	0,67
févr-97	27/2/97 13:53	2,93	2/3/97 0:43	1,59
déc-99	14/12/99 22:53	2,63	19/12/99 7:03	1,10
	20/12/99 22:18	2,56	23/12/99 8:10	1,07
	29/12/99 6:49	3,28	31/12/99 17:03	2,34
janv-01	7/1/01 2:35	3,07	8/1/01 21:53	1,85
janv-04	14/1/04 19:45	3,40	17/1/04 7:20	2,37

Crue	La Sarthe							
	Saint-Céneri-le-Gérei		Souillé		Spay		Beffes	
janv-61								
janv-66								
oct66/nov66					27/10/66 11:25	2,74		
					11/11/66 19:39	2,92		
nov-74								
févr-79	12/2/79 7:52	2,94					14/2/79 13:25	1,49
déc-82	21/12/82 11:54	3,07					21/12/82 3:32	1,33
avr-83	10/4/83 21:04	2,19					10/4/83 22:46	1,30
avr-85	8/4/85 23:48	2,89					8/4/85 9:52	1,37
févr-90	14/2/90 19:07	2,79	15/2/90 12:00	2,78			17/2/90 13:49	1,22
janv-93	13/1/93 22:45	3,43	13/1/93 19:35	2,81			13/1/93 7:19	1,27
janv-95	20/1/95 22:59	1,83	20/1/95 23:28	1,72	21/1/95 6:30	1,11	23/1/95 21:36	1,47
	23/1/95 23:59	3,66	23/1/95 20:24	3,23	25/1/95 7:54	3,06	27/1/95 0:37	2,19
	28/1/95 11:15	3,45	29/1/95 11:31	3,24	30/1/95 4:50	2,99	29/1/95 0:52	2,15
févr-96	27/2/96 7:14	3,00	27/2/96 10:33	2,84	28/2/96 0:17	1,88	26/2/96 23:41	1,24
févr-97	26/2/97 7:00	2,74	27/2/97 4:44	2,88	27/2/97 22:20	2,06	27/2/97 0:43	1,33
déc-99	14/12/99 12:45	2,91	14/12/99 4:34	2,94	15/12/99 1:02	1,92	15/12/99 17:07	1,17
	19/12/99 17:20	2,14	19/12/99 19:32	1,93	20/12/99 4:19	1,33	20/12/99 3:39	0,95
	28/12/99 11:35	3,49	29/12/99 7:03	3,35	29/12/99 19:30	2,89	28/12/99 20:53	1,78
janv-01	6/1/01 22:35	3,23	6/1/01 21:50	3,40	7/1/01 22:31	2,81	6/1/01 11:54	1,60
janv-04	14/1/04 20:45	2,96	15/1/04 4:05	2,99	15/1/04 19:30	2,19	14/1/04 15:10	1,46

 1^{ère} cote la plus haute à la station parmi les 16 crues
 2^{ème} cote la plus haute à la station parmi les 16 crues
 3^{ème} cote la plus haute à la station parmi les 16 crues

Crue	L'Oudon				La Mayenne									
	Cossé-le-Vivien		Marcellé		Andigné		Saint-Fraimbault		Bonne		Château-Gontier		Chambellay	
janv-61														
janv-66														
oct-66														
nov-74														
févr-79			12/2/79 14:46	2,40					13/2/79 9:26	1,16	12/2/79 5:08	2,13		
déc-82			21/12/82 6:27	2,90	21/12/82 15:57	2,06			21/12/82 11:03	1,89	21/12/82 11:25	3,48	21/12/82 21:55	1,61
avr-83			10/4/83 17:09	2,71	10/4/83 16:08	1,74			10/4/83 10:01	1,06	10/4/83 13:07	2,09	10/4/83 13:22	0,82
avr-85			8/4/85 7:28	2,76	8/4/85 13:45	1,48	8/4/85 23:30	3,05	7/4/85 20:53	1,43	8/4/85 2:30	2,50	8/4/85 7:39	1,02
févr-90	15/2/90 0:59	2,32	15/2/90 19:44	2,35	15/2/90 17:36	1,13	15/2/90 2:20	4,65	15/2/90 9:56	2,07	15/2/90 15:52	3,00	15/2/90 22:13	1,32
janv-93	12/1/93 19:34	2,94	12/1/93 19:47	2,61	13/1/93 6:22	1,52	12/1/93 12:16	4,33	12/1/93 20:21	1,97			13/1/93 6:26	1,49
janv-95	20/1/95 1:00	2,00	21/1/95 0:25	2,71	21/1/95 4:12	1,51	21/1/95 1:48	3,33	20/1/95 13:36	1,34	23/1/95 10:06	3,60	23/1/95 20:10	2,15
	23/1/95 1:00	2,76	23/1/95 5:41	3,20	23/1/95 17:34	2,70	23/1/95 2:02	4,79	23/1/95 7:06	2,34	26/1/95 22:16	3,44	27/1/95 6:59	2,38
28/1/95 12:39	2,82	26/1/95 19:40	3,09	26/1/95 22:32	2,50	28/1/95 20:03	4,79	29/1/95 3:05	2,20	29/1/95 7:01	3,31	29/1/95 12:30	2,59	
févr-96	26/2/96 8:25	2,97	27/2/96 1:00	3,29	27/2/96 0:59	2,49	26/2/96 20:59	3,67	26/2/96 7:30	1,58	26/2/96 9:38	2,98	26/2/96 16:00	1,53
févr-97	26/2/97 6:30	2,87	26/2/97 8:11	3,10	26/2/97 21:33	2,12	26/2/97 12:50	3,43	26/2/97 1:24	1,52	26/2/97 3:50	2,67	26/2/97 7:43	1,25
déc-99	12/12/99 23:08	2,53	13/12/99 2:21	2,45	13/12/99 3:12	1,18	13/12/99 11:03	4,21	13/12/99 19:00	1,69	13/12/99 20:00	2,59	14/12/99 8:58	0,96
	18/12/99 22:49	1,96	19/12/99 2:12	1,98	19/12/99 2:49	0,93	19/12/99 18:24	3,45	19/12/99 16:35	1,31	19/12/99 18:20	2,09	20/12/99 3:02	0,78
	28/12/99 8:01	3,06	28/12/99 16:41	3,49	26/12/99 0:01	1,99*	25/12/99 22:32	4,01	26/12/99 13:05	1,77	28/12/99 8:20	3,19	29/12/99 15:32	1,79
janv-01	5/1/01 23:23	3,02	6/1/01 2:47	3,27			6/1/01 10:00	4,35	6/1/01 1:30	2,23	6/1/01 4:27	3,54	6/1/01 12:28	2,28
janv-04	14/1/04 5:35	2,86	14/1/04 12:30	2,79			14/1/04 9:40	4,11	14/1/04 15:35	1,73	14/1/04 5:00	2,93	14/1/04 7:41	1,39

* limni incomplet

6.2 CRUE DE JANVIER 1961

6.2.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1960 à décembre 1960 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 30/11/1960 au 30/12/1960 (données journalières)

Période intense : du 31/12/1960 au 4/01/1961, soit 5 jours (données journalières)

La période préparatoire a été particulièrement pluvieuse. Sur les 16 crues étudiées, c'est cette crue qui présente la période préparatoire le plus en excédent. Les lames d'eau écoulées du mois de septembre à décembre 1960 sont plus de 2 fois supérieures à la moyenne dans la partie sud du bassin versant. Le bassin versant de la Sarthe est celui pour lequel cet excédent est le plus prononcé. Globalement à l'échelle du bassin versant, cet excédent est compris dans une fourchette de 1.5 à 2 par rapport à la normale.

Le mois précédent la période intense a été particulièrement pluvieux au niveau des collines du Perche avec un cumul mensuel de 148 mm. Ont été également bien arrosés l'extrémité nord-ouest du bassin versant de la Maine et le haut du bassin de la Vègre. A l'opposé, la zone de la Beauce a été moins touchée avec un cumul pluviométrique mensuel de l'ordre de 85 mm.

L'épisode intense est localisé principalement sur le bassin versant du Loir, avec des pointes pluvieuses d'environ 80 mm du 31/12/1960 au 4/1/1961. Comparativement le bassin de la Mayenne est le moins touché (de l'ordre de 30 mm sur ces 5 jours). Le cumul pluviométrique sur le bassin de la Sarthe se situe plutôt aux alentours de 40 mm sur ces 5 jours.

6.2.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

Seules, deux stations hydrométriques étaient en fonction lors de cette crue :

- la Sarthe à Spay,
- le Loir à Durtal.

Les hydrogrammes ne sont pas disponibles dans la Banque Hydro, seuls les débits journaliers ont pu être extraits.

Il n'y a pas d'information concernant le bassin versant de la Mayenne.

Le débit journalier maximal sur le Loir a été enregistré le 6 janvier 1961 et était de 440 m³/s (période de retour > 50 ans). Le débit est passé de 150 à 440 m³/s en 4 jours (+72,5 m³/s par jour en moyenne) pour redescendre à 150 m³/s en 7 jours.

Sur la Sarthe à Spay, un premier pic a été observé le 22 décembre 1960 avec 282 m³/s de débit journalier avec une montée de 100 à 282 m³/s en 2 jours (+91 m³/s par jour en moyenne) et une descente en 4 jours (à la même date sur le Loir, il n'y a pas eu d'enregistrement de données). Puis un plateau à 200 m³/s (correspondant à une crue de période de retour de l'ordre de 2 ans, d'après ajustement avec les débits journaliers) a été observé du 3 au 13 janvier 1961, donc au même moment que le pic de crue sur le Loir.

6.2.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Concernant les cotes aux échelles (voir tableau 9), il existe un peu plus d'informations sur cette crue de janvier 1961. Il s'agit de la plus forte en cote observée sur le Loir parmi les 16 crues étudiées. Au niveau de la Sarthe, cette crue se situe environ à la 7^{ème} position parmi les 16 crues. Sur l'Huisne, c'est en aval de Connerré où la crue est plus importante avec la 3^{ème} place en cote.

Au niveau du bassin de la Mayenne, les seules cotes dont on dispose sont sur l'Oudon à Craon avec 2,20 m le 4/1/61 à 8h00, à Maingué avec 1,32 m atteint le 4 janvier 1961 et à Segré avec 1,32 le 4/1/61 à 12h00. Les points de comparaison ne sont pas nombreux sur ces stations, notamment aux stations de Craon (2 données seulement sur les 16 crues étudiées) et sur Segré (3 données sur les 16 crues étudiées). C'est à Maingué où il y a le plus de données (11 sur 16 crues étudiées). La cote à Maingué (1,32 m) n'est pas très importante par rapport au maximum qui est situé à 2,20 m. On peut penser, en l'absence d'autres données et à partir de l'analyse pluviométrique, que ce bassin aurait été moins touché que ceux du Loir et de la Sarthe.

La figure 5 présente les limnigrammes de janvier 1961 pour les bassins du Loir, de la Sarthe et de l'Huisne.

La cote d'alarme a été indiquée pour chaque station afin d'avoir un point de comparaison pour pouvoir évaluer la gravité de la crue en cote.

Il faut savoir qu'à chaque station (pour les crues étudiées entre 1961 et 1985) étaient définis des seuils de vigilance (A et B), d'alerte (1^{er} degré et 2^{ème} degré) et d'alarme qui permettaient de nuancer la gravité de la montée des eaux de manière croissante.

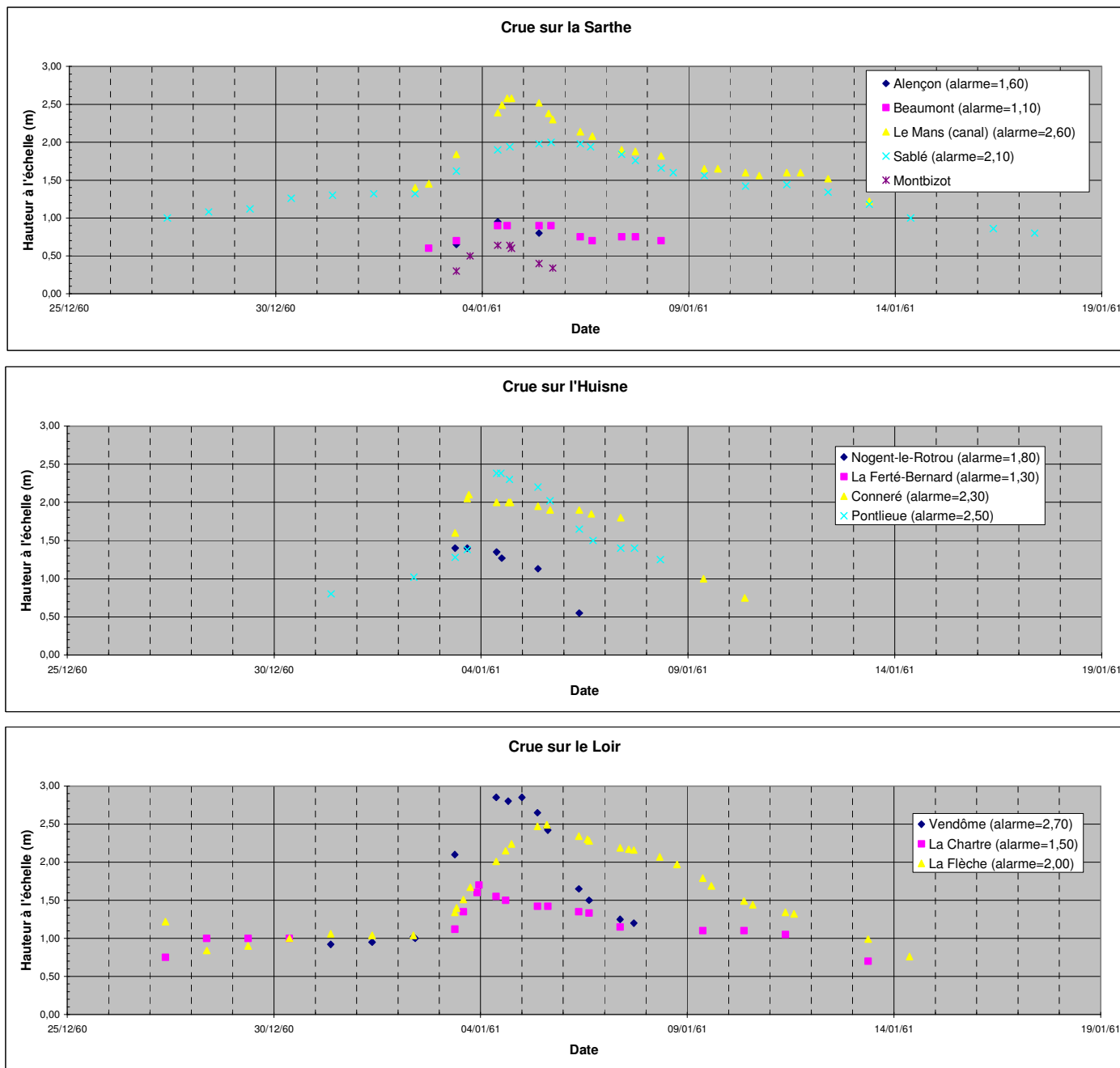
Après 1985, le système a été simplifié avec 3 niveaux de seuils comprenant une cote de vigilance, une cote de pré-alerte et une cote d'alerte.

Depuis peu et avec la création des cartes de vigilance crue accessibles sur Internet, les seuils ont été à nouveau modifiés, ils sont synthétisés dans le tableau suivant pour les stations du bassin de la Maine.

Cours d'eau	Station	Niveau 2 : Jaune		Niveau 2 : Jaune		Niveau 3 : Orange		Niveau 3 : Orange		Niveau 4 : Rouge	
		Cote (m)	Crue	Cote (m)	Crue	Cote (m)	Crue	Cote (m)	Crue	Cote (m)	Crue
L'Oudon	Craon	1,94	2003	2,16	2004			2,86	1996	3,36	100 ans
	Segré - Maingué	1,14	2004 (120 m ³ /s)	1,42	1982 (150 m ³ /s)	1,64	1997 (175 m ³ /s)	2,45	2001 (250 m ³ /s)	3	100 ans (310 m ³ /s)
La Mayenne	Mayenne	1,88	2 ans (1988) 170 m ³ /s	2,06	5 ans (2004) 240 m ³ /s	2,3	10 ans (2001) 280 m ³ /s	2,92	1995	3,4	50-70 ans (1974) 400 m ³ /s
	Laval	1,42	3 ans (1988) 310 m ³ /s	1,58	3-5 ans (2004) 325 m ³ /s	2	10-15 ans (2001) 480 m ³ /s	2,2	20-40 ans (1995) 520 m ³ /s	2,5	50-70 ans (1974) 605 m ³ /s
	Château-Gontier	1,5	2-3 ans (1988) 390 m ³ /s	1,82	4-5 ans (2004) 470 m ³ /s	1,96	7-10 ans (1993) 550 m ³ /s	2,4	20-50 ans (1995) 690 m ³ /s	2,51	50-70 ans (1974) 770 m ³ /s
	Chambellay	1,1	1988	1,77	1999	1,93	1974	2,28	2001	2,69	1995
La Sarthe amont	Alençon	1,48	2001	1,56	1960	1,86	1999	1,95	1966	2,2	1995
	Beaumont	0,84	1986	1	1998	1,2	1997	1,58	1995	1,75	1966
	Le Mans - Yssoir	1,55	2 ans (2003)	2,27	5 ans (2004)	2,8	10-15 ans (1910)	3,3	20-30 ans (1995)	3,5	50-70 ans (1960)
	Le Mans - Les Planches	1,5	2 ans (2003)	2,16	5 ans (2004)	2,7	10-15 ans (1910)	3,21	20-30 ans (1995)	3,43	50-70 ans (1960)
L'Huisne	Rémalard	2,21	2002	2,45	1999	3,07	2001	3,22	1993	3,46	1995
	Nogent-le-Rotrou	1,2	2-3 ans (1992)	1,49	5 ans (2002)	1,73	5-10 ans (1999)	2,15	20-30 ans (1993) 80 m ³ /s	2,44	50-70 ans (1995) 110 m ³ /s
	La Ferté-Bernard	0,72	2001	0,78	1993			1,4	1995	1,53	1966
	Connerré	1,66	3-5 ans (1993)	1,98	10 ans (1999)	2,1	10-20 ans (1961)	2,44	30-50 ans (1995)	2,5	50-70 ans
La Sarthe aval	Le Mans - Pontlieue	1,6	5 ans (1985)	1,9	8-10 ans (2001)	2,12	10-20 ans (1999)	2,75	20-40 ans (1995)	3,1	50-60 ans (1966)
	La Suze	1,61	2 ans (2002)	1,87	5 ans (2003) 110 m ³ /s	2,23	8-10 ans (2004)	3,36	40 ans (1995) 330 m ³ /s	3,44	50 ans (1930)
	Sablé	1,77	3-4 ans (2003)	1,88	7 ans (2004)	2,17	15 ans (2001)	2,38	20-30 ans (1999)	2,84	> 50 ans (1995)
Loir amont	Bonneval	1,2	2-5 ans (1999)	1,4	7-10 ans (1983)	1,54	10 ans (2004)	1,95	30-40 ans (1961)	2,25	50-70 ans
	Châteaudun	1,43	2-5 ans (1999)	1,59	6-8 ans (2004)	1,98	10-20 ans (1996)	2,07	20-30 ans (1961)	2,35	50-70 ans
	Vendôme	1,65	3-5 ans (2001)	2	6-8 ans (2004)	2,05	8-10 ans (1999)	2,55	20-30 ans (1996)	2,85	50 ans (1961)
Loir aval	La Chartre	1,23	3-5 ans (2001)	1,34	7-8 ans (1999)	1,4	10 ans (1995)	1,48	20 ans (2004)	1,7	50-70 ans (1961)
	Le Lude	1,52	2 ans (2000)	2	5 ans (2001)	2,28	10-20 ans (1999)	2,51	30 ans (1961)	2,7	50-70 ans
	La Flèche	1,16	2 ans (2000)	1,74	5-6 ans (2001)	2,08	10-20 ans (1999)	2,49	40 ans (1961)	2,6	50-70 ans

Niveau 1 : Vert	Situation normale	Pas de vigilance particulière requise
Niveau 2 : Jaune	Débordements localisés, coupures ponctuelles de routes, maisons isolées touchées, perturbation des activités liées au cours d'eau	Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées
Niveau 3 : Orange	Débordements généralisés, circulation fortement perturbée, évacuations	Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes
Niveau 4 : Rouge	Crue rare et catastrophique	Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.

Figure 5 : Limnigrammes sur la Sarthe, l’Huisne et le Loir pour la crue de janvier 1961 (d’après données papier du SPC)



D’après ces limnigrammes, sur le bassin versant de la Sarthe, la seule station à atteindre le seuil d’alarme est la station du Mans. On n’enregistre pas de décalage temporel négatif des pointes de crue de l’amont vers l’aval, la pointe de crue n’est donc pas du à l’arrivée d’affluents aval.

Sur le bassin versant de l’Huisne, aucune station n’atteint le seuil d’alarme, d’après la chronologie de l’enregistrement des cotes aux stations, la pointe de crue enregistrée à l’aval provient de la crue de la rivière principale amont, et non de la réaction plus rapide d’affluents. Sur le Loir, les cotes des 3 stations dépassent le seuil d’alarme. Le maximum de la crue en cote est atteint à la Chartre avant Vendôme. Entre ces deux stations, l’affluent important est

la Braye. On peut donc supposer que l'apport important de la Braye s'est fait sentir au niveau de la Chartre alors que la crue du Loir n'était pas encore passée à Vendôme.

6.3 CRUE DE JANVIER 1966

6.3.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1965 à décembre 1965 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 18/12/1965 au 18/01/1966 (données journalières)

Période intense : du 19/01/1966 au 23/01/1966, soit 5 jours (données journalières)

La période préparatoire a été particulièrement peu pluvieuse. Sur les 16 crues étudiées c'est cette crue qui présente à l'échelle du bassin le déficit pluviométrique le plus marqué par rapport à la moyenne. Les lames d'eau écoulées du mois de septembre à décembre 1965 sont de l'ordre de 2 fois inférieures à la moyenne notamment dans la partie ouest du bassin versant. Les bassins versants de la Mayenne et de la Sarthe sont ceux pour lequel ce déficit est le plus prononcé.

Le mois précédent l'épisode intense a été le plus arrosé dans les collines du Perche, à l'ouest du bassin de la Mayenne ainsi qu'en tête de ce dernier sans toutefois atteindre un cumul mensuel important (136 mm au maximum). La partie la moins arrosée est située au niveau du bassin de l'Oudon et sur la partie aval du bassin du Loir (cumul mensuel minimal de 70 mm).

En ce qui concerne l'épisode intense, les maximums sont localisés sur le bassin versant de la Sarthe (sur les sous-bassins de l'Huisne et de l'Orne Saosnoise en particulier), avec des pointes pluvieuses d'environ 70 mm du 19 au 23/01/1966. Comparativement le bassin du Loir est le moins touché (environ 40 mm sur ces 5 jours). Le bassin de la Mayenne se situe plutôt aux alentours de 50 mm sur ces 5 jours.

6.3.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

En janvier 1966, les trois stations hydrométriques en fonctionnement sont :

- la Sarthe à Spay,
- le Loir à Durtal,
- la Mayenne à Chambellay.

Les hydrogrammes ne sont pas disponibles dans la Banque Hydro, seuls les débits journaliers et les limnigrammes ont pu être extraits.

Le pic du débit journalier se situe le 28 janvier 1966 sur le Loir avec 267 m³/s (le débit instantané est de 271 m³/s, l'information provient de l'ajustement CRUCAL de la Banque Hydro qui n'indique que le jour et pas l'heure), la montée de 100 à 267 m³/s se fait en 5 jours (+33,4 m³/s par jour en moyenne) et la descente également. Le débit instantané de la pointe de crue a une période de retour de 6 ans sur le Loir.

Sur la Sarthe à Spay, le pic de crue se situe 5 jours avant celui du Loir à Durtal, soit le 23 janvier avec un débit journalier de 456 m³/s (période de retour 50 ans en considérant l'ajustement sur les débits journaliers). La montée est rapide avec un passage de 100 à 456

m³/s en 3 jours (+118,7 m³/s par jour en moyenne). La descente est un peu plus lente avec un passage à 150 m³/s en 4 jours puis à 100 m³/s 5 jours après.

Sur la Mayenne à Chambellay, le pic se situe à 322 m³/s le 24 janvier 1966. La montée se fait de 100 à 322 m³/s en 4 jours (+55,5 m³/s par jour en moyenne), la descente jusqu'à 150 m³/s en 5 jours puis jusqu'à 100 m³/s en 3,5 jours supplémentaires.

La crue de janvier 1966 a très peu touché le bassin de la Mayenne.

6.3.3 Données limnimétriques (stations SPC)

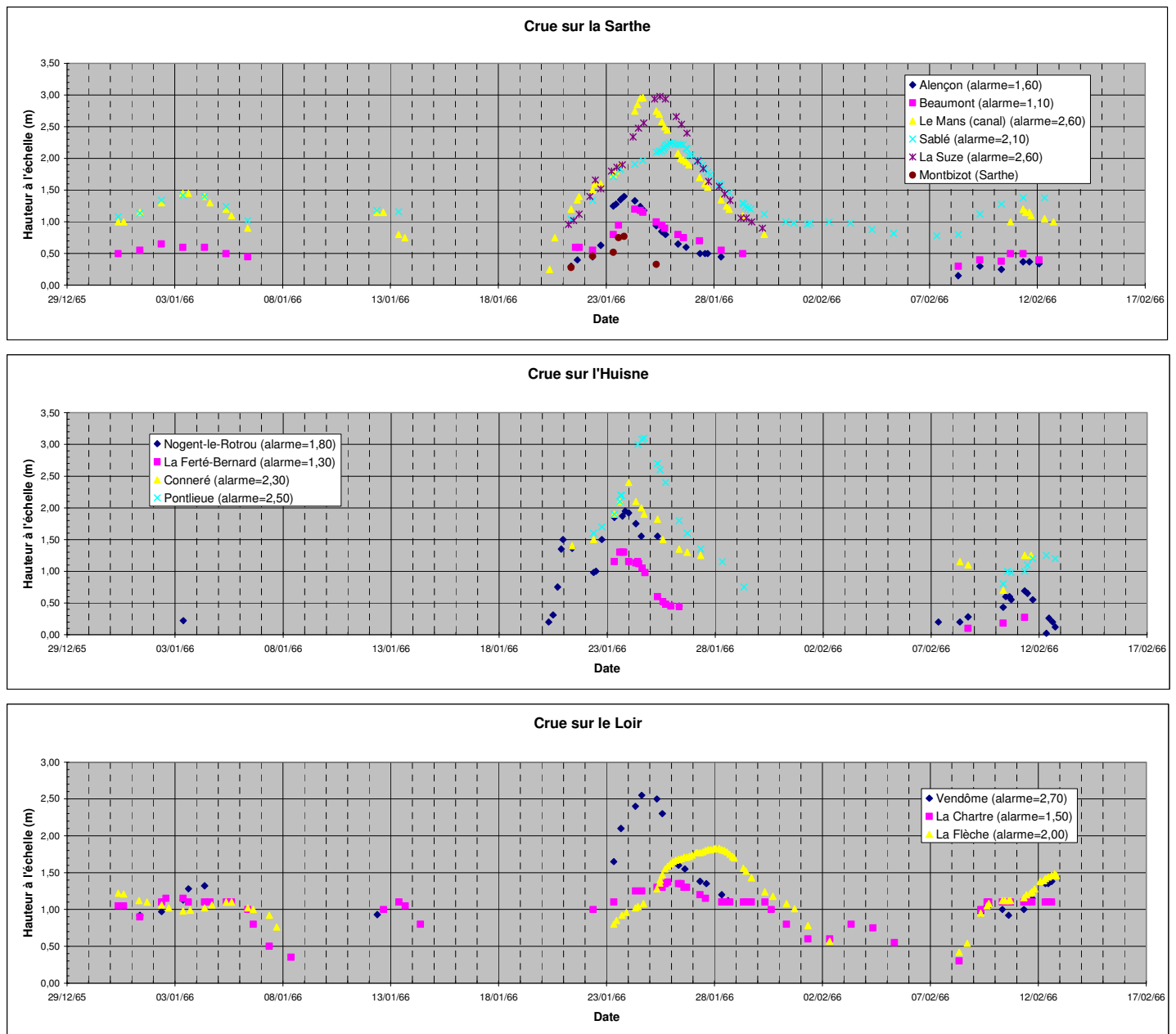
Comme pour la crue de 1961, nous disposons des données limnimétriques sur le Loir, la Sarthe et l'Huisne aux stations du SPC (voir figure 6).

Sur le Loir, il s'agit de la 2^{ème} crue la plus importante parmi les 16 crues d'étude, elle s'atténue cependant en aval (en amont de Vendôme les hauteurs maximales notées pour les crues de janvier 1961 et de janvier 1966 sont très proches (une dizaine de centimètres d'écart), alors qu'à partir de la Chartre l'écart augmente (33 cm à la Chartre et 66 cm à la Flèche).

Au niveau du bassin de la Sarthe, d'après les données limnimétriques, la crue est plus forte en aval du confluent de l'Huisne qui est également touchée de manière plus importante en aval du bassin (cote maxi observée au Mans Pontlieue parmi les 16 crues d'étude).

Il n'y a aucune donnée limnimétrique sur le bassin de la Mayenne qui a été peu touché par cette crue.

**Figure 6 : Limnigrammes sur la Sarthe, l'Huisne et le Loir pour la crue de janvier 1966
(d'après données papier du SPC)**



6.4 CRUE D'OCTOBRE-NOVEMBRE 1966

6.4.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1966 à septembre 1966 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 20/09/1966 au 20/10/1966 (données journalières)

Période intense : du 21/10/1966 au 18/11/1966, soit 29 jours (données journalières)

La période préparatoire a été peu pluvieuse. Le déficit est particulièrement prononcé à l'est du bassin versant sur le bassin du Loir (les lames d'eau écoulées du mois de septembre 1966 sont de l'ordre de 2 fois inférieures à la moyenne). Sur le bassin de la Sarthe, le déficit est moins prononcé et varie de -20 à -60 %. La Mayenne a subi le déficit le moins prononcé avec un pourcentage de l'ordre de -20 %.

Le mois précédent l'épisode intense présente une pluviométrie bien distincte de part et d'autre du bassin de la Maine :

- le bassin versant du Loir a été peu arrosé (de l'ordre de 60 mm dans la zone de la Beauce et un peu plus en aval du bassin versant),
- le bassin de l'Oudon à l'ouest qui a été particulièrement touché avec un cumul mensuel atteignant 211 mm au maximum ainsi que la partie ouest du bassin de la Mayenne et dans une moindre mesure les bassins de la Vègre, la Vaige et l'Erve.

2 pointes pluvieuses ont été importantes, la première fin octobre 1966 et la seconde début novembre 1966.

La première pointe pluvieuse a été plus prononcée sur les bassins de la Sarthe et de la Mayenne avec des cumuls parfois supérieurs à 100 mm sur la période du 21 au 28/10/1966. Le bassin du Loir a été comparativement moins arrosé.

Pour la seconde pointe pluvieuse, c'est plus fortement le bassin de la Sarthe qui a été touché (cumul pluviométrique supérieur à 100 mm sur une grande partie du bassin versant du 31/10 au 10/11/1966) et au second plan la Mayenne. Le bassin du Loir a été peu arrosé comparativement avec un cumul pluviométrique sur cette période de l'ordre de 70 mm.

6.4.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

En octobre 1966, une station supplémentaire (par rapport à la crue de janvier 1966) est en service : celle de Villavard sur le Loir.

Les hydrogrammes ne sont pas disponibles dans la Banque Hydro, seuls les débits journaliers et les limnigrammes ont pu être extraits.

Cette crue est caractérisée par deux pics bien distincts, un premier vers le 28 octobre et un deuxième vers le 10 novembre 1966.

Sur le bassin du Loir, ces deux pics sont respectivement de 84 m³/s et de 175 m³/s en débit journalier et sont de faible période de retour (inférieure à 2 ans avec ajustement sur les débits journaliers).

Sur la Sarthe à Spay, les deux pics sont très prononcés avec des débits maximums journaliers respectivement de 480 et 467 m³/s (période de retour > 50 ans). Au niveau du premier pic, la crue a une vitesse de montée importante (passage de 100 à 450 m³/s en 2 jours soit +175 m³/s par jour en moyenne) et une descente aussi rapide. Au niveau du 2^{ème} pic, la montée de la crue est un peu plus lente (passage de 100 à 450 m³/s en 5 jours soit +70 m³/s par jour en moyenne et une descente en 3 jours).

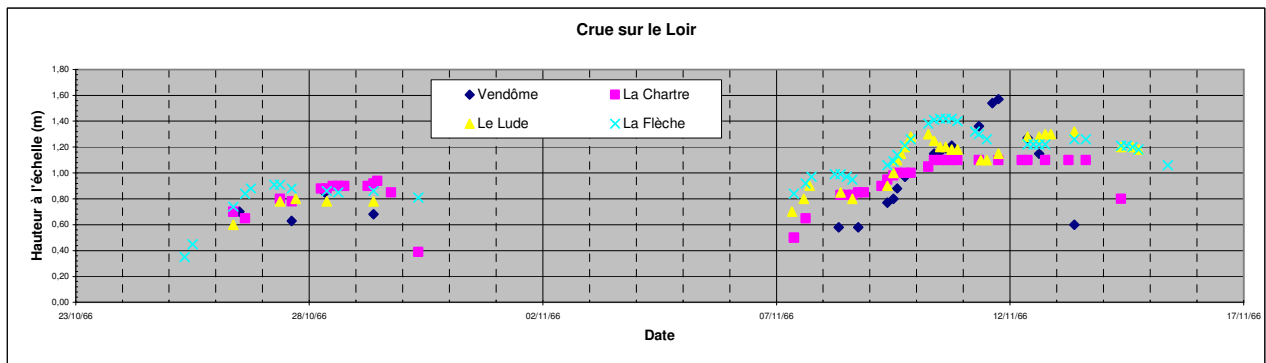
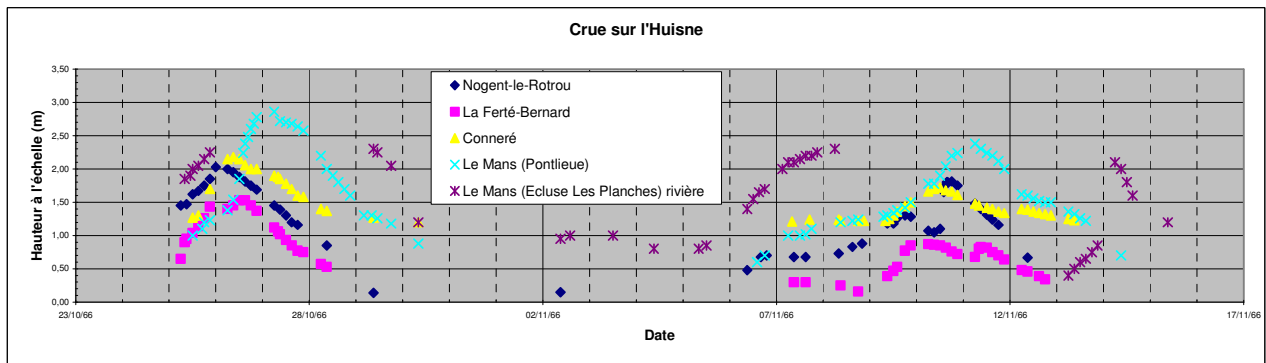
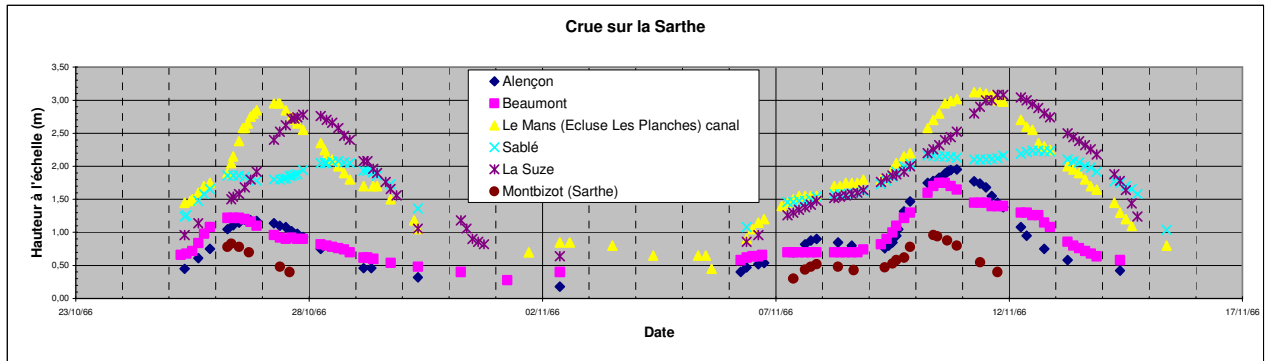
Sur la Mayenne à Chambellay, le premier pic a une forme similaire à celui de la Sarthe avec une montée très rapide (passage de 100 à 800 m³/s en 2,5 jours soit +280 m³/s par jour en moyenne et descente en 3,5 jours) et se rapproche d'une crue cinquantennale (en débit journalier). Le deuxième pic n'a pas été mesuré.

6.4.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Les données limnimétriques ont été recueillies sur la Sarthe, l'Huisne et le Loir (voir figure 7). Les hauteurs maximales relevées en octobre-novembre 1966 sur le Loir sont peu élevées (voir tableau 9). La crue d'octobre-novembre 1966 est une crue forte des bassins de la Sarthe et de la Mayenne.

Sur la Mayenne à Chambellay, c'est la 2^{ème} plus forte crue parmi les 16 et sur l'Oudon à Maingué c'est la 2^{ème} plus forte.

Figure 7 : Limnigrammes sur la Sarthe, l'Huisne et le Loir pour la crue d'octobre-novembre 1966 (d'après données papier du SPC)



6.5 CRUE DE NOVEMBRE 1974

6.5.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1974 à octobre 1974 inclus (données mensuelles)
Mois précédent la période intense : du 10/10/1974 au 10/11/1974 (données journalières)
Période intense : du 11/11/1974 au 18/11/1974, soit 8 jours (données journalières)

Le cumul pluviométrique sur la période préparatoire est très contrasté bien que l'on soit en excédent sur l'ensemble du bassin versant. Ainsi, sur le sud du bassin de la Mayenne, les valeurs enregistrées sont dans la moyenne alors qu'au nord de ce bassin versant il a été enregistré un cumul pluviométrique supérieur à la moyenne (de +30 à +110%).

Sur le bassin versant de la Sarthe, le cumul pluviométrique décroît de l'amont vers l'aval tout en restant supérieur à la moyenne (le cumul pluviométrique atteint +50 à +70% en amont du bassin versant alors qu'en aval il est de +20%).

Sur le bassin versant du Loir, le cumul pluviométrique décroît également de l'amont vers l'aval en restant supérieur à la moyenne (le cumul pluviométrique atteint +50 à +80% dans le Perche et la zone de la Beauce et n'atteint plus que +20% vers la Flèche).

Le mois précédent l'épisode intense a été peu pluvieux sur l'ensemble du bassin de la Maine, excepté à l'extrémité nord-ouest où la pluviométrie a été un peu plus marquée (maximum de 153 mm).

Pendant la période intense, le cumul a été particulièrement prononcé sur la partie amont du bassin de la Mayenne (supérieur à 100 mm du 11 au 18/11/1974). Ce cumul est plutôt de l'ordre de 50-60 mm sur ces 8 jours sur la Sarthe et d'environ 30-40 mm sur le Loir.

6.5.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

Pour cette crue, des données sont disponibles pour quatre stations supplémentaires :

- Beffes (Saint-Denis-d'Anjou) sur la Sarthe,
- Nogent-le-Rotrou sur l'Huisne,
- Port-aux-Anglais (Andigné) sur l'Oudon,
- Saint-Fraimbault sur la Mayenne.

Cette crue est faible sur le Loir avec un débit journalier ne dépassant pas les 50 m³/s à Durtal.

Sur la Sarthe à Beffes, le débit journalier ne dépasse pas les 200 m³/s (période de retour < 2 ans).

Sur la Mayenne à Saint-Fraimbault, seuls les débits journaliers sont disponibles, le débit instantané de la pointe de crue est connu grâce à la procédure CRUCAL de la Banque Hydro mais avec incertitude (un point d'interrogation est noté près de la valeur de débit). Le débit journalier maximum est de 291 m³/s alors que le débit instantané maximum est de 413 m³/s, la grande différence entre ces deux valeurs laisse supposer qu'il y a sans doute une erreur dans les données. Avec 413 m³/s, la crue aurait une période de retour de 50 ans.

Sur la Mayenne à Chambellay, le pic de crue ressemble à celui de la crue d'octobre 1966 (passage de 100 à 784 m³/s en moins de 3 jours soit +228 m³/s par jour en moyenne et une descente à 300 m³/s en moins de 2 jours). Le débit instantané est de 824 m³/s (connu grâce à la procédure CRUCAL de la Banque Hydro) et la période de retour estimée à 35 ans. Il faut cependant rester prudent quant à l'influence aval.

6.5.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Les données limnimétriques sont pauvres sur cette crue qui n'a touché que la Mayenne. Le SPC n'avait pas de données.

La crue de 1974 est la plus forte crue (en débit) enregistrée à la station de Chambellay. La hauteur plus élevée enregistrée en janvier 1995 s'explique par le fait que la station était sous influence aval.

6.6 CRUE DE FEVRIER 1979

6.6.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1978 à janvier 1979 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 04/01/1979 au 04/02/1979 (données journalières)

Période intense : du 05/02/1979 au 14/02/1979, soit 10 jours (données journalières)

La période préparatoire a été peu pluvieuse. Un déficit pluviométrique est notable sur l'ensemble du bassin versant avec un pourcentage allant de -20 à -50 % par rapport à la moyenne.

Le mois précédent l'épisode intense a été globalement peu pluvieux. On peut noter le maximum mensuel de 121 mm à l'extrémité nord-ouest du bassin puis une petite zone dans les collines du Perche ainsi que sur le haut du bassin de la Vègre approchant les 100 mm.

Pour l'épisode intense, le cumul pluviométrique a été plus prononcé (supérieur à 100 mm sur la période comprise entre le 5 et le 14/02/1979) sur deux petites zones géographiques : le nord-ouest du bassin versant de la Mayenne (cette zone est, d'après les isohyètes annuelles, naturellement plus arrosée que le reste du bassin versant), et l'amont du bassin de l'Huisne. Globalement l'épisode pluvieux a été assez long (une dizaine de jours) et un peu plus prononcé sur le bassin de la Sarthe (cumul pluviométrique sur la période de l'ordre de 80 mm en moyenne). Les bassins du Loir puis de la Mayenne ont été comparativement un peu moins arrosés avec des cumuls sur cette période de l'ordre de 70 mm.

6.6.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

Il s'agit d'une crue à un seul pic qui a touché principalement les bassins du Loir, de la Sarthe et de l'Huisne dans une moindre mesure.

Le Loir à Durtal a une pointe de crue à moins de 300 m³/s en débit journalier (période de retour < 10 ans). La montée est assez lente (passage de 100 à 290 m³/s en 10 jours soit +19

m³/s par jour en moyenne) et la descente un peu plus rapide (passage de 290 à 100 m³/s en 4,5 jours).

Sur la Sarthe à Spay, le débit maximum instantané atteint 331 m³/s pour une période de retour de 7 ans.

Sur la Sarthe à Beffes, le débit journalier atteint 458 m³/s (période de retour proche de 5 ans) avec une montée assez lente (passage de 100 à 458 m³/s en 12 jours soit +29,8 m³/s par jour en moyenne) et une descente à 100 m³/s en 6 jours.

L'Orne Saosnoise, affluent de la Sarthe, a fortement réagi à l'épisode intense de pluie observé à l'amont du bassin de l'Huisne et qui a également touché l'amont du bassin de l'Orne. Ainsi, le débit instantané maximum est de 50,1 m³/s pour une période de retour de 15 ans.

Sur le bassin de l'Huisne, les seules mesures de débits disponibles sont à la station de Nogent-le-Rotrou. Le débit instantané maximum enregistré est de 54,2 m³/s pour une période de retour de 4 ans. En observant l'épisode pluvieux au niveau de l'amont du bassin versant de l'Huisne, on s'aperçoit qu'il est plutôt centré à l'ouest et qu'il touche un peu moins l'Huisne en amont de Nogent.

La Mayenne à Chambellay ne dépasse pas les 200 m³/s.

6.6.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Il n'existe aucune donnée sur le bassin de la Mayenne, la crue a été trop faible pour atteindre les cotes d'alerte.

Les cotes maximales atteintes sur les bassins de la Sarthe, de l'Huisne et du Loir restent modestes (entre - 0,5 m à - 1,4 m par rapport à la crue la plus haute en cote).

6.6.4 Données limnimétriques (stations DIREN)

Les cotes atteintes à Marcillé sur l'Oudon, à Bonne et à Château-Gontier sur la Mayenne sont inférieures à plus de 1 m par rapport à la cote la plus haute observée parmi les crues étudiés dont les données ont pu être obtenues.

6.7 CRUE DE DECEMBRE 1982

6.7.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1982 à novembre 1982 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 13/11/1982 au 13/12/1982 (données journalières)

Période intense : du 14/12/1982 au 20/12/1982, soit 7 jours (données journalières)

La période préparatoire a été en excédent de pluviométrie. Cet excédent est compris entre +10 et +50% sur le bassin. Cet excédent est plus prononcé à l'extrême ouest du bassin et à l'extrême est.

Le mois précédent l'épisode intense a été peu pluvieux sur le bassin versant du Loir (la partie rive gauche est particulièrement peu arrosée avec 51 mm au minimum). Les collines

du Perche sont un peu plus arrosées avec un cumul mensuel de l'ordre de 120 mm ainsi que le haut bassin de la Sarthe et le haut des bassins affluents rive droite de la Sarthe aval. Le bassin versant de la Mayenne est plus arrosé au nord-ouest avec un maximum de 187 mm et le cumul mensuel diminue en allant vers l'aval. Ainsi le bassin versant de l'Oudon a reçu un cumul pluviométrique mensuel de l'ordre de 100 mm.

L'épisode intense est assez long. Le cumul a été particulièrement intense au nord-ouest du bassin versant qui est une zone qui, d'après les isohyètes annuelles, est naturellement plus arrosée que le reste du bassin versant. Globalement les cumuls par bassin versant (Mayenne, Sarthe, Loir) sont compris entre 60 et 70 mm (pour la période comprise entre le 14 et le 20/12/1982). La zone la plus arrosée correspond à l'amont du bassin de la Mayenne et au bassin de l'Huisne. Sur le bassin du Loir, toute la partie rive droite a été légèrement plus arrosée (70 mm) que la partie rive gauche (57 mm et moins).

6.7.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

La crue de décembre 1982 est modeste sur le Loir. Son débit journalier maximal à Durtal est de 224 m³/s (période de retour de l'ordre de 4 ans). La montée est relativement lente (passage de 100 à 224 m³/s en 6 jours soit +20,7 m³/s par jour en moyenne) et la descente plus rapide (retour à 100 m³/s en 3 jours).

Sur la Sarthe, la montée de la crue se fait globalement en 6 jours avec un retour à la normale plus rapide. La période de retour est globalement de 4 ans sur tout le linéaire de la Sarthe, excepté à Spay où elle a une période de retour de 6 ans. C'est sans doute l'Orne Saosnoise avec une période de retour de 9 ans qui a augmenté la pointe de crue au niveau de Spay. Le débit à Beffes n'atteint pas les 400 m³/s en débit journalier (le maxi instantané est de 414 m³/s).

C'est le bassin de la Mayenne qui a été le plus touché par cette crue. Le débit maximum observé sur la Mayenne va en s'intensifiant d'amont en aval. A St-Fraimbault, la période de retour est de 4 ans, à Bonne elle est de 6 ans et à Château-Gontier puis Chambellay elle est de 15 ans. Le débit journalier de la Mayenne à Chambellay atteint 594 m³/s (le débit instantané est de 682 m³/s avec une période de retour de 15 ans), la vitesse de montée est rapide (passage de 220 à 594 m³/s en 2 jours soit +187 m³/s par jour en moyenne) et la descente toute aussi rapide.

6.7.3 Données limnimétriques (stations SPC)

A Chambellay (Mayenne), la cote de crue maximale se place en 6^{ème} position sur les 10 valeurs recueillies parmi les 16 crues.

Les cotes atteintes sur le Loir sont faibles (selon les stations les cotes sont inférieures de 0,5 m à 1,3 m par rapport à aux cotes maximales observées). Sur le bassin de la Sarthe, elles sont plus importantes en amont du Mans mais plus faibles en aval. Sur le bassin de l'Huisne, les cotes de crue sont faibles.

6.7.4 Données limnimétriques (stations DIREN)

Sur l'Oudon, les cotes maximales observées sur l'Oudon sont situées au moins 50 cm sous la cote maximale obtenue parmi les 16 crues.

A Château-Gontier sur la Mayenne, la cote atteinte vient après celle de 1995 et de 2001. A Chambellay, la cote atteinte est plus basse que les crues de 1995, 1999 et 2001.

6.8 CRUE D'AVRIL 1983

6.8.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1982 à mars 1983 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 06/03/1983 au 06/04/1983 (données journalières)

Période intense : du 07/04/1983 au 11/04/1983, soit 5 jours (données journalières)

La période préparatoire a été globalement en léger excédent de pluviométrie par rapport à la moyenne. Les pourcentages d'écarts à la moyenne varient de -10 à +30 %. C'est sur le bassin versant du Loir amont et de la Mayenne amont que cet excédent est le plus marqué.

Le mois précédent l'épisode intense n'a pas été particulièrement pluvieux sur le bassin du Loir ni sur le bassin de la Sarthe, ni sur le bassin de l'Oudon. La zone des collines du Perche a reçu environ 90 mm de pluie dans le mois. La zone la plus arrosée est le nord-ouest du bassin de la Maine avec un maximum de 111 mm.

L'épisode intense a été particulièrement prononcé sur le bassin du Loir avec des cumuls pouvant être supérieurs à 70 mm du 7 au 11/04/1983. Comparativement, les bassins de la Sarthe et surtout de la Mayenne ont été moins arrosés avec des cumuls plutôt de l'ordre de 25-50 mm.

6.8.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

Il s'agit d'une crue de printemps à un seul pic qui a touché en particulier le bassin du Loir et dans une moindre mesure le bassin versant de la Sarthe. La Mayenne n'a pratiquement pas été touchée (débit journalier maxi de l'ordre de 200 m³/s, soit une période de retour inférieure à 2 ans).

Le débit journalier du Loir à Durtal a atteint les 358 m³/s (passage de 100 à 358 m³/s en 5 jours soit +51,6 m³/s par jour en moyenne et descente à 100 m³/s en 4 jours). Le débit instantané maximal est de 374 m³/s, ce qui correspond à une crue proche de la vingtennale. C'est à Villavard, que la crue présente la période de retour la plus importante en débit instantané (35 ans)

Sur la Sarthe à Beffes, le débit journalier de la crue a atteint 369 m³/s passant de 150 m³/s au maximum en 2 jours ; il ne s'agit cependant pas d'un débit exceptionnel (période de retour de 3 ans).

6.8.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Sur le Loir, à Bonneval, la hauteur maximale observée n'est pas très importante. C'est à partir de Châteaudun que la crue occupe la 3^{ème} place en cote, voir la 2^{ème} place en aval (au niveau de la Chartre, le Lude et la Flèche).

Les cotes atteintes sur la Sarthe sont faibles ainsi que sur l'Huisne et l'Oudon.

6.9 CRUE D'AVRIL 1985

6.9.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1984 à mars 1985 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 06/03/1983 au 06/04/1983 (données journalières)

Période intense : du 04/04/1985 au 14/04/1985, soit 10 jours (données journalières)

La période préparatoire a été en excédent de pluviométrie par rapport à la moyenne. C'est la partie est du bassin versant qui est la plus en excédent. Ainsi, le bassin du Loir a été le plus arrosé avec un excédent de pluviométrie allant de +10 à +40%. Les bassins de la Sarthe et de la Mayenne ont un pourcentage allant de -10 à +30%.

Le mois précédent l'épisode intense a été peu pluvieux, le cumul mensuel maximal observé au nord-ouest du bassin de la Maine et dans les collines du Perche est de 96 mm, ce qui reste modéré. Le sud du bassin de la Maine n'a reçu que de 43 à 56 mm de pluie dans le mois.

L'épisode intense a été plus marqué sur les bassins de l'Huisne et de la Sarthe aval, avec des cumuls pluviométriques pouvant dépasser 100 mm du 4 au 14/04/1985. Comparativement les bassins du Loir et surtout de la Mayenne ont été moins touchés (cumul pluviométrique sur la période de l'ordre de 70-80 mm).

6.9.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

Il s'agit, comme la crue d'avril 1983, d'une crue de printemps qui n'est cependant pas très marquée. Le débit journalier sur le Loir atteint les 200 m³/s à Durtal (période de retour de < 3 ans), avec un passage de 100 à 200 m³/s en 5 jours soit +20 m³/s par jour en moyenne et une descente en 6 jours.

La Sarthe à Beffes atteint les 400 m³/s en débit journalier maximum, ce qui n'a rien d'exceptionnel. La vitesse de montée est cependant plus importante sur la Sarthe que sur le Loir (passage de 100 à 400 m³/s en moins de 3 jours soit +100 m³/s par jour en moyenne et une descente plus lente en 11 jours. Seule l'Orne Saosnoise a connu une forte crue avec un débit de pointe de 60 m³/s et une période de retour de 35 ans.

La pointe de la Mayenne atteint les 300 m³/s (période de retour < 2 ans).

6.9.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Les cotes maximales atteintes sur le Loir sont relativement faibles et inférieures à celles de la crue d'avril 1983. Sur la Sarthe et l'Huisne, elles sont plus hautes que celles d'avril 1983. Sur la Mayenne, aucune cote n'a été levée, la crue n'ayant pas atteint les cotes d'alerte.

6.10 CRUE DE FEVRIER 1990

6.10.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1989 à janvier 1990 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 10/01/1990 au 10/02/1990 (données journalières)

Période intense : du 11/02/1990 au 15/02/1990, soit 5 jours (données journalières)

L'épisode préparatoire a été en déficit pluviométrique sur l'ensemble du bassin versant. Le pourcentage d'écart à la moyenne est compris entre 0 et -30 %. Ce déficit est généralisé à l'ensemble du bassin versant sans qu'il y ait de grande tendance qui se dégage.

Le mois précédent l'épisode intense a un cumul pluviométrique mensuel plus fort au nord-ouest (avec 186 mm) qui diminue en allant vers le sud-est (pluviométrie assez conforme à la normale comparée à la forme des isohyètes annuels). Ainsi c'est le bassin versant du Loir qui est le moins arrosé pendant ce mois (cumul mensuel de 50 à 80 mm).

Pour l'épisode intense, le cumul a été particulièrement prononcé au nord-ouest du bassin versant : sur la Mayenne amont (cumul supérieur à 100 mm sur la période allant du 11 au 15/02/1990) et dans une moindre mesure sur la Sarthe moyenne (cumul de l'ordre de 70-80 mm sur cette même période). Globalement le sud du bassin versant et l'est sont comparativement peu arrosés avec des cumuls compris entre 20 et 50 mm sur ces 5 jours. C'est donc le bassin de la Mayenne qui a été le plus arrosé (avec un cumul pluviométrique moyen sur ces 5 jours d'environ 70 mm) suivi de la Sarthe (50 mm) puis du Loir (40 mm).

6.10.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

La crue de février 1990 apparaît comme une crue faible ayant un peu touché le bassin de la Sarthe et de manière plus importante le haut bassin de la Mayenne.

Le débit journalier maximal à Durtal sur le Loir est faible avec 118 m³/s (correspondant à une période de retour inférieure à 2 ans).

Le débit journalier à Beffes sur la Sarthe atteint les 358 m³/s avec une montée de l'hydrogramme assez lente (passage de 100 à 358 m³/s en 6,5 jours soit +39,7 m³/s par jour en moyenne) et une descente un peu plus rapide en 4,5 jours. Le débit instantané maximal est de 364 m³/s à Beffes correspondant à une période de retour de 3 ans. En amont, la période de retour sur la Sarthe et ses affluents ne dépasse pas 2 ans.

C'est l'amont du bassin de la Mayenne qui a réagi le plus fortement à l'épisode de pluie. La Mayenne à Couterne atteint un débit maximal instantané de 89 m³/s (période de retour correspondant à 9 ans). La Varenne à Domfront atteint 43,5 m³/s en débit instantané

maximal (période de retour de 15 ans), le bassin versant de la Varenne a été directement touché par l'épisode intense d'où une période de retour plus élevée que sur la Mayenne à Couterne. C'est à Saint-Fraimbault (aval immédiat de la confluence avec la Varenne) que la crue sur la Mayenne est la plus importante en terme de période de retour (25 ans pour un débit instantané maximal de 340 m³/s). Puis, la crue s'amenuise alimentée par des affluents dont la période de retour de la crue ne dépasse pas 3 ans (l'Aron, l'Ernée, la Jouanne). Ainsi à Bonne sur la Mayenne, la période de retour est de 9 ans pour un débit instantané maximal de 425 m³/s.

La Mayenne à Chambellay atteint les 458 m³/s en débit journalier maximal avec une montée assez lente (passage de 100 à 458 m³/s en 4,5 jours soit +79,5 m³/s par jour en moyenne) et une descente lente en 7 jours. Le débit instantané maximal est de 518 m³/s et la période de retour correspondante est de l'ordre de 5 ans.

6.10.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Les cotes maximales relevées restent faibles sur les différents bassins versants. Les données sur les stations du SPC sont manquantes pour cette crue.

6.10.4 Données limnimétriques (stations DIREN)

A St-Fraimbault sur la Mayenne, la cote atteinte est la 2^{ème} plus forte parmi les 9 crues étudiées entre 1985 et 2004. A Bonne, la cote atteinte arrive également en 3^{ème} position après la crue de 1995 et la crue de janvier 2001. A Château-Gontier et à Chambellay, les cotes atteintes sont plus basses en comparaison de celles de l'amont car les cotes atteintes en 1982 sont plus hautes que celles de 1990 alors qu'elles ne le sont pas en amont.

6.11 CRUE DE JANVIER 1993

6.11.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1992 à décembre 1992 inclus

Mois précédent la période intense : du 08/12/1992 au 08/01/1993 (données journalières)

Période intense : du 09/01/1993 au 12/01/1993, soit 4 jours (données journalières)

La période préparatoire a été globalement comprise dans la moyenne avec cependant quelques disparités géographiques. Au nord-ouest du bassin, sur le bassin de la Sarthe amont (hors bassin de Huisne), sur le bassin de la Mayenne amont, ainsi que sur le sud-ouest du bassin de l'Oudon, un léger déficit pluviométrique a été observé avec un pourcentage de l'ordre de -10 %. Ailleurs sur le bassin versant il y a eu un excédent de pluviométrie par rapport à la moyenne avec des valeurs comprises entre 0 et +20 %.

Le mois précédent l'épisode intense est particulièrement peu arrosé. Le cumul sur le mois varie de 6 à 29 mm, ce qui est très faible. C'est le nord-ouest, puis le bassin versant de la Mayenne, les collines du Perche et le haut des affluents rive droite de la Sarthe aval qui sont le plus arrosés (c'est très relatif vu les faibles cumuls).

Pour l'épisode intense, le cumul a été particulièrement prononcé au nord-ouest du bassin versant qui est une zone qui d'après les isohyètes annuelles est naturellement plus arrosée que le reste du bassin versant. L'épisode pluvieux est caractérisé par deux jours particulièrement intenses (journées du 10 et 11/01/1993). C'est à l'ouest du bassin versant que le cumul est le plus important avec des valeurs de l'ordre de 60 à 80 mm du 09 au 12/01/1993. Ailleurs, à l'est du bassin versant, sur l'Huisne aval, et le Loir aval, ce cumul est comparativement beaucoup moins prononcé avec des valeurs allant de 30 à 60 mm sur ces 4 jours.

6.11.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

Sur le Loir, le débit instantané maximum est observé au niveau de Port-Gautier avec 234 m³/s. La vitesse de montée est très rapide (passage de 50 à 234 m³/s en moins de 2 jours soit +92 m³/s par jour en moyenne) et la descente plus lente (retour à 50 m³/s en 4 jours). En aval, la crue s'est atténuée avec un débit instantané maximum de 215 m³/s à Durtal (période de retour de 3 ans). Les informations concernant les affluents de la Braye et de l'Yerre sont partielles (seules les stations amont de ces affluents ont fonctionné). Au niveau de la Caboche, la Braye a toutefois un débit proche de celui d'une crue décennale en débit instantané. Le pic de crue observé à Port-Gautier est sans doute dû à l'apport de la Braye.

Sur l'Huisne, à la Pécardière, le débit instantané maximum obtenu est de 102 m³/s (période de retour 4 ans). Sur sa partie amont la crue est un simple pic (le 13/01) avec l'amorce d'un deuxième pic en amont (le 12/01) sans doute dû à l'apport de la Cloche (mais il est difficile de l'affirmer en l'absence de données sur cet affluent). En aval à Montfort-le-Gesnois, un double pic est bien identifié. La Vive Parance présente également ce double pic (mais cette station est très proche de l'Huisne et subit sans doute son influence). La vitesse de montée sur l'Huisne est rapide (passage de 20 à 90 m³/s en 2 jours soit +35 m³/s par jour en moyenne) et la descente tout aussi rapide. Ce double pic est sans doute dû à l'épisode pluvieux, les deux jours de pluie forte se produisent les 10 et 11 janvier, le 12 il ne pleut pratiquement pas et le 13 est à nouveau pluvieux. C'est donc la pluie du 13 janvier qui provoque la deuxième pointe.

Sur la Sarthe au Moulin du Désert, en amont, la crue est soutenue avec un débit instantané de 118 m³/s (période de retour 30 ans) alors qu'en aval, à Beffes le débit instantané est d'une période de retour de 3 ans avec 381 m³/s. La vitesse de montée de la crue est très rapide (passage de 50 à 350 m³/s en 1,5 jour soit +200 m³/s par jour en moyenne). En aval, la Sarthe a une forme à deux pics rapprochés comme sur l'Huisne dû à l'épisode de pluie des 10 et 11 janvier puis du 13 janvier.

Sur la Mayenne, la crue est rapide avec un pic unique bien prononcé. La vitesse de montée est rapide (passage de 30 à 400 m³/s en 2,5 jours à l'Huisserie soit +148 m³/s par jour en moyenne) et la descente un peu plus lente. En terme de période de retour du débit instantané, en amont la crue est la plus forte (15 ans à Couterne) et décroît progressivement pour atteindre 6 ans à Chambellay. Sur l'Oudon, la crue a une période de retour de 3 ans donc faible.

6.11.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Sur le Loir, les cotes maximales atteintes en janvier 1993 restent moyennes. Elles sont inférieures de 45 cm à 135 cm aux cotes maximales atteintes aux différentes stations parmi les 16 crues d'étude.

Sur l'Huisne, au niveau de Nogent-le-Rotrou, la cote atteinte est la deuxième plus forte (parmi les 15 valeurs recueillies) alors qu'à partir de la Ferté-Bernard les cotes atteintes sont loin des maximums de crue recueillis parmi les 16 crues d'étude.

Sur la Sarthe, c'est également en amont que la crue a été la plus forte. Au niveau d'Alençon, la cote maximale atteinte est la 3^{ème} plus forte. Puis à partir de Beaumont, les cotes atteintes sont loin des maximums connus.

Sur l'Oudon, la cote maximale à Maingué est située 1 m en-dessous du maximum des 11 crues connues.

Sur la Mayenne à Mayenne et à Laval, il s'agit de la plus forte cote (parmi 4 recueillies sur les 16 crues étudiées). A Château-Gontier puis à Chambellay, la cote est de moins en moins importante, ce qui confirme la décroissance de la crue en terme d'intensité.

6.12 CRUE DE JANVIER 1995

6.12.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1994 à décembre 1994 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 20/12/1994 au 20/01/1995 (données journalières)

Période intense : du 21/01/1995 au 27/01/1995, soit 7 jours (données journalières)

La période préparatoire a été en excès par rapport à la moyenne sur l'ensemble du bassin versant. Cet excédent est particulièrement prononcé sur la partie sud-ouest du bassin versant avec des pourcentages allant de +30 à +70 %. Ailleurs sur le bassin versant l'excédent reste compris entre 0 et +30%.

Le mois précédent l'épisode intense a un cumul mensuel variable entre 55 mm et 174 mm. Les zones les plus arrosées sont le nord du bassin de la Maine puis les collines du Perche, la Mayenne, la Sarthe amont, la Sarthe aval et le Loir aval. Le secteur le moins arrosé est la Beauce et l'Huisne aval.

L'épisode intense a été long (supérieur à 10 jours) avec plusieurs pics pluvieux dont le plus prononcé se déroule le 21/01/1995.

Sur l'ensemble de l'épisode intense (du 17/01 au 08/02/1995), le cumul pluviométrique a été particulièrement prononcé au nord-ouest du bassin versant. On se retrouve alors dans une situation où le bassin versant de la Mayenne est le plus arrosé et celui du Loir le moins arrosé.

Pour la journée du 21/01, jour où le pic est le plus intense à l'échelle du bassin versant, l'intensité a été la plus prononcée sur l'Huisne et la Sarthe amont avec des précipitations journalières supérieures à 50 mm. Pour ce jour, l'intensité a été la moins prononcée comparativement (cumul de l'ordre de 20-30 mm) à l'extrême nord-ouest du bassin versant, sur la Mayenne aval, le Loir aval et à l'extrême est du bassin versant (Conie).

6.12.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

L'épisode intense de pluie avec plusieurs pics pluvieux a provoqué des crues à plusieurs pics sur la plupart des sous-bassins versants de la Maine. Il est ainsi difficile d'apprécier la contribution des affluents aux différentes pointes de crue de la rivière principale. Cependant, en observant les hydrogrammes des affluents, ils ont également réagi aux différents pics pluvieux par plusieurs pointes de crue. Par exemple, si on compare la pluie journalière tombée à Mayenne et l'hydrogramme de l'Ernée à Andouillé, on constate que les 4 pics de pluie correspondent bien aux 4 pics de crue avec un jour de décalage en moyenne (temps de concentration du bassin versant) :

- la pluie journalière du 19/01/95 (22 mm) a provoqué la pointe de crue du 20/01/95 3 :53 (47,6 m³/s),
- la pluie journalière du 21/01/95 (30 mm) a provoqué la pointe de crue du 22/01/95 20 :16 (79,7 m³/s),
- la pluie journalière du 24/01/95 (25,5 mm) a provoqué la pointe de crue du 25/01/95 22 :29 (62,8 m³/s),
- la pluie journalière du 27/01/95 (16,9 mm) a provoqué la pointe de crue du 28/01/95 15 :41 (59,6 m³/s).

Au niveau du bassin du Loir qui a été le moins arrosé avec toutefois un cumul important, la crue est à un seul pic jusqu'à Villavard. Au niveau de Port-Gautier (situé en aval de la confluence avec la Braye), l'hydrogramme de crue présente trois pointes. On retrouve en fait les trois pointes visibles sur la Braye (la plus forte étant de 159 m³/s le 22/01/95). La Braye a réagi très vite (passage de 12 à 159 m³/s en 12 heures soit +294 m³/s par jour en moyenne) ce qui a provoqué une montée rapide du Loir (passage de 100 à 294 m³/s en 33 heures soit +141 m³/s par jour en moyenne). Au niveau de Durtal, plus en aval, la crue s'amortit, les pics disparaissent pour n'en former qu'un seul, le débit maximal est alors de 454 m³/s pour une période de retour de 55 ans. En amont à St-Maur, la période de retour est un peu moins élevée (25 à 30 ans) et la crue dure une dizaine de jours. En aval, du fait de son amortissement, sa durée s'est allongée à une quinzaine de jours.

La crue sur l'Huisne à la Pécardière se caractérise par un pic assez important et une montée rapide (passage de 35 à 178 m³/s en moins de 3 jours, soit +47,7 m³/s par jour en moyenne) puis un débit soutenu (110 m³/s pendant 5 jours). A Nogent-le-Rotrou, la période de retour du débit maximal instantané est de 90 ans, à la Pécardière elle est de 60 ans.

Sur la Sarthe jusqu'à Spay, l'épisode intense de pluie se manifeste par une crue avec un débit maximum assez constant (les pics existent mais ils sont de moins en moins marqués d'amont en aval) alors que les affluents subissent des crues multi-pics bien marquées

(l'Hoëne, le Merdereau, l'Orne Saosnoise, le Berdin, la Vègre, l'Erve, la Vaige, la Taude). En fait, comme sur le Loir, la crue s'amortit en allant vers l'aval pour ne former qu'un seul pic à Beffes. En amont, elle dure une dizaine de jours alors qu'en aval sa durée s'allonge à une quinzaine de jours.

Au niveau de Beffes, la montée de la crue se fait en 3 étapes (passage de 60 à 200 m³/s en 3 jours soit +46,7 m³/s par jour en moyenne, puis de 200 à 450 m³/s en 2,5 jours soit +100 m³/s par jour en moyenne puis de 450 à 685 m³/s en 3 jours soit +78,3 m³/s par jour en moyenne), la crue dure environ 15 jours. En terme de période de retour du débit maximal instantané, la crue est la plus forte en amont (60 ans au Moulin du Désert), elle diminue à Montreuil (15 ans) puis augmente à nouveau en aval de la confluence Sarthe-Huisne (40 ans à Spay et 30 ans à Beffes).

L'Oudon et la Mayenne ont subi une crue multi-pics due à la succession d'épisodes pluvieux. L'Oudon à Andigné atteint les 253 m³/s (période de retour de 40 ans).

Les vitesses de montée sont rapides (augmentation de 100 m³/s en moins d'une journée).

Sur la Mayenne, la période de retour décroît d'amont en aval (45 ans à Couterne, 30 ans à St-Fraimbault, 20 ans à l'Ecluse de Bonne et à Château-Gontier).

6.12.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Les cotes atteintes en 1995 sont parmi les plus fortes des 16 crues étudiées.

Sur le Loir, les cotes atteintes varient entre la 1^{ère} et la 4^{ème} place.

Sur la Sarthe, il s'agit de la crue la plus importante (excepté à Beaumont où la crue de novembre 1966 est montée plus haut qu'en 1995).

Sur l'Huisne, c'est également la plus forte (excepté au Mans Pontlieue où la crue de janvier 1966 est montée 35 cm plus haut).

Sur l'Oudon à Maingué, la cote maximale est la même qu'en octobre 1966 et elle se place au 2^{ème} rang.

Sur la Mayenne à Chambellay, c'est la plus haute cote atteinte identifiée, mais cette station étant sous influence aval, elle ne permet pas d'obtenir un débit fiable.

6.12.4 Données limnimétriques (stations DIREN)

Sur le Loir à Port-Gautier, la cote atteinte arrive en 2^{ème} position parmi les 8 crues étudiées entre 1990 et 2004. A Durtal, c'est la plus forte cote atteinte parmi 14 crues étudiées.

Sur la Sarthe, la cote atteinte occupe de la 1^{ère} à la 3^{ème} place sachant que les cotes des crues les plus anciennes ne sont pas connues (janvier 1961, janvier 1966 et octobre-novembre 1966).

Sur l'Oudon, les cotes atteintes ne sont pas les plus fortes excepté à Andigné, mais cette station n'est pas représentative car elle était sous influence aval.

Sur la Mayenne, les cotes atteintes en janvier 1995 sont les plus importantes pour les crues étudiées entre 1979 et 2004.

6.13 CRUE DE FEVRIER 1996

6.13.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1995 à janvier 1996 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 21/01/1996 au 21/02/1996 (données journalières)

Période intense : du 22/02/1996 au 03/03/1996, soit 11 jours (données journalières)

La période préparatoire est globalement déficitaire par rapport aux moyennes. Des disparités sont notables. Ainsi sur une grande partie du bassin versant, au nord, le déficit pluviométrique est généralisé avec des valeurs comprises entre 0 et -30%. Sur la partie sud/sud-est nous avons par contre un léger excédent avec des valeurs comprises entre 0 et + 20 %.

Le mois précédent l'épisode intense a un cumul pluviométrique variant de 41 mm à 132 mm. La partie la plus arrosée est le nord-ouest, les moins arrosés étant le secteur de la Beauce, la Mayenne moyenne et le haut du bassin versant de l'Oudon.

L'épisode intense a été surtout prononcé sur le bassin versant de la Mayenne, avec des cumuls pluviométriques dépassant 70 mm sur la période du 22/02 au 03/03/1996 au nord est et au sud (notamment sur le bassin de l'Oudon) de ce bassin. Sur la Sarthe, ce cumul est de l'ordre, en moyenne, de 40-50 mm sur ces 10 jours, et sur le Loir aux alentours de 20 mm.

6.13.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

La crue de février 1996 est faible sur le bassin du Loir (période de retour inférieure à 2 ans), ne dépassant pas les 100 m³/s en débit instantané à Durtal.

Sur l'Huisne, la crue ne dépasse pas les 50 m³/s en débit instantané à la Pécardière (période de retour inférieure à 2 ans).

Sur la Sarthe, il s'agit également d'une petite crue (période de retour du débit instantané de 3 ans au niveau de Beffes). La crue dure en moyenne 5 jours. D'après l'allure des hydrogrammes sur la Sarthe, la vitesse de montée la plus importante est observée à Beffes (passage de 60 à 360 m³/s en 2 jours soit +150 m³/s par jour en moyenne). Ce sont les affluents aval de rive droite de la Sarthe (l'Erve, la Vaige et la Vègre notamment) qui sont venus grossir l'hydrogramme de crue de la Sarthe à Beffes car ils sont en avance par rapport à la pointe de crue observée à Spay. Ainsi la pointe de crue est enregistrée à Beffes avant Spay.

Sur l'Oudon à Segré, le débit instantané maximum atteint 222 m³/s le 27/02/96 à 0 :30, il est inférieur aux crues de janvier 2001, de janvier 1995 et de décembre 1999.

Sur l'Oudon à Andigné, c'est la deuxième crue la plus importante après 1995 (période de retour 28 ans à Andigné, de 18 ans en tenant compte d'Andigné et de Segré). La montée de la crue est importante (passage de 13 à 229 m³/s en 55 heures soit +94,2 m³/s par jour en moyenne) et la descente toute aussi rapide. Le Chéran est un affluent de l'Oudon qui a

bien réagi à la pluie avec un débit maximum instantané de 23,2 m³/s correspondant à une période de retour de 30 ans.

Sur la Mayenne, la crue de février 1996 s'est intensifiée d'amont en aval sans toutefois dépasser la période de retour de 6 ans à Chambellay où la montée de la crue est rapide (passage de 55 à 555 m³/s en 46 heures soit +260,9 m³/s par jour en moyenne).

6.13.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Les cotes atteintes pour la crue de février 1996 sur les bassins du Loir, de l'Huisne et de la Sarthe sont basses et en cohérence avec une crue faible sur ces bassins versants.

Sur l'Oudon à Maingué, il s'agit de la 4^{ème} plus forte cote parmi 11 obtenues sur les 16 crues d'étude. Sur la Mayenne, les cotes obtenues ne sont pas les plus fortes. Au niveau de Mayenne, de Laval et de Château-Gontier, il est difficile de faire des comparaisons de cotes entre les années de crue car il manque beaucoup de données. A Chambellay, la cote maximale obtenue en février 1996 est basse par rapport aux autres cotes dont on dispose.

6.13.4 Données limnimétriques (stations DIREN)

Les données limnimétriques sur les stations DIREN permettent de compléter la connaissance des cotes maximales sur les bassins versants de l'Oudon et de la Mayenne. Sur l'Oudon à Cossé-le-Vivien et Marcillé, les cotes maximales obtenues sont inférieures à celles de la crue de décembre 1999, sensiblement les mêmes que celles de janvier 2001 mais supérieures à celles de 1995.

Sur la Mayenne, les cotes maximales atteintes aux différentes stations sont bien inférieures aux cotes maximales atteintes en 1995.

6.14 CRUE DE FEVRIER 1997

6.14.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1996 à janvier 1997 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 22/01/1997 au 22/02/1997 (données journalières)

Période intense : du 23/02/1997 au 26/02/1997, soit 4 jours (données journalières)

La période préparatoire est déficitaire sur l'ensemble du bassin versant par rapport aux moyennes. Ce déficit est plus prononcé sur une grande partie du bassin versant, au nord, avec des valeurs allant de -20 à -40 %. Plus au sud, sud-est, ces valeurs sont moins prononcées et le déficit pluviométrique est compris entre -20 et 0%.

Le mois précédent l'épisode intense a un cumul pluviométrique variant de 39 mm à 154 mm. La partie la plus arrosée va du nord-ouest jusqu'aux collines du Perche. Le sud du bassin de la Maine est comparativement la zone la moins arrosée.

L'épisode intense est plus marqué sur le bassin de l'Huisne et une partie du bassin de la Sarthe moyenne (entre Mieuxcé et Montreuil) avec des cumuls dépassant 70 mm du 23 au 26/02/1997. Sur ces 4 jours le cumul sur le bassin du Loir est quasi uniforme et situé aux alentours de 60 mm. Pour le bassin de la Mayenne, la partie nord-ouest usuellement très arrosée est ici comparativement peu arrosée (cumul de l'ordre de 30-40 mm), la partie sud a quant à elle un cumul plus prononcé (de l'ordre de 50-70 mm).

6.14.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

La crue de février 1997 est un peu plus marquée sur le Loir qu'en février 1996 (période de retour de 7 ans à St-Maur et de 3 ans à Durtal), elle dure environ une semaine. A Port-Gautier, la pointe de crue est en avance par rapport à la pointe de crue à Villavard mais c'est l'apport de la Brayé (débit maximum instantané de l'ordre de 100 m³/s à Sargé) qui donne le pic de crue à Port-Gautier. La vitesse de montée est assez rapide (passage de 32 à 220 m³/s en 53 heures environ soit +85,1 m³/s par jour en moyenne).

Entre Port-Gautier et Durtal, le débit maximal reste pratiquement identique. La forme de l'hydrogramme a un peu changé, il est plus « ventru » sur sa partie amont. Les affluents situés en aval, qui arrivent en premier par rapport à la crue du Loir venant de l'amont, ont contribué à ce changement.

Pour le bassin de l'Huisne, la crue de février 1997 a une période de retour de l'ordre de 4-5 ans. Elle dure environ 5 jours. La vitesse de montée est moyenne (passage de 20 à 90 m³/s en presque 3 jours soit +25 m³/s par jour en moyenne).

Sur la Sarthe, la crue de février 1997 est similaire à celle de février 1996. La pointe de crue se propage de l'amont vers l'aval normalement jusqu'à l'arrivée des affluents rive droite de la Sarthe aval. Au niveau de Beffes, la pointe de crue se trouve être avant celle de Spay. Ce sont les apports de ces affluents (l'Erve, la Vègre et la Vaige qui ont des périodes de retour en débit instantané comprises entre 5 et 10 ans, plus fortes que sur la Sarthe) qui déforme l'hydrogramme de cette façon. Le pic de crue de ces affluents se produit effectivement avant la pointe de crue qui passe à Spay. L'hydrogramme à Beffes est d'ailleurs beaucoup plus étalé et la pointe de crue moins marquée.

Sur l'Oudon, la crue de février 1997 est un peu moins importante que celle de février 1996 (période de retour de 12 ans à Andigné et de 8 ans en tenant compte d'un ajustement à Andigné et Segré). La vitesse de montée est assez rapide (passage de 20 à 190 m³/s en 2 jours soit +85 m³/s par jour en moyenne).

Sur la Mayenne, la crue n'est pas très marquée (période de retour 2 ans en amont et 4 ans à Chambellay). Quelques affluents ont une période de retour de débit instantané un peu plus important (5 ans), il s'agit de l'Aron, de la Jouanne et du Vicoin. La vitesse de montée est très rapide à Chambellay (passage de 100 à 486 m³/s en 1 jour soit +386 m³/s par jour en moyenne) réaction à deux jours de pluie bien marqués.

6.14.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Sur le Loir, les cotes atteintes sont plus fortes qu'en février 1996 mais elles sont inférieures de 0,5 à 1,3 m aux cotes maximales atteintes des crues étudiées. Elles confirment une crue peu importante.

Sur l'Huisne et la Sarthe, les cotes atteintes en février 1997 sont également plus basses que la crue maximale.

Il en est de même sur l'Oudon. Sur la Mayenne, les cotes observées sont les plus basses enregistrées parmi les 5 crues étudiées où ils existent des valeurs.

6.15 CRUE DE DECEMBRE 1999

6.15.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 1999 à novembre 1999 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 23/11/1999 au 23/12/1999 (données journalières)

Période intense : du 24/12/1999 au 27/12/1999, soit 4 jours (données journalières)

La période préparatoire est globalement en excès de pluviométrie par rapport aux moyennes. Cet excès est particulièrement prononcé sur une grande partie du bassin versant, au sud-est, avec des valeurs comprises entre + 30 et + 70%, mais également entre Alençon et le Mans avec + 50 à + 60% et entre Château-Gontier et Segré avec + 50% . La Mayenne amont est la seule partie du bassin versant qui n'est pas en excès prononcé par rapport aux moyennes avec des valeurs comprises entre -10 et +20%.

Le mois précédent l'épisode intense est particulièrement pluvieux. Le cumul mensuel varie de 69 mm à 238 mm. C'est le nord-ouest et les collines du Perche qui sont le plus arrosés.

Pour la période intense, plusieurs pointes pluvieuses ont eu lieu (les 17-18, puis le 22, puis du 24 au 27 puis le 30 décembre 1999). La plus importante à l'échelle du bassin versant est celle du 24 au 27/12/99. Cet événement est localisé principalement à l'ouest du bassin versant, au nord-ouest et sur le bassin versant de l'Oudon, avec des cumuls pluviométriques sur ces 4 jours localement supérieurs à 90 mm. Le bassin aval de l'Huisne, le bassin de l'Orne Saosnoise et le nord-est du bassin versant (Conie sur le bassin du Loir) ont été comparativement plus épargnés avec des cumuls compris entre 40 et 60 mm.

6.15.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

La crue de décembre 1999 est assez marquée sur le Loir. Suite aux différentes pointes pluvieuses, les affluents ont réagi par une crue multi-pics. A St-Maur-sur-le-Loir, on retrouve les trois pics mais à Villavard, la crue est lissée et grossit de manière homothétique jusqu'à Durtal. L'hydrogramme n'est pas disponible à Port-Gautier. Le débit maximal instantané à Durtal est de 360 m³/s (période de retour de 17 ans). La montée de la crue à Durtal est assez lente (passage de 100 à 360 m³/s en plus de 6 jours soit +43,3 m³/s par jour en moyenne).

Sur le bassin versant de l'Huisne, les affluents ont également réagi par une crue multi-pics. Sur l'Huisne à Nogent-le-Rotrou, la crue a plusieurs pics moins prononcés ; au niveau de Montfort-le-Gesnois, on observe globalement un pallier de débit à 80 m³/s qui dure sur 7 jours avec une pointe centrale à 136 m³/s. La vitesse de montée est donc en deux temps (passage de 35 à 80 m³/s en 36 heures soit +30 m³/s par jour en moyenne puis de 80 à 136 m³/s en 58 heures soit +23,2 m³/s par jour en moyenne).

Sur le bassin versant de la Sarthe, les petits affluents ont réagi par une crue multi-pics excepté l'Orne-Saosnoise qui a été moins touché par la pluie. Sur la Sarthe, il s'agit d'une crue à un seul pic, elle est plutôt lente et dure une dizaine de jours. A Spay, le débit passe de 100 m³/s à 431 m³/s en 5 jours soit +66,2 m³/s par jour en moyenne (période de retour du débit maximal instantané de 30 ans). A Beffes, la pointe de crue passe plus tôt qu'à Spay en raison de l'apport des affluents de rive droite de la Sarthe (l'Erve, la Vaige, la Vègre et la Taude). La vitesse de montée à Spay est plus importante (passage de 130 m³/s à 560 m³/s en 4 jours soit +107,5 m³/s par jour en moyenne), la période de retour est de 11 ans.

Sur la Mayenne, la période de retour de l'événement est de l'ordre de 10 ans sur tout le linéaire. La crue est multi-pics avec une montée rapide pour la première pointe (qui n'est cependant pas la plus importante). A l'Huisserie, le débit passe de 100 à 300 m³/s en moins de 24 heures et continue à monter jusqu'à 400 m³/s en passant par 2 pics successifs en 3,5 jours. A Chambellay, c'est le 3^{ème} pic qui reste, les deux premiers s'étant aplanis dans une montée plus douce, sans doute due à l'influence aval.

Sur l'Oudon, la crue présente un double pic, avec à Châtelais (Marcillé) une période de retour importante de l'ordre de 40 ans. La vitesse de montée de la première pointe de crue est rapide (passage de 20 à 175 m³/s en 32 heures soit +116,3 m³/s par jour). Les affluents de l'Oudon ont également la même configuration avec deux pointes de crue importantes. On note une période de retour assez importante pour le débit maximal instantané du Chéran à la Boissière (21 ans) qui participe à la crue de l'Oudon.

6.15.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Les cotes atteintes sur le Loir en décembre 1999 sont importantes mais sont inférieures de 20 à 80 cm aux cotes maximales de janvier 1961.

Les cotes sur l'Huisne sont inférieures de 50 cm à 1 m aux cotes maximales de janvier 1995. Les cotes sur la Sarthe occupent la 3^{ème} ou la 4^{ème} place en cote la plus haute sur les 16 crues d'étude.

A Maingué sur l'Oudon, c'est la 2^{ème} plus haute cote atteinte sur les 11 crues connues en cote.

6.16 CRUE DE JANVIER 2001

6.16.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 2000 à décembre 2000 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 30/11/2000 au 30/12/2000 (données journalières)

Période intense : du 31/12/2000 au 05/01/2001, soit 6 jours (données journalières)

La période préparatoire est en excès important par rapport aux moyennes sur l'ensemble du bassin versant. L'écart à la moyenne est compris entre +40 et +80 %.

Le mois précédent l'épisode intense a un cumul pluviométrique variant de 67 mm à 137 mm. Le nord-ouest et les collines du Perche sont les plus arrosés alors que le secteur de la Beauce et le Loir aval le sont très peu.

L'épisode intense est principalement localisé sur le bassin de la Mayenne amont avec des cumuls pluviométriques du 31/12 au 5/01/2001 supérieurs à 80 mm. Sur les bassins de l'Oudon et de la Sarthe amont le cumul est comparativement assez prononcé et est compris entre 70 et 80 mm. Plus à l'est, sur le bassin du Loir, ce cumul est comparativement moins important et est compris entre 35 et 70 mm. En moyenne, sur cette période, c'est donc le bassin de la Mayenne qui a la pluviométrie la plus importante (de l'ordre de 80 mm), suivie de la Sarthe (environ 60 mm) et du Loir (environ 50 mm).

6.16.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

Sur le bassin du Loir, la période de retour maximale pour janvier 2001 est de 7 ans à Durtal. Les affluents du Loir présentent globalement deux pointes de crue que l'on retrouve sur le Loir à St-Maur-sur-le-Loir. A partir de Villavard, la crue se lisse et ne présente plus qu'une pointe de crue. Les vitesses de montée sont assez lentes. A Port-Gautier, on passe de 60 à 250 m³/s en 5,5 jours soit +34,5 m³/s par jour en moyenne et à Durtal, on passe de 100 à 285 m³/s en 7 jours soit +26,4 m³/s par jour en moyenne.

Sur l'Huisne, la crue se présente en deux pics (le premier étant peu élevé en débit). La vitesse de montée est moyenne (passage de 50 à 125 m³/s en 2 jours à Montfort-le-Gesnois soit +37,5 m³/s par jour en moyenne).

Sur le bassin de la Sarthe, la crue de janvier 2001 se caractérise par un premier palier puis une pointe de crue. Globalement la crue dure une dizaine de jours, la montée est moyenne avec une augmentation de débit de 200 m³/s en 2 jours. A Spay, la crue a une période de retour de 20 ans. Elle s'atténue à Beffes en débit instantané avec une période de retour de 8 ans. Le pic de crue à Beffes est encore en avance par rapport à Spay. En effet, une part importante de débit est apportée par les affluents aval de la Sarthe (l'Erve, la Vègre et la Vaige) qui forment ainsi une pointe de crue plus forte et en avance sur celle qui arrive de Spay.

Sur la Mayenne, la crue de janvier 2001 s'intensifie d'amont en aval. La période de retour à St-Fraimbault est de 9 ans et à Chambellay, elle est de 22 ans. La crue présente une pointe unique. Les vitesses de montée de la crue sont importantes (passage de 200 à 768 m³/s en 2,5 jours à Chambellay soit +227,2 m³/s par jour en moyenne). Sur l'Oudon, la crue s'intensifie également d'amont en aval, à Marcillé, la période de retour est de 20 ans. L'Argos à Basse Rivière est un affluent de l'Oudon qui a eu une crue importante (période de retour de 20 ans).

6.16.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Les cotes atteintes sur le Loir en janvier 2001 sont inférieures de 0,5 à 1,25 m par rapport aux cotes maximales observées parmi les 16 crues d'étude.

Sur l'Huisne, la cote atteinte à Rémalard est la 3^{ème} plus importante parmi les 7 recueillies. Plus en aval, les cotes atteintes sont assez loin des maximums observés.

Sur la Sarthe, les cotes atteintes occupent entre le 3^{ème} et le 5^{ème} rang dans les plus fortes crues.

Sur l'Oudon à Maingué et à Château-Gontier sur la Mayenne, ce sont les plus fortes cotes qui ont été recueillies. A Chambellay sur la Mayenne, c'est la 3^{ème} plus forte.

6.17 CRUE DE JANVIER 2004

6.17.1 Analyse pluviométrique

Période préparatoire : de septembre 2004 à décembre 2004 inclus (données mensuelles)

Mois précédent la période intense : du 09/12/2003 au 09/01/2004 (données journalières)

Période intense : du 10/01/2004 au 14/01/2004, soit 5 jours (données journalières)

A l'échelle du bassin versant, le cumul pluviométrique durant la période préparatoire de cette crue est située dans la moyenne. La partie nord du bassin versant a plutôt tendance à être en déficit pluviométrique avec des écarts à la moyenne compris entre 0 et -20%. Sur la partie sud cet écart est compris entre 0 et +10%

Le mois précédent la période intense a été pluvieux surtout au nord du bassin versant de la Maine. Ainsi de la pointe nord-ouest jusqu'aux collines du Perche, le cumul pluviométrique mensuel a été de l'ordre de 110 à 130 mm. Ont été également bien arrosés le secteur d'Ernée sur la Mayenne et le haut bassin des affluents rive droite de la Sarthe aval. La partie la moins arrosée est le secteur de la Beauce.

Pour l'épisode intense, les cumuls les plus élevés sont localisés géographiquement. Ils concernent la partie nord-ouest du bassin de la Mayenne amont, du bassin de l'Huisne, du bassin du Loir amont partie nord-ouest et du Loir aval et du bassin de la Sarthe aval. Ces

cumuls sont supérieurs à 80 mm sur la période allant du 10 au 14/01/2004. Comparativement les zones les moins arrosées sont la partie est du bassin versant (Conie) et la partie sud ouest (Oudon) avec des cumuls sur ces 5 jours compris entre 40 et 60 mm.

6.17.2 Données hydrométriques (stations DIREN)

Sur le Loir, la crue de janvier 2004 a été assez importante, avec une période de retour de 16 ans à St-Maur, de 8 ans à Villavard et de 20 ans à Durtal. C'est l'affluent la Brayé qui a connu une forte crue (période de retour de 30 ans à la Caboche). La vitesse de montée de la Brayé est spectaculaire avec un passage de 43,5 à 187 m³/s en 13,5 heures soit +255 m³/s par jour en moyenne. A Villavard, l'hydrogramme possède l'amorce d'un premier pic qui est dû à l'apport de l'Yerre, le deuxième pic plus prononcé étant la crue du Loir venant de l'amont. A Port-Gautier, le pic de la crue correspond indiscutablement à l'apport de la Brayé. Ce pic correspond à celui qui avait été amorcé par l'Yerre et qui a été largement amplifié par la Brayé, la crue du Loir amont (2^{ème} pic) a grossi de manière moins importante. De ce fait, la pointe de crue est en avance à Port-Gautier par rapport à celle de Villavard. Entre Port-Gautier et Durtal, la pointe de crue n'augmente pratiquement pas contrairement au volume de crue. C'est à Port-Gautier que la vitesse de montée du Loir est la plus importante (passage de 100 à 364 m³/s en 32 heures soit +198 m³/s par jour en moyenne). L'Yerre a également une période de retour élevée avec 15 ans à Saint-Hilaire-sur-Yerre. L'Yerre et la Brayé ont fortement réagi à l'épisode pluvieux dans la mesure où le cumul pluviométrique était plus intense sur ce secteur.

Sur l'Huisne, il ne s'agit pas d'une crue exceptionnelle (période de retour de 5 ans). Seul le Narais, dernier affluent en rive gauche de l'Huisne, a plutôt fortement réagi à l'épisode pluvieux (particulièrement prononcé sur ce secteur également) avec une période de retour de 30 ans.

Sur le bassin de la Sarthe, la crue de janvier 2004 ressemble à la crue de janvier 2001. Elle dure une dizaine de jours. C'est à Beffes que la montée en débit est la plus rapide du fait des affluents aval de la Sarthe qui ont réagi fortement à cet épisode pluvieux. La période de retour de l'événement sur l'Erve et la Vègre est de l'ordre de 20 ans, ces deux affluents ont fortement réagi à l'épisode pluvieux. A Beffes il y a donc 2 pics de crue : le premier, le plus important, créé par les affluents aval de la Sarthe et le deuxième étant le pic de la Sarthe venant de Spay. La vitesse de montée à Beffes est importante avec un passage de 100 à 447 m³/s en 53 heures soit +157,1 m³/s par jour en moyenne.

Sur la Mayenne et l'Oudon, la crue n'a pas dépassé 5 ans en période de retour. Sur quelques affluents la crue a une période de retour de l'ordre de 10 ans, c'est le cas de l'Ernée, de la Jouanne, du Chéran et de l'Ouette.

6.17.3 Données limnimétriques (stations SPC)

Sur le Loir, les cotes atteintes varient entre la 2^{ème} place (à la Chartre) et la 6^{ème} place (à Vendôme).

Sur l'Huisne et la Sarthe, les cotes atteintes sont loin des cotes maximales recueillies.

Sur l'Oudon à Maingué et la Mayenne à Chambellay, la cote maximale en janvier 2004 reste basse par rapport aux autres crues. Sur l'Oudon à Craon et la Mayenne à Mayenne, Laval et Château-Gontier, les comparaisons sont délicates du fait du peu de données recueillies.

6.17.4 Données limnimétriques (stations DIREN)

Sur l'Oudon à Cossé-le-Vivien, la cote maximale atteinte en janvier 2004 est inférieure de 20 cm à la cote maximale atteinte en décembre 1999 (la plus forte entre 1990 et 2004). A Marcillé, la cote atteinte est beaucoup plus faible comparée aux autres crues.

Sur la Mayenne, les cotes maximales atteintes sont inférieures à celles de la crue de janvier 1995 (la plus forte parmi les crues recueillies) de 70 cm environ à Saint-Fraimbault, de 60 cm à Bonne, de 70 cm à Château-Gontier, et de 120 cm à Chambellay, ces cotes confirment une crue faible.

6.17.5 Retour d'expérience sur la crue de janvier 2004 : questionnaires aux riverains inondés

A la suite de la crue de janvier 2004 sur le Loir, l'association CADVIL (Comité d'Action et de Défense des Victimes des Inondations du Loir) a envoyé aux communes riveraines du Loir un questionnaire afin d'avoir un retour d'information sur cette crue. Ces données ne nous ont pas été communiquées.

Par ailleurs, l'Etablissement Public Loire a distribué un questionnaire aux riverains inondés à l'assemblée générale du CADVIL de mars 2004.

Les analyses des réponses à ce questionnaire sont présentées ci-après.

24 personnes habitant au bord du Loir ont répondu parmi lesquelles 19 habitent dans le département de la Sarthe et 5 habitent dans le département du Maine-et-Loire. Le tableau présenté page suivante synthétise les réponses.

Les personnes qui ont répondu au questionnaire ont trouvé la montée de la crue rapide, voire très rapide. Elles sont effectivement situées en aval du confluent de la Braye qui a connu une crue importante (épisode pluvieux intense sur l'amont du bassin versant de la Braye) qui s'est directement fait ressentir sur le Loir en aval de la confluence (voir hydrogramme de la crue de janvier 2004 à Port-Gautier). La vitesse de descente de la crue a été plus lente car une fois le pic de crue provenant de la Braye passé, il y avait encore le 2^{ème} pic du Loir (moins important en débit maximal) d'où une diminution des débits plus lente.

D'une manière générale, les personnes touchées par les inondations dénoncent :

- un mauvais entretien ou un mauvais fonctionnement des ouvrages hydrauliques,
- des crues de plus en plus fréquentes et rapides (imperméabilisation des sols mise en cause entre autre),
- une mauvaise connaissance des problèmes d'inondation de la part des communes,
- une mauvaise annonce de crue (« il faudrait que les numéros de téléphone arrêtent de changer »).

Tableau 11 : Tableau de synthèse des réponses au questionnaire de l'Etablissement Public Loire suite à la crue de janvier 2004

Commune	Repère de crue	Type d'inondation	Niveau d'eau	Dommages	Zone touchée	Rôle important des affluents	Commentaires	Vitesse de montée de la crue	Vitesse de descente de la crue
Vouvray-sur-Loir	Oui	Pas touché	jardin : qq cms	Non	1 parc à moutons en bout de propriété touché	Rôle peu important		Rapide	Rapide
Vouvray-sur-Loir		par le Loir	jardin : 30 cm	Non		Affluents très chargés également	crue assez analogue à celle de 1995, baisse de la nappe phréatique de plus en plus lente car les sols n'absorbent plus	Rapide	Habituelle
Vaas	Oui	par un bras du Loir	jardin : 1,30m RdC : 16 cm cave : 30 cm	meubles abimés par l'eau, tapisserie, sols à nettoyer	Habitation touchée		barrages pas ouverts assez tôt	Très rapide	Très lente
Vaas	Oui	par le Loir par ruisseau des Halles	RdC : 0,5 m < h < 1 m	murs, placoplâtres, sols, humidité importante	Habitation touchée		gestion du barrage de Vendôme mis en cause	Rapide	Lente
Vaas	Oui					oui	barrages jamais nettoyés	Rapide	Lente
Vaas	Oui	par le Loir	RdC : h = 40 cm	1 matelas, 2 meubles de cuisine, nettoyage de la boue	Habitation touchée		ouverture des portes marinières de Varennes trop tardive	Très rapide	Très lente
Vaas	Oui	par le Loir	jardin	rives à renforcer, remontée d'humidité dans les maisons	Habitation touchée	le Loir est monté très vite avant les petits affluents (bief Nogent, Bruant, Vaas...)	brèche de 6 m dans une des chaussées du barrage de Bruant	Rapide	Habituelle
Vaas	Oui	par le Loir	jardin	Non	Jardin touché		le barrage se dégrade	Rapide	Lente
Vaas	Oui	par le Ponceau	jardin touché cave : 0,5 m < h < 1 m	Peu important (tondeuse inondée)	Habitation touchée	oui (curage du ruisseau à voir)	crues de + en + rapides et fréquentes, commune pas consciente des problèmes	Rapide	Lente
Vaas	Non	par le Loir	Jardin, Cave et RdC : 0 < h < 0,5 m	Peintures, moquettes, tapisseries	Habitation touchée			Rapide	Habituelle
Le Lude	Non	par le Loir	dans jardin	herbages inondées	Lieu de travail inondé		Inquiétude vis-à-vis d'inondations de + en + fréquentes	Rapide	Lente
La Flèche	Oui	Pas touché			Pas de dommage			Rapide	Lente
La Flèche	Oui	par le Loir	RdC < 0,5 m	plâtres soufflés, traces d'humidité, peintures décollées	Habitation touchée	50% Loir, 50% affluents	mauvaise gestion du barrage de Vendôme	Rapide	Habituelle
La Flèche	Oui	par le Loir	RdC : 20 cm		Habitation touchée		maison inaccessible à pied ou en voiture car trop de courant		Rapide
La Flèche	Oui						rue de l'Oribus inondée par le réseau pluvial	Rapide	
La Flèche	Oui	Pas touché		Non		la Bray	La Bray a joué un rôle important dans la crue	Rapide	Lente
La Flèche	Oui	Pas touché		Non		la Bray		Rapide	Lente
La Flèche	Oui	Pas touché		Non			Les clapets du quartier Ste Colombe ont eu un rôle bénéfique (pas d'eau dans l'avenue Thury-Harcourt)	Rapide	Lente
Bazouges-sur-le-Loir	Oui	par le Loir	RdC < 0,5 m	Non	Habitation touchée			Rapide	Rapide
Bazouges-sur-le-Loir	Non	par le Loir	Cave, Dépendances, garages : 0 < h < 0,5 m	Limons, dommages aux enduits et plâtres	Dépendances touchées	Rôle important variable selon les sections de la rivière	"Il n'y a pas d'ouvrages hydrauliques sur le bassin du Loir, jusqu'ici orphelin et oublié"	Rapide	Lente
Durtal	Oui	par le Loir		Peu importants (boues et divers)	Habitation touchée			Rapide	Lente
Durtal	Oui	par le Loir	dépendance : 0,50 m cour : 0,60 m jardin : 0,70 m	Peu importants car le nécessaire a été fait pour les éviter	Toutes dépendances touchées	Rôle important dans la mesure où ils ne sont pas équipés de retenues efficaces des eaux de pluie	Dégradation partielle d'un massif de barrage (mauvais entretien!) Il faudrait une annonce de crue efficace avec des numéros de téléphone qui ne changent pas, des travaux de proximité sur les affluents	Rapide	Lente
Seiches-sur-le-Loir	Non	par le Loir	jardin touché cave : 0,5 m < h < 1 m					Rapide	Lente

Par ailleurs, le Syndicat du Loir aval indique que la crue de 2004 n'a pas été exceptionnelle au niveau du cours aval du Loir : aucun dommage n'a été déploré. Le Syndicat déplore le manque d'efficacité actuel des prévisions de crues, les informations étant reçues souvent trop tardivement pour pouvoir prendre des dispositions de prévention ou de protection. En Janvier 2004, les informations sur les évolutions de la crue étaient souvent obtenues par consultation directe des communes situées en amont.

Le SIVL (Syndicat Intercommunal de la Vallée du Loir amont) ne s'occupe pas des crues et ne possède donc pas d'informations particulières. La crue de 2004 n'a pas marqué les esprits. C'est celle de 1966 qui était la plus forte. Pour diminuer les crues sur le Loir, le Syndicat estime qu'il faudrait des ouvrages de rétention sur l'Ozanne et l'Yerre qui sont des affluents qui apportent beaucoup d'eau au Loir quand il pleut.

7 ANALYSE DE DIFFERENTS PARAMETRES DU BASSIN DE LA MAINE

7.1 EVOLUTION DE LA MASSE PLUVIEUSE

Lors de l'analyse pluviométrique, des cartes de pluviométrie pour les différents événements étudiés ont été réalisées, elles figurent en annexe 4.

Des histogrammes de pluies journalières ont également été réalisés en annexe 5 au niveau de 5 stations pluviométriques réparties sur le bassin de la Maine (Authon-du-Perche, Jallans, Mayenne, Alençon et Sablé-sur-Sarthe).

Pour la crue de janvier 1995, les cartes de pluviométrie journalière ont été établies pour le 19 janvier, le 20 janvier, le 21 janvier, le 22 janvier et le 23 janvier 1995.

On y observe des « taches » de couleur qui indiquent les zones de pluviométrie plus importante. Cependant, d'un jour à l'autre, on n'observe pas le déplacement de ces taches.

Le 19 janvier 1995, une pluviométrie journalière de plus de 48 mm est observée à la limite des bassins versants de la Mayenne et de la Sarthe. Le lendemain, cette forte pluviométrie n'est plus visible.

Le 21 janvier 1995, deux taches de forte pluviométrie (proches de 60 mm) sont visibles, une à la frontière nord entre les bassins versant de la Mayenne et de la Sarthe et l'autre sur le haut bassin de l'Huisne. Le lendemain, ces taches sont encore visibles mais elles ont perdu en intensité (pluviométrie comprise entre 24 et 36 mm). Ces deux masses pluvieuses respectivement placées au niveau des Alpes Mancelles et des collines du Perche sont donc restées accrochées au relief sans se déplacer.

L'analyse sur la pluie a été faite à un pas de temps journalier car les stations qui fournissent des données à un pas de temps horaire ne sont pas assez nombreuses. Après recherche, il en existe seulement 8 sur le bassin de la Maine (3 sur le bassin versant de la Mayenne, 3 sur le bassin versant de la Sarthe excepté le bassin versant de l'Huisne et 2 sur le bassin versant amont du Loir) et ces données auraient été insuffisantes pour la suite de l'étude en vue de la transformation pluie-débit.

L'analyse des histogrammes de pluies journalières met en évidence que les forts jours de pluie sont les mêmes d'une station à l'autre, on observe ainsi des fortes pluies sur les 5 stations les :

- 2 janvier 1961,
- 19 et 22 janvier 1966,
- 23 au 25 octobre 1966 et le 8 novembre 1966,
- 14 et 15 novembre 1974,
- 1 et 4 février 1979 puis du 6 au 13 février 1979 (pluie peu intense),
- 16 et 19 décembre 1982,
- 8 et 9 avril 1983,
- 5 au 7 avril 1985,
- 11, 13 et 15 février 1990,
- 10 et 11 janvier 1993,
- 21, 24 et 27 janvier 1995,
- 24 et 25 février 1996 (au niveau de Jallans, la pluie est très faible),

- 24 et 25 février 1997,
- 24, 27 et 30 décembre 1999,
- 4 janvier 2001,
- 12 et 13 janvier 2004.

Cependant on peut observer des nuances concernant l'ampleur de la pluie d'un jour à l'autre. Par exemple, sur la crue d'octobre 1966, on observe le maximum de pluie le 24 octobre à Mayenne (station la plus à l'ouest) et le 25 octobre la pluie est faible. En se déplaçant un peu à l'Est (station d'Alençon), la pluie diminue un peu le 24 octobre et augmente le 25 octobre. Ce phénomène s'amplifie en allant encore plus à l'Est avec la station de Jallans où les pluies des 24 et 25 octobre sont presque identiques. Le même phénomène s'observe sur la crue d'avril 1985.

Ainsi la masse pluvieuse parcourt le bassin de la Maine d'ouest en est en moins d'un jour.

Deux types d'événement pluvieux peuvent être observés :

- une pluie venant de l'ouest et qui traverse le bassin de la Maine d'ouest en est en moins d'un jour (cette pluie pouvant perdre en intensité ou non),
- des pluies localisées sur les massifs (collines du Perche, collines des Alpes Mancelles, collines de Normandie).

7.2 GEL ET NEIGE

Afin de connaître le contexte climatique avant chaque crue, les données de températures (minimales et maximales journalières) et l'occurrence de neige (0 : jour sans chute de neige, 1 : jour avec chute de neige) ont été demandées à Météo-France pour 4 stations représentatives du bassin de la Maine et pour lesquelles les données existaient (Châteaudun, Laval, Alençon et le Mans). Ces données sont présentées en annexe 6.

Le tableau suivant synthétise les résultats :

Crue	Neige		Gel
	Nb de jours	Nb de stations	Nb de jours
janv-61	1	3	
janv-66	2 à 5	4	8
oct-66	1	3	
nov-74			
févr-79	1 à 4	3	
déc-82	1 à 3	4	
avr-83	1 à 3	4	
avr-85			
févr-90	2	1	
janv-93			10
janv-95			
févr-96	3	4	2
févr-97	1	1	
déc-99	1 à 2	4	
janv-01	1 à 3	3	
janv-04	3	3	

L'occurrence de neige est une donnée indicative car on ne connaît pas la quantité tombée. Trois événements comportent des jours de gel.

En janvier 1966, il y a eu 8 jours de gel (du 12 au 19 janvier) avec des chutes de neige, et la pluie du 19 janvier puis du 22 janvier est arrivée avec le redoux. La pluie est donc arrivée sur un sol gelé qui a dû augmenter le ruissellement. La période de retour de la crue à Spay a été évaluée à 50 ans. Or, la pluie tombée n'est pas très importante en comparaison de celle tombée en janvier 1995 où une pluie plus importante a provoqué une crue moins importante à Spay (période de retour du débit instantané de 40 ans), ce qui semble bien confirmer un ruissellement plus important en janvier 1966.

En janvier 1993, il y a eu 10 jours de gel (du 26/12/92 au 4/01/93), cependant la forte pluie est arrivée après 7 jours de redoux, le sol n'était alors plus gelé. Il n'y a donc pas eu d'augmentation particulière du ruissellement.

En février 1996, on observe 2-3 jours de gel (du 20 au 22/02/96) accompagnés de chute de neige. Puis un redoux se produit avec une pluie journalière importante les 24 et 25 février. Le gel n'a pas duré assez longtemps pour réellement geler le sol et augmenter le ruissellement. Concernant la neige, il est difficile de savoir s'il en est tombé beaucoup et si le redoux a contribué à sa fonte.

7.3 ANALYSE DES VOLUMES DE CRUE

A partir des hydrogrammes recueillis aux différentes stations du bassin de la Maine, des calculs de volume ont été réalisés pour les crues d'étude (en tenant compte d'un débit de base pour chaque hydrogramme correspondant au débit minimum observé pendant le temps d'intégration). Les durées d'intégration pour chaque crue correspondant à la durée caractéristiques de la crue sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 12 :

Crue	Début calcul volume	Fin calcul volume	Nb de jours
janv-61	1/1/61 8:00	14/1/61 23:30	14
janv-66	18/1/66 8:00	3/2/66 23:30	17
oct-66	24/10/66 8:00	4/11/66 23:30	12
nov-74	14/11/74 8:00	22/11/74 23:30	9
févr-79	3/2/79 8:00	21/2/79 23:30	19
déc-82	15/12/82 8:00	30/12/82 23:30	16
avr-83	4/4/83 8:00	18/4/83 23:30	15
avr-85	4/4/85 8:00	20/4/85 23:30	17
févr-90	10/2/90 8:00	22/2/90 23:30	13
janv-93	11/1/93 8:00	21/1/93 23:30	11
janv-95	19/1/95 8:00	9/2/95 23:30	22
févr-96	25/2/96 8:00	4/3/96 23:30	9
févr-97	25/2/97 8:00	6/3/97 23:30	10
déc-99	25/12/99 8:00	10/1/00 23:30	17
janv-01	1/1/01 8:00	15/1/01 23:30	15
janv-04	12/1/04 8:00	24/1/04 23:30	13

Les résultats obtenus par sous-bassin versant sont rassemblés dans les tableaux récapitulatifs 13 à 15 présentés pages suivantes.

Le tableau 16 présente les mêmes calculs faits à partir des données de débits journaliers pour quelques stations du bassin de la Maine pour les crues étudiées entre 1961 et 1990 pour lesquelles les hydrogrammes réels n'étaient pas disponibles.

Tableau 13 : Tableau des volumes pour le bassin versant de la Mayenne

Estimation des volumes de crue en millions de m³ sur le bassin versant de la Mayenne et de l'Oudon

Description	Bassin versant (km ²)	2004	2001	1999	1997	1996	1995	1993
La Mayenne à Pré en pail	37				0,92	1,17	4,57	1,13
La Mayenne à Couptrain	135				3,43	4,63	20,40	4,13
Le Tilleul à Saint-Sauveur-de-Fléé	5,2							0,14
Le Tilleul à Lignéres-Ornières (Les Senallières)	47				0,82	1,12		
L'Aisne à Javron-les-Chapelles (Les Chapelles)	145	7,28	7,38	9,46	3,83			
La Mayenne à Madré	335	13,68	19,03	18,61	9,70	12,70	45,79	
La Mayenne à Couterne	521			28,82			70,99	
La Mayenne à Ambrrières-les-Vallées (Cigné)	828	25,09	33,41	51,67	14,65	18,23	90,36	
La Varenne à Domfront	198	6,52	10,09	19,22	2,32	3,11	30,91	9,19
La Varenne au Châtelier (La Fonte)	45,2	1,71	3,22	3,08				
La Varenne à Saint-Fraimbault (Moulin Crinais)	517	16,12	25,99	35,39	5,59	7,66	66,07	17,70
La Colmont à la Bigottière (Lesbois)	115	2,65	4,32	6,20	0,75	0,76		
La Colmont à Oisseau	245	5,32	6,64	9,46	2,33	1,89	22,80	3,74
La Mayenne à Saint-Fraimbault-de-Prières	1851	55,95	81,87	114,38	26,45	34,94	236,16	53,04
Le Montanger à la Haie-Traversaine	5,7	0,19	0,29	0,29				
L'Aron à Moulay	188	5,18	8,31	8,42	4,03	5,04	21,84	4,77
Le ruisseau du Fresne à Châlons-du-Maine (les Valettes)	13							0,33
L'Ernée à Ernée	115	1,72	3,26	4,52	1,11	0,56	13,20	1,35
L'Ernée à Andouillé (les Vaugeois)	375	11,75	16,35	19,79	5,95	4,12	46,95	8,73
La Mayenne à l' Huisserie (Bonne)	2890	82,29	141,51	170,24	51,09	54,42	341,15	78,64
La Jouanne à Neau (la Touche)	85	1,68	2,19	3,31	1,90	2,60	7,43	
La Jouanne à Forcé	410	15,28	21,96	24,21	10,44	13,81	43,15	12,19
Le Vicoin à Nuillé-sur-Vicoin	235	7,75	17,25	19,46	6,79	7,90	29,22	8,61
L'Ouette à Entrammes	118	4,41	7,93	6,79	2,28	2,42	7,86	2,46
La Mayenne à Château-Gontier	3910	113,99	187,57	222,40	70,73	85,90	430,07	
La Mayenne à Chambellay	4160	129,85	219,10	288,68	90,54	101,21	607,55	114,40
L'Oudon à Cossé-le-Vivien	133	4,57	5,50	8,80	2,87	3,28	8,76	2,50
L'Uzure à Saint-Michel-de-la-Roë (la Gouranderie)	21		3,59	3,19				0,51
L'Oudon à Châtellais (Marcillé)	734	17,83	32,17	47,51	16,33	19,47	57,17	13,91
Le Chéran à la Boissière	85	2,88	4,07	5,59	2,53	3,01	7,97	2,17
La Verzée au Bourg-d'Iré (la Pommeraye)	205	7,57	8,91	13,46	4,69	6,26	22,38	3,75
L'Argos à Sainte-Gemmes-d'Andigné (Basse Rivière)	153	4,59	8,43	10,50	3,32	4,39	14,07	4,18
L'Oudon à Segré (Ecluse de Mainque)	1310	38,75	67,05	86,79	34,33	40,61	139,09	0,06
L'Oudon à Andigné (Port aux Anglais)	1409		26,89	95,45	35,01	40,78	297,53	27,66

Description	Bassin versant (km ²)	1990	1985	1983	1982	1979	1974
La Mayenne à Pré en pail	37						
La Mayenne à Couptrain	135						
Le Tilleul à Saint-Sauveur-de-Fléé	5,2	0,16	0,15				
Le Tilleul à Lignéres-Ornières (Les Senallières)	47						
L'Aisne à Javron-les-Chapelles (Les Chapelles)	145						
La Mayenne à Madré	335						
La Mayenne à Couterne	521						
La Mayenne à Ambrrières-les-Vallées (Cigné)	828						
La Varenne à Domfront	198	15,04	4,48	4,34	13,66		
La Varenne au Châtelier (La Fonte)	45,2						
La Varenne à Saint-Fraimbault (Moulin Crinais)	517						
La Colmont à la Bigottière (Lesbois)	115						
La Colmont à Oisseau	245						
La Mayenne à Saint-Fraimbault-de-Prières	1851						
Le Montanger à la Haie-Traversaine	5,7						
L'Aron à Moulay	188	8,09	6,18	2,39	8,82	6,78	
Le ruisseau du Fresne à Châlons-du-Maine (les Valettes)	13	0,56					
L'Ernée à Ernée	115	4,08					
L'Ernée à Andouillé (les Vaugeois)	375	16,43	7,92	5,24	12,39	9,90	
La Mayenne à l' Huisserie (Bonne)	2890						
La Jouanne à Neau (la Touche)	85						
La Jouanne à Forcé	410	15,09	17,14	10,10	18,93	20,10	15,33
Le Vicoin à Nuillé-sur-Vicoin	235	6,54	9,92	6,98	11,98	10,99	12,63
L'Ouette à Entrammes	118	4,04					
La Mayenne à Château-Gontier	3910						
La Mayenne à Chambellay	4160						
L'Oudon à Cossé-le-Vivien	133						
L'Uzure à Saint-Michel-de-la-Roë (la Gouranderie)	21	0,53	0,67				
L'Oudon à Châtellais (Marcillé)	734	16,73	19,02	17,60	25,87	27,53	
Le Chéran à la Boissière	85	3,07	2,14	2,49	3,06	3,73	1,65
La Verzée au Bourg-d'Iré (la Pommeraye)	205						
L'Argos à Sainte-Gemmes-d'Andigné (Basse Rivière)	153	3,34	3,38	6,10			
L'Oudon à Segré (Ecluse de Mainque)	1310						
L'Oudon à Andigné (Port aux Anglais)	1409						

Tableau 14 : Tableau des volumes pour le bassin versant de la Sarthe

Estimation des volumes de crue en millions de m³ sur le bassin versant de la Sarthe

Description	Bassin versant (km ²)	2004	2001	1999	1997	1996	1995	1993
L'Hoëne à la Mesnière (La Foulerie)	75.6	0.87	0.99	1.93	0.00	0.50	4.26	1.54
La Sarthe au Mêle-sur-Sarthe	283		8.11	14.21	2.58	4.80	21.03	
La Sarthe à Saint-Céneri-le-Gérei (Moulin du Désert)	908	29.27	39.11	54.38	15.39	21.14	82.47	35.26
L'Ornette à Saint-Pierre-des-Nids (Larray)	54	2.09	2.47	3.48	1.58	1.69	5.98	1.91
Le Terraçon à Saint-Pierre-des-Nids (Pont des Terriers)	35	1.23	1.46	2.95	1.04	1.17	4.88	
Le Merdereau à Saint-Paul-le-Gaultier (Chiantin)	118	3.47	4.58	7.59	3.12	2.92	13.85	3.27
La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier	89	3.18	3.71	4.39	2.02	2.27	10.73	2.92
L'Orthe à Douillet (le Joly)	126	3.25	5.05	5.99	2.98	2.26		
La Bienné à Thoiré-sous-Contensor	104	1.80	2.00	2.44	1.39	0.70	5.72	1.33
La Saosnette à Thoiré-sous-Contensor	36	0.29	0.12	0.16	0.14	0.04	0.54	0.14
L'Orne Saosnoise à Montbizot (Moulin Neuf Cidreie)	510	8.89	15.27	17.35	6.37	5.30	28.91	6.90
La Sarthe à Souillé	2700		120.12	157.39	50.20	51.14	238.98	
La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe (Montreuil)	2716	78.06	123.62	151.88	54.59	57.25	247.06	
Le Roule Crottes à Arnage (Gué Gilet)	76	1.04	1.47	1.94	0.45	0.30	2.31	
La Sarthe à Spay	5285	110.05	164.76	206.56	74.83	61.10	355.88	
L'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans	59	1.23	1.82	2.40	0.68	0.20	3.60	0.71
La Gée à Fercé-sur-Sarthe (Planche Augis)	112	2.08	2.72	4.32	1.03	0.67	5.13	1.61
La Claire Onde à Chantenay-Villedieu (Groteau)	7	0.02	0.02	0.04	0.00	0.01	0.10	0.00
Le Deux Fonds à Avoise (Gué Avezel)	83	0.92	1.54	1.93	0.36	0.27	2.74	0.39
Le Berdin à Tennie	22	0.54	0.70	0.79	0.56	0.37	1.88	0.52
La Vègre à Asnières-sur-Vègre	401	14.26	14.78	19.66	9.80	6.93	34.29	10.32
L'Erve à Voutré (La Crousille)	63	1.28	1.95	2.05				
Le Treulon à Auvers-le-Hamon (la Havardière)	143	5.51	7.51	10.16	4.28	3.85	15.26	3.18
L'Erve à Auvers-le-Hamon (Moulin la Roche)	380	15.08	19.07	26.58	10.67	7.30	29.95	10.78
La Vaige à Bouessay	233	9.21	11.40	14.77	7.65	6.60	17.60	5.36
La Taude à Saint-Brice	48	1.43	2.51	2.81	0.97	0.85	3.69	0.96
Le Rhonne à Guécélard (la Soufflardière)	77	0.47	0.71	0.85	0.07	0.26	1.11	0.49
Le Fessard à Cérans-Fouilletourte (Grand Mineloup)	47	0.36	0.69	0.76	0.20	0.15	1.07	0.27
La Vézanne à Malicorne-sur-Sarthe	82	1.30	3.15	4.12	1.08	0.67	7.56	1.40
La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou (Befes)	7380	175.90	229.41	315.56	124.42	99.04	539.52	160.01

Description	Bassin versant (km ²)	1990	1985	1983	1982	1979	1974
L'Hoëne à la Mesnière (La Foulerie)	75.6						
La Sarthe au Mêle-sur-Sarthe	283						
La Sarthe à Saint-Céneri-le-Gérei (Moulin du Désert)	908	24.97					
L'Ornette à Saint-Pierre-des-Nids (Larray)	54						
Le Terraçon à Saint-Pierre-des-Nids (Pont des Terriers)	35						
Le Merdereau à Saint-Paul-le-Gaultier (Chiantin)	118	5.33	4.44				
La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier	89						
L'Orthe à Douillet (le Joly)	126						
La Bienné à Thoiré-sous-Contensor	104						
La Saosnette à Thoiré-sous-Contensor	36						
L'Orne Saosnoise à Montbizot (Moulin Neuf Cidreie)	510	10.48	19.88	8.87	15.48	22.47	4.44
La Sarthe à Souillé	2700						
La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe (Montreuil)	2716						
Le Roule Crottes à Arnage (Gué Gilet)	76						
La Sarthe à Spay	5285						
L'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans	59						
La Gée à Fercé-sur-Sarthe (Planche Augis)	112	2.59	2.84				
La Claire Onde à Chantenay-Villedieu (Groteau)	7						
Le Deux Fonds à Avoise (Gué Avezel)	83						
Le Berdin à Tennie	22	0.85	0.76	0.45			
La Vègre à Asnières-sur-Vègre	401	10.82	13.14	8.27	12.11		
L'Erve à Voutré (La Crousille)	63						
Le Treulon à Auvers-le-Hamon (la Havardière)	143						
L'Erve à Auvers-le-Hamon (Moulin la Roche)	380	14.51	17.95	11.88	15.75	22.37	5.87
La Vaige à Bouessay	233	8.31	10.40	6.89	9.79		
La Taude à Saint-Brice	48	1.07	1.78				
Le Rhonne à Guécélard (la Soufflardière)	77	0.49					
Le Fessard à Cérans-Fouilletourte (Grand Mineloup)	47						
La Vézanne à Malicorne-sur-Sarthe	82						
La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou (Befes)	7380	162.93	235.01				

Estimation des volumes de crue en millions de m³ sur le bassin versant de l'Huisne

Description	Bassin versant (km ²)	2004	2001	1999	1997	1996	1995	1993
L'Huisne à Réveillon (Moulin de Réveillon)	78.3	2.22	1.06	2.84	0.32			
La Cloche à Margon	115	1.99						
L'Huisne à Nogent-le-Rotrou	827	16.1	20.45	28.32	12.36	4.68	50.52	16.71
La Tortue à Saint-Michel-de-Chavaignes (l'Onglée)	45	0.6	0.77	1.15	0.31	0.09	2.57	0.5
L'Huisne à Montfort-le-Gesnois (la Pécardière)	1890	32.52	42.54	55.96	24.33	10.17	96.63	31.5
Le Narais à Saint-Mars-la-Brière	167	1.64	1.51	1.83	0.65	0.23	3.21	0.69
La Vive Parence à Yvré-l'Évêque (Parence)	185	3.65	4.99	6.42	2.45	1.07	9.05	2.89

Description	Bassin versant (km ²)	1990	1985	1983	1982	1979	1974
L'Huisne à Réveillon (Moulin de Réveillon)	78.3						
La Cloche à Margon	115						
L'Huisne à Nogent-le-Rotrou	827	14.04	19.06	10.49	15.47	25.62	9.95
La Tortue à Saint-Michel-de-Chavaignes (l'Onglée)	45	0.36					
L'Huisne à Cherré	1420						
L'Huisne à Montfort-le-Gesnois (la Pécardière)	1890	23.52	44.55	22.58	30	43.51	
Le Narais à Saint-Mars-la-Brière	167	0.71	1.8				
La Vive Parence à Yvré-l'Évêque (Parence)	185	3	6.85				

Tableau 15 : Tableau des volumes pour le bassin versant du Loir

Estimation des volumes de crue en millions de m³ sur le bassin versant du Loir

Description	Bassin versant (km ²)	2004	2001	1999	1997	1996	1995	1993
La vallée de la Malorne à Bouville	122							0,57
La vallée de Boncé à Montboissier	203							
Le Loir à Alluyes	764							
L'Ozanne à Trizay-lès-Bonneval	268		15,54	18,73	7,44	1,91	23,57	9,95
Le Loir à Saint-Maur-sur-le-Loir	1160	25,48	28,48	38,35	17,17	3,63	51,87	16,23
La Conie à Conie-Mollard (Pont de Bleuët)	500	0,28	0,40	0,11	0,05			
L'Yerre à Saint-Denis-les-Ponts	282	0,00						5,74
L'Yerre à Saint-Hilaire-sur-Yerre (Bêchereau)	297	11,20	X 2,65 10,35	X 2,26 13,20	X 2,28 4,13	X 2,39 1,15	X 1,52 24,50	X 2,89
L'Aigre à Romilly-sur-Aigre (St-Calais)	276	0,91						
Le Loir à Morée	3610							
Le Loir à Villavard	4545	67,47	64,29	87,49	41,08	5,53	149,76	
La Cendrine à Ternay	25				0,43	0,03	1,36	0,39
La Braye à Valennes (la Caboche)	270	9,32	8,72	12,31	5,67	1,52	21,51	6,57
La Braye à Sargé-sur-Braye	497	22,75	15,86	28,19	10,98	1,79	38,79	
Le Couëtron à Souday (Glatigny)	85		3,49	4,15	1,92	0,48	7,25	2,44
L'Anille à Saint-Gervais-de-Vic (La Cruchetière)	98	3,94	X 1,66 2,62	X 1,66 4,21	X 1,58 1,81	X 1,53	X 1,37	
Le Tusson à la Chapelle-Gaugain (les Riverelles)	94	4,17	2,79	4,08	1,62	0,38	5,34	
La Veuve à Saint-Pierre-du-Lorouër (Petit Brives)	156	4,06	3,44	6,65	2,03		7,39	2,16
L'Etangsort à Courdemanche	57	1,70	1,35	2,23	1,01	0,25	3,02	
Le Loir à Flée (Port-Gautier)	5940	111,75	106,86	134,95	64,83	8,46	205,10	79,93
L'Escotais à Saint-Paterne-Racan	67	2,02	2,31	3,30	1,67	0,12	5,16	1,17
La Maulne à Broc	85				0,46	0,12	4,55	0,51
L'Aune à Pontvallain (Casse Maillé)	149	1,82	X 1,20 2,18	X 1,26 3,72	X 1,16 0,67	X 1,67	X 1,55	X 1,18
L'Aune à Luché-Pringé (Moulin à Tan)	224					0,64	11,31	3,25
Le Casseau à Mansigné	43	0,63	0,62	0,91	0,18	0,28	2,09	0,51
L'Argance à la Chapelle-d'Aliqué (La Cheviraye)	59	1,03	1,32	1,67	0,48	0,50	2,97	0,42
Le Loir à Durtal	7920	133,98	134,95	177,32	75,37	14,09	316,92	94,26

Description	Bassin versant (km ²)	1990	1985	1983	1982	1979	1974
La vallée de la Malorne à Bouville	122	0,36	1,01	1,57	1,17	3,64	0,04
La vallée de Boncé à Montboissier	203		0,52	0,82	0,59	1,56	0,01
Le Loir à Alluyes	764	8,09	13,71	13,25	14,05	34,70	3,45
L'Ozanne à Trizay-lès-Bonneval	268		14,23	17,11	12,86	17,31	2,08
Le Loir à Saint-Maur-sur-le-Loir	1160	14,07	20,09	26,20	20,71	4,72	
La Conie à Conie-Mollard (Pont de Bleuët)	500						
L'Yerre à Saint-Denis-les-Ponts	282	6,17	X 2,44 6,01	X 3,36 11,29	X 3,18 9,30	X 1,55 13,11	
L'Yerre à Saint-Hilaire-sur-Yerre (Bêchereau)	297						
L'Aigre à Romilly-sur-Aigre (St-Calais)	276						
Le Loir à Morée	3610						
Le Loir à Villavard	4545	34,28	67,50	83,29	52,50	90,80	7,33
La Cendrine à Ternay	25	0,28	0,30		2,90		
La Braye à Valennes (la Caboche)	270						
La Braye à Sargé-sur-Braye	497						
Le Couëtron à Souday (Glatigny)	85	2,08	2,98	3,93	3,38	4,93	0,48
L'Anille à Saint-Gervais-de-Vic (La Cruchetière)	98						
Le Tusson à la Chapelle-Gaugain (les Riverelles)	94						
La Veuve à Saint-Pierre-du-Lorouër (Petit Brives)	156						
L'Etangsort à Courdemanche	57						
Le Loir à Flée (Port-Gautier)	5940						
L'Escotais à Saint-Paterne-Racan	67	0,74	0,99	3,01	2,08	2,02	0,07
La Maulne à Broc	85	0,46	1,25	1,67	1,20		
L'Aune à Pontvallain (Casse Maillé)	149						
L'Aune à Luché-Pringé (Moulin à Tan)	224						
Le Casseau à Mansigné	43						
L'Argance à la Chapelle-d'Aliqué (La Cheviraye)	59						
Le Loir à Durtal	7920						

Tableau 16 : Tableau des volumes de crue estimés à partir des données journalières de débit

Estimation des volumes écoulés en millions de m³ à partir des débits journaliers

Description	Bassin versant (km ²)	1990	1985	1983	1982	1979
L'Huisne à Nogent-le-Rotrou [Pont de bois]	827	13,74	18,73	10,22	15,06	25,58
La Sarthe à Spay	5285	99,45	X 1,62 152,86	X 1,51 79,20	X 1,73 108,85	X 1,54 142,71
La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou [Befes]	7380	160,76	X 1,62 230,86	X 1,51 137,32	X 1,73 167,43	X 1,54 238,56
Le Loir à Villavard	4545	32,99	57,64	82,85	3,06	0,00
Le Loir à Durtal	7920	62,04	123,29	171,90	101,29	167,23
La Mayenne à Saint-Fraimbault-de-Prières	1851	104,93	X 1,72 37,46	X 2,80 20,01	X 3,47 59,31	X 2,56 71,51
La Mayenne à Chambellay	4160	180,06	X 1,72 104,90	X 2,80 69,33	X 3,47 151,81	X 2,56 136,72
L'Oudon à Andigné [Port aux Anglais]	1409	34,46	31,41	39,02	61,08	0,00

Description	Bassin versant (km ²)	1974	oct-66	j-1966	1961
L'Huisne à Nogent-le-Rotrou [Pont de bois]	827	9,39	0,00	0,00	0,00
La Sarthe à Spay	5285	52,18	X 1,17 119,77	198,94	118,74
La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou [Befes]	7380	61,04	X 1,17 0,00	0,00	0,00
Le Loir à Villavard	4545	6,29	16,15	0,00	0,00
Le Loir à Durtal	7920	13,56	29,99	146,57	232,12
La Mayenne à Saint-Fraimbault-de-Prières	1851	78,23	X 2,25 0,00	0,00	0,00
La Mayenne à Chambellay	4160	175,98	X 2,25 198,23	172,34	0,00
L'Oudon à Andigné [Port aux Anglais]	1409	17,16	0,00	0,00	0,00

Temps d'intégration = du 01/01/1961 0:00 au 14/01/1961 0:00
 du 18/01/1966 0:00 au 03/02/1966 0:00
 du 20/10/1966 0:00 au 04/11/1966 0:00
 du 14/10/1966 0:00 au 04/11/1966 0:00
 du 14/11/1974 0:00 au 22/11/1974 0:00
 du 03/02/1979 0:00 au 21/02/1979 0:00
 du 15/12/1982 0:00 au 30/12/1982 0:00
 du 04/04/1983 0:00 au 18/04/1983 0:00
 du 04/04/1985 0:00 au 20/04/1985 0:00
 du 10/02/1990 0:00 au 22/02/1990 0:00

Le long des différents cours d'eau, l'évolution du volume écoulé a été estimée. Ainsi, des facteurs multiplicatifs ont pu être mis en évidence entre certaines stations (surtout pour les crues postérieures à 1993 qui sont plus riches en données hydrométriques).

Des calculs similaires ont été réalisés pour quelques stations à partir des données journalières de débits, ce qui permet d'avoir quelques données pour les crues antérieures à 1993 (voir tableau 16 précédent). La figure 8 présente ces éléments. Sur cette figure, le facteur multiplicatif en volume de crue entre 2 stations est ramené au rapport des surfaces des bassins versants.

7.3.1 Bassins versants de la Mayenne et de l'Oudon

En dehors de l'Oudon, le bassin versant de la Mayenne a une forme allongée et reçoit globalement ses affluents répartis de manière assez homogène en rive gauche et en rive droite.

On peut cependant différencier quelques secteurs d'amont en aval.

La Mayenne de sa source jusqu'à Ambrières-les-Vallées (BV = 828 km²) coule d'est en ouest, elle reçoit des affluents de même importance en rive gauche et en rive droite. Les volumes de crue entre Couptrain et Madré sont multipliés par 2,2 à 2,8 selon les crues. Entre Madré et Ambrières-les-Vallées, ils sont multipliés par 1,5 à 2,8. Ce secteur ne comporte pas d'affluent très important.

D'Ambrières-les-Vallées jusqu'à Saint-Baudelle (BV = 2150 km²), la Mayenne coule du nord vers le sud et reçoit deux affluents importants en rive droite et pratiquement rien en rive gauche. Il s'agit de la Varenne (BV = 673 km²) et de la Colmont (BV = 269 km²). Le volume apporté par la Varenne à St-Fraimbault représente entre 21 et 32 % du volume de crue calculé au niveau de la Mayenne à St-Fraimbault ce qui représente une part importante des apports.

De St-Fraimbault (BV = 1851 km²) à l'Huisserie (BV = 2890 km²), la Mayenne reçoit un affluent drainant un bassin versant de 188 km² en rive gauche l'Aron et un affluent drainant un bassin versant de 393 km² en rive droite l'Ernée (qui représente 12 à 14 % du volume de crue calculé à l'Huisserie). Les volumes de crue sur ce secteur sont en moyenne multipliés par 1,4 à 1,9.

De l'Huisserie (BV = 2890 km²) à Château-Gontier (BV = 3910 km²), la Mayenne reçoit un affluent drainant un bassin versant de 259 km² en rive droite le Vicoïn et un affluent drainant un bassin versant de 421 km² en rive gauche la Jouanne. Les volumes de crue sur ce secteur sont en moyenne multipliés par 1,3 à 1,5.

De Château-Gontier à Chambellay, l'augmentation du bassin versant est assez réduite avec de petits affluents, ainsi les volumes de crue sont en moyenne multipliés par 1,1 à 1,3.

L'Oudon (BV total de 1487 km²) est le plus important affluent de la Mayenne, il conflue avec la Mayenne en aval de Chambellay. De Cossé-le-Vivien (BV = 133 km²) à Châtellais (BV =

734 km²), les volumes de crue sont en moyenne multipliés par 4 à 6. De Châtellais à Segré (BV = 1310 km²), les volumes de crue sont en moyenne multipliés par 2. Les volumes de crue apportés par l'Oudon représentent environ 30% des volumes calculés sur la Mayenne à Chambellay.

7.3.2 Bassins versants de la Sarthe et de l'Huisne

Le bassin versant de la Sarthe a une forme beaucoup moins allongée que celui de la Mayenne.

Plusieurs secteurs peuvent être définis.

De Mêle-sur-Sarthe (BV = 283 km²) à Saint-Céneri-le-Gérei (BV = 908 km²), le bassin versant est assez allongé ne recevant que de petits affluents de part et d'autre. Les volumes de crue sur ce secteur sont multipliés en moyenne de 3,9 à 6.

Entre Saint-Céneri-le-Gérei et Souillé (BV = 2700 km²), le bassin versant a une forme en éventail qui entraîne un plus fort débit de pointe en crue que pour un bassin versant allongé. Les principaux affluents en rive droite sont l'Ornette, le Terraçon, le Merdereau, la Vaudelle et l'Orthe, en rive gauche ce sont la Bienne, la Saosnette et l'Orne Saosnoise. C'est ce dernier affluent qui est le plus important sur ce secteur avec un bassin versant de 510 km², il apporte 10% du volume calculé à Souillé. Les volumes de crue de la Sarthe en crue sont en moyenne multipliés par 3 entre Saint-Céneri-le-Gérei et Souillé.

Entre Souillé et Spay (BV = 5285 km²), la Sarthe reçoit le plus gros de ses affluents en rive gauche l'Huisne (BV = 2396 km²) dont la bassin versant a plutôt une forme allongée. Le volume de crue de l'Huisne apporté à la Pécardière représente de 35 à 40% du volume de crue de la Sarthe apporté à Souillé, ce qui est très important. Les volumes de crue sont donc en moyenne multipliés par 1,3 à 1,5 entre Souillé et Spay.

Entre Spay et Beffes (BV = 7380 km²), la Sarthe coule d'Est en ouest, la plupart de ses affluents sont situés en rive droite. On note ainsi d'amont en aval l'Orne Champenoise, la Gée, la Claire Onde, le Deux Fonds, le Berdin, la Vègre, l'Erve, le Treulon, la Vègre, la Vaige et la Taude. Les volumes de crue sont en moyenne multipliés par 1,4 à 1,6. L'augmentation est identique au secteur précédent mais elle se fait sur un linéaire de Sarthe beaucoup plus important qu'entre Souillé et Spay.

Sur l'Huisne entre Réveillon et Nogent-le-Rotrou, le volume de crue est multiplié par un facteur très variable. Ceci peut être dû à un hydrogramme incomplet sur la période de calcul (exemple de la crue de 1997 et de 2001).

Entre Nogent-le-Rotrou et la Pécardière, le volume de crue est multiplié par un facteur de 1,9 à 2,1.

7.3.3 Bassin versant du Loir

Comme le bassin versant de la Mayenne, le bassin versant du Loir a globalement une forme allongée, il est plutôt orienté nord-est/sud-ouest.

Plusieurs secteurs peuvent être identifiés.

De sa source jusqu'à Morée (BV = 3610 km²), le bassin versant du Loir est caractérisé par des affluents rive droite venant du Perche qui sont très productifs en crue (l'Ozanne et l'Yerre) et des affluents rive gauche venant de la Beauce (région la moins arrosée du bassin de la Maine) qui au contraire sont peu productifs (rivières de nappe comme la Conie).

Entre Morée et Villavard (BV = 4545 km²), le Loir ne reçoit pas d'affluent important. Les volumes de crue sont en moyenne multipliés par 2,3 à 2,8 entre Saint-Maur-sur-le-Loir et Villavard, sachant que le bassin versant passe de 1160 km² à 4545 km².

Entre Villavard et Port-Gautier (BV = 5940 km²), le Loir reçoit un affluent important en rive droite, il s'agit de la Brayre (BV = 741 km²) qui réagit souvent violemment en crue avec une pointe de débit assez marquée. Sur ce secteur, les volumes de crue sont en moyenne multipliés par 1,4 à 1,6.

Entre Port-Gautier et Durtal (BV = 7920 km²), le Loir ne reçoit que de petits affluents, ainsi l'hydrogramme de crue grossit en volume mais le débit de pointe est très peu modifié. Sur ce secteur, les volumes de crue sont en moyenne multipliés par 1,2 à 1,6.

7.3.4 Conclusion

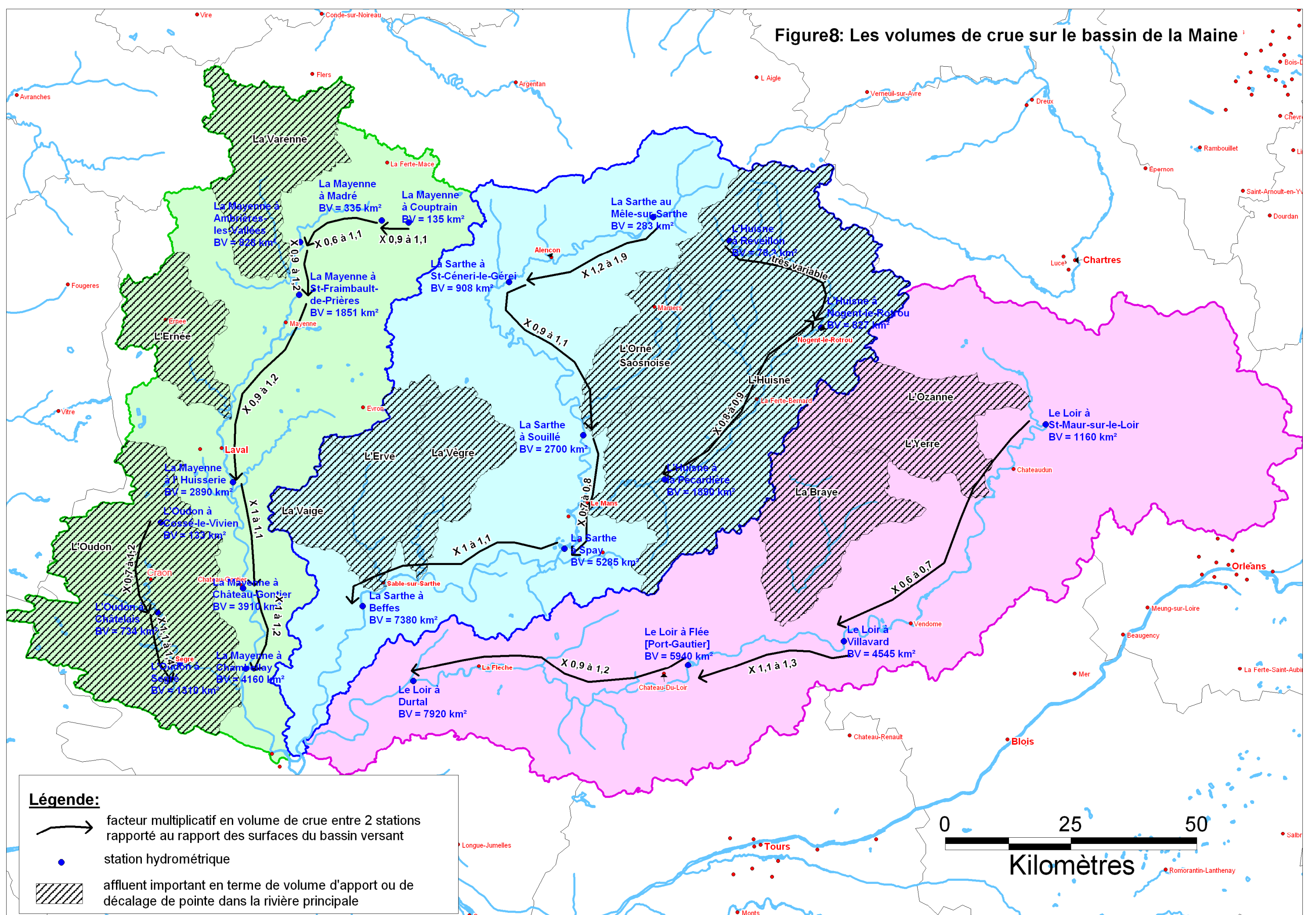
Une carte synthétique a été élaborée afin de mettre en évidence les facteurs multiplicatifs pour les volumes de crue du bassin de la Maine rapporté au rapport des surfaces de bassin versant entre deux stations ainsi que les affluents importants en terme de volume d'apport ou de décalage de pointe dans la rivière principale. Elle est présentée sur la figure 8 page suivante.

On remarque une bonne homogénéité générale de ces coefficients multiplicatifs sur tout le bassin de la Maine.

Ce sont les bassins versants amont qui apparaissent plus productifs que l'aval, excepté pour le Loir amont où les affluents de la Beauce n'apportent pas beaucoup de volumes en crue.

Au niveau de l'Huisne amont, les coefficients trouvés sont très variables d'une crue à l'autre, en particulier la valeur la plus faible a été observée pour la crue de 2004, or la DDAF 28 avait signalé de la perte de débit sur l'Huisne entre Rémalard et Nogent-le-Rotrou (la présence de karst dans les sous-sols pourrait être à l'origine de cette perte de débit par une infiltration rapide de l'eau dans le sol) ce qui semble confirmer les données.

Figure8: Les volumes de crue sur le bassin de la Maine



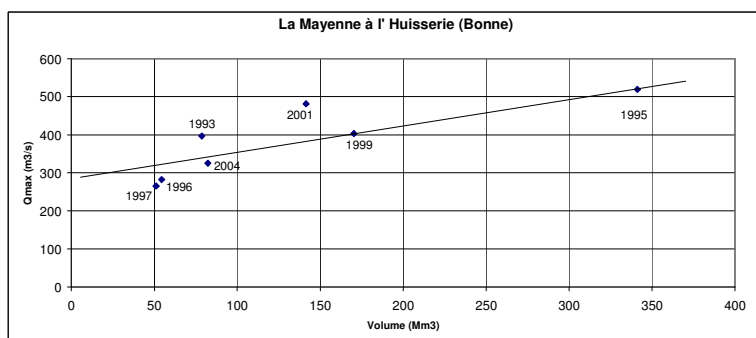
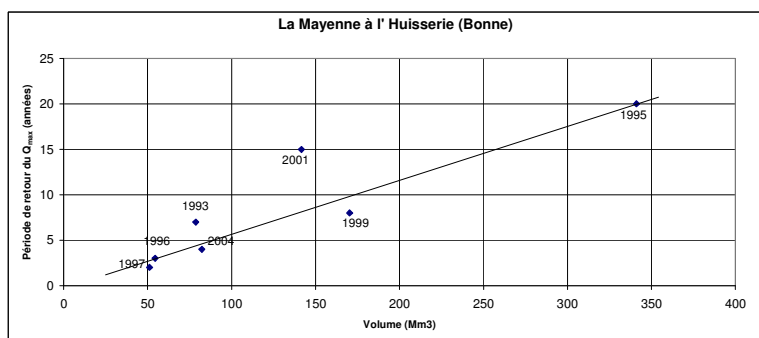
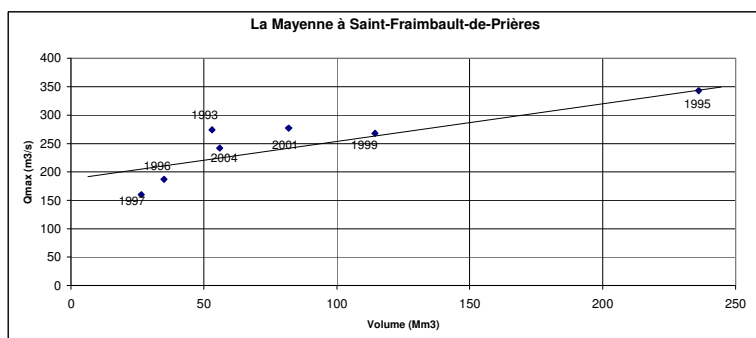
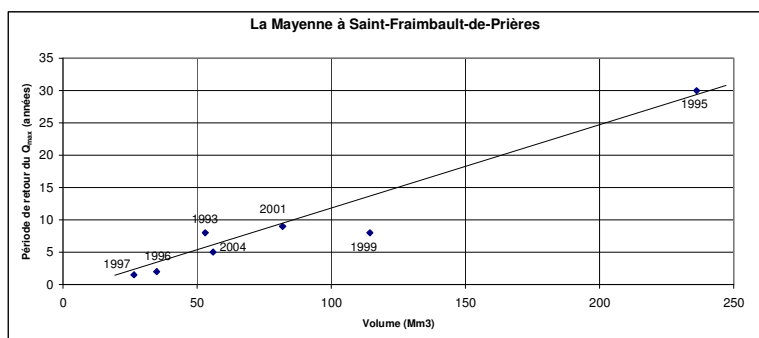
7.4 COMPARAISON DES VOLUMES DE CRUE

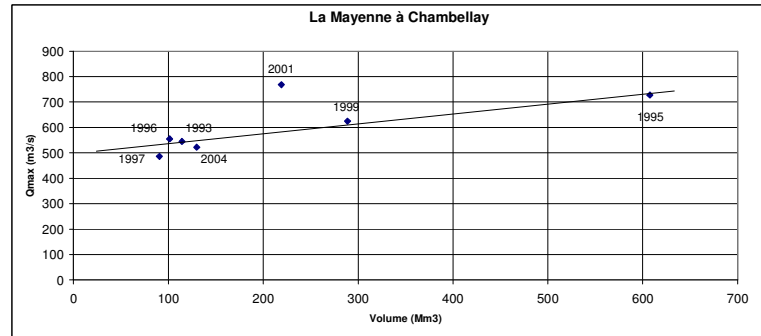
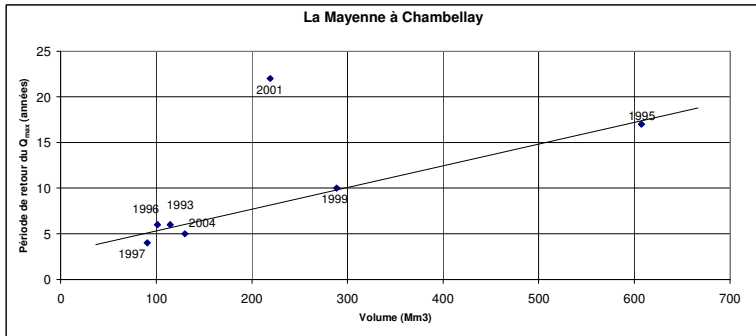
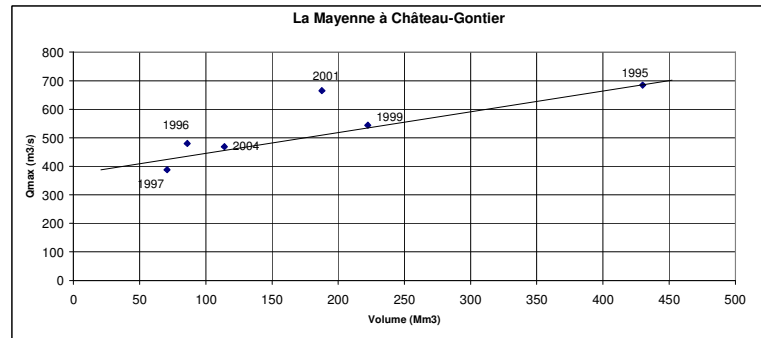
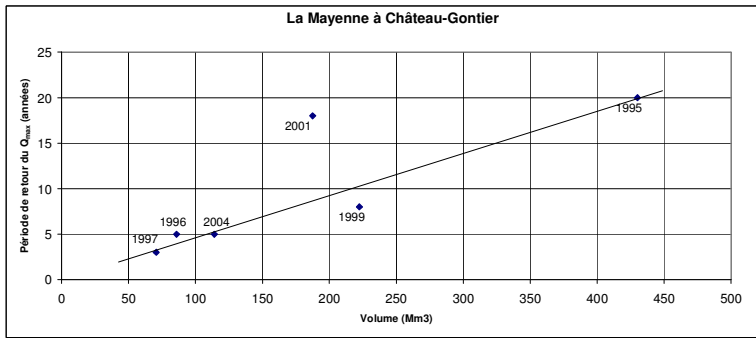
7.4.1 Présentation des graphes

Des graphes ont été réalisés par station, représentant la période de retour du débit de pointe de la crue en fonction du volume de la crue (exprimé en million de m³) (graphes de gauche) et le débit de pointe de la crue à cette même station en fonction du volume de la crue (graphe de droite). Ceci permet de mettre en évidence les crues ayant des caractéristiques différentes par rapport aux autres. Seules les crues où des calculs de volume ont pu être réalisés figurent sur ces graphes. L'analyse est ensuite effectuée par sous-bassin versant. Des droites de tendance (uniquement visuelles) ont été tracées.

7.4.2 Bassin versant de la Mayenne

Les graphes obtenus pour 4 stations du bassin versant de la Mayenne sont les suivants :





Sur ces graphiques, la crue de 1995 se détache des autres (volume, période de retour du débit maximal et débit maximal élevés) tout en restant linéaire avec la plupart des crues (elle est sur la courbe de tendance). En effet, d'une manière générale, plus la période de retour du débit de pointe est importante en période de retour plus elle est volumineuse, à moins que ce ne soit une crue très rapide.

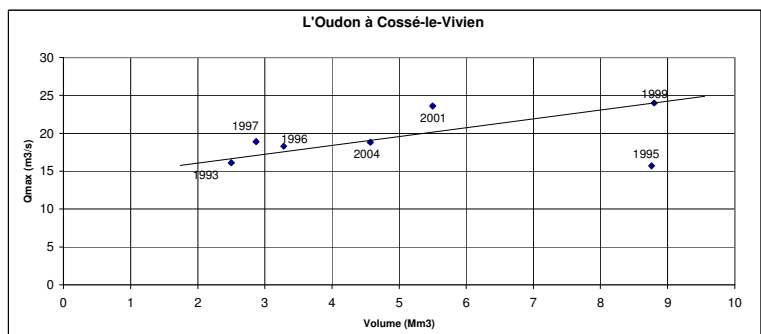
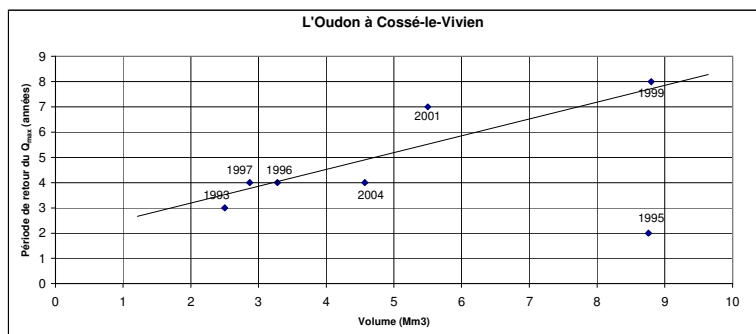
La crue de 1995 est effectivement la crue la plus importante à la fois en volume et en débit de pointe au niveau des stations de Saint-Fraimbault-de-Prières, de Bonne et de Château-Gontier. Elle a été marquée par un épisode pluvieux assez long (d'une dizaine de jours) avec une journée particulièrement pluvieuse le 21 janvier 1995, ce qui lui a permis d'acquérir un volume important.

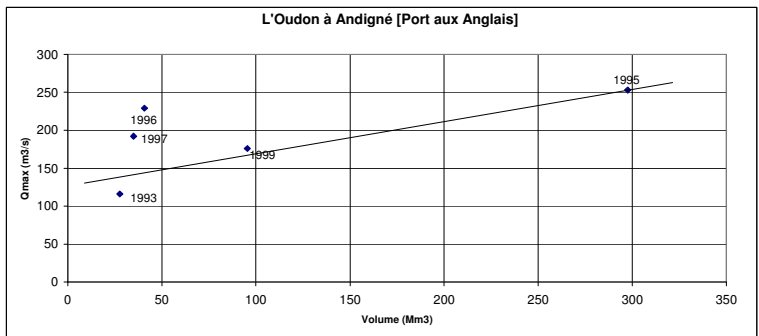
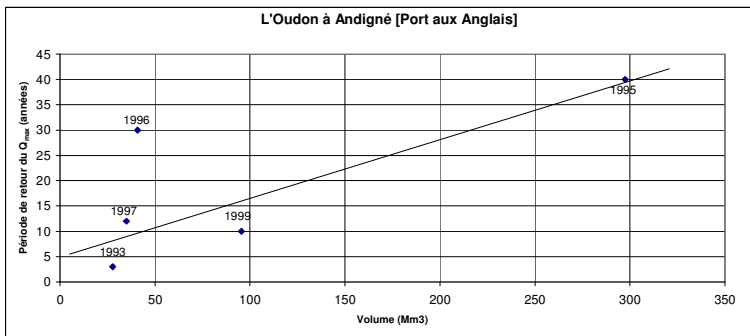
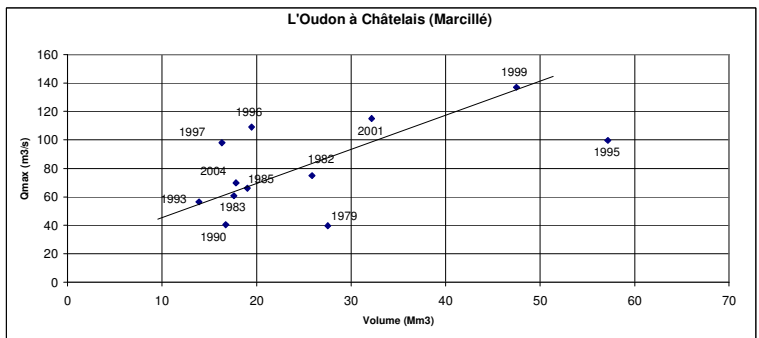
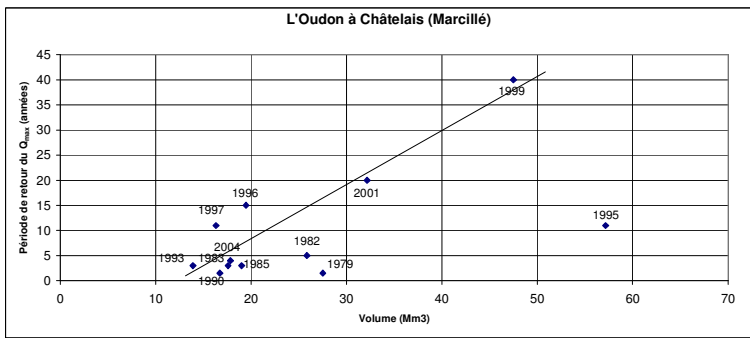
La crue de décembre 1999 est la 2^{ème} plus volumineuse parmi les volumes des crues calculés. Cette crue a également été marquée par une succession de jours pluvieux et de jours non pluvieux qui a provoqué une crue à plusieurs pics.

En observant les stations de l'amont vers l'aval, la crue de 2001 se détache de plus en plus des autres crues. Il s'agit d'une crue mono pic avec un débit maximum instantané qui s'est intensifié de l'amont vers l'aval, mais comparativement à 1995, son volume est loin d'être aussi important proportionnellement. Ce sont deux jours de pluie les 3 et 4 janvier 2001 qui sont à l'origine de la crue, qui a donc été rapide et relativement peu volumineuse.

7.4.3 Bassin versant de l'Oudon

Les graphes obtenus pour 3 stations du bassin versant de l'Oudon sont les suivants :



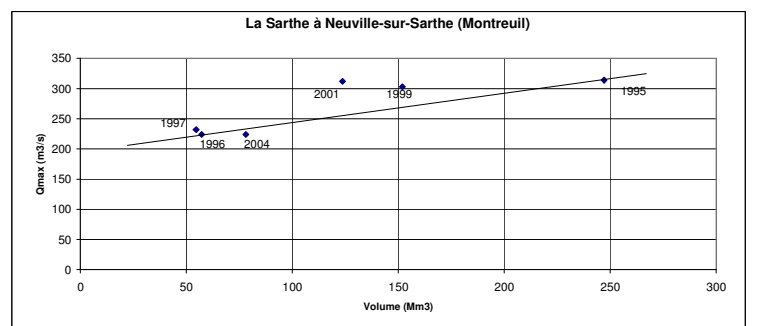
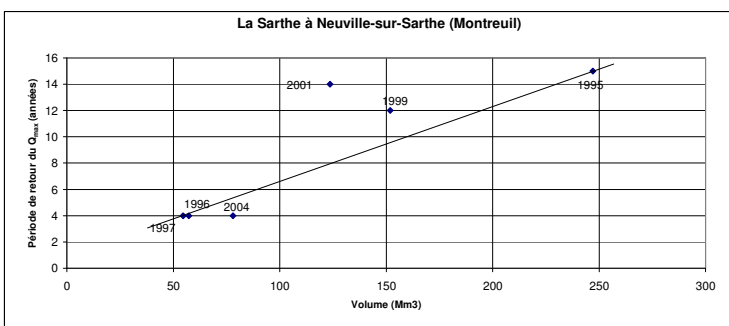
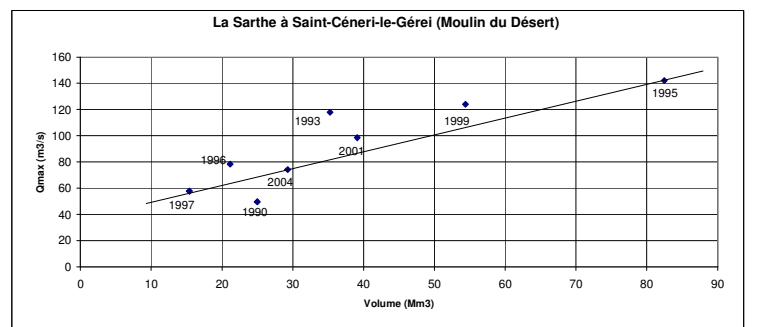
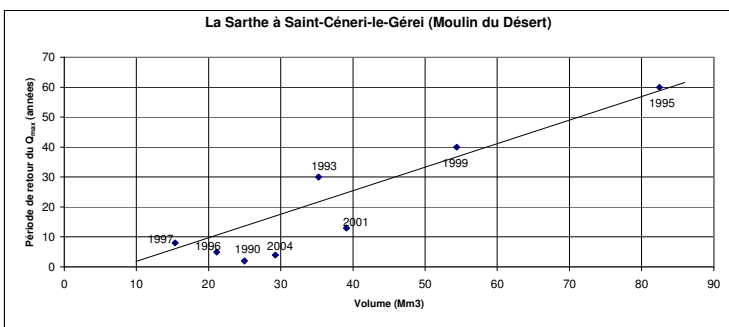


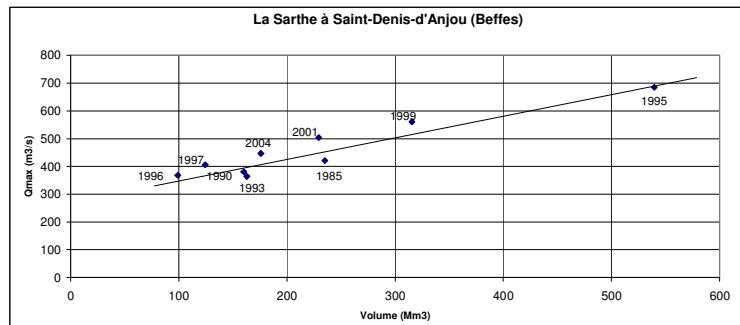
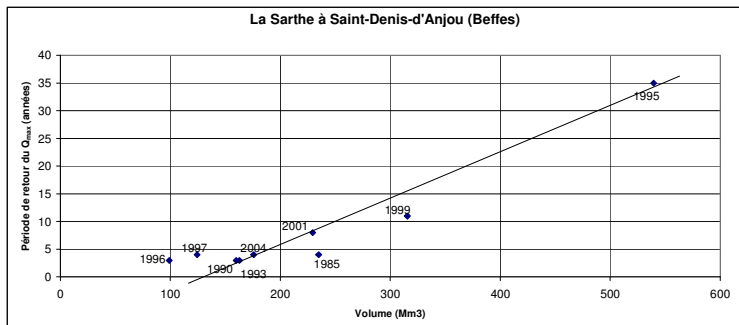
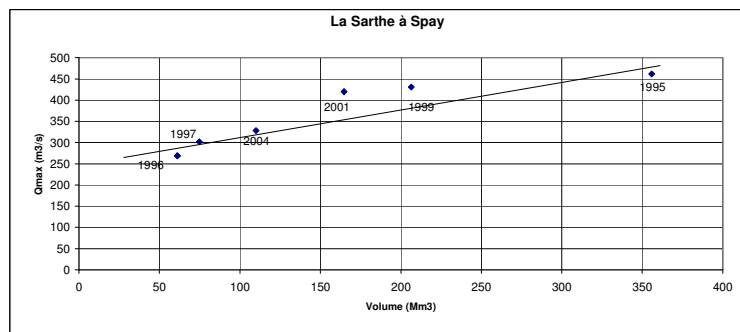
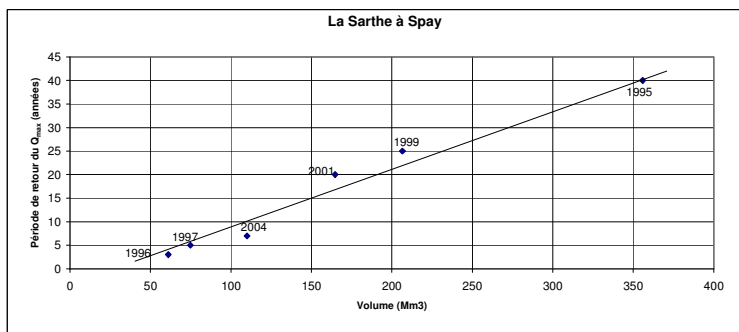
Sur les graphes de l'Oudon, la crue de 1995 apparaît volumineuse au niveau des 3 stations alors que le débit instantané de la pointe sur les 2 stations amont n'est pas très important comparé aux autres crues. Malgré une intensité de pointe de crue faible en amont, la crue a été suffisamment longue pour avoir un volume important. La crue de décembre 1999 apparaît également volumineuse et forte en débit instantané mais son volume est de moins en moins important d'amont en aval comparé à la crue de 1995.

La crue de février 1996 et dans une moindre mesure celle de 1997 sont des crues importantes en terme de débit instantané maximal (qui augmente en période de retour d'amont en aval) mais relativement faibles en volume. Ceci s'explique par les épisodes pluvieux qui se produisent sur 2-3 jours maximum et ne génèrent donc pas des volumes importants.

7.4.4 Bassin versant de la Sarthe

Les graphes obtenus pour 4 stations du bassin versant de la Sarthe sont les suivants :

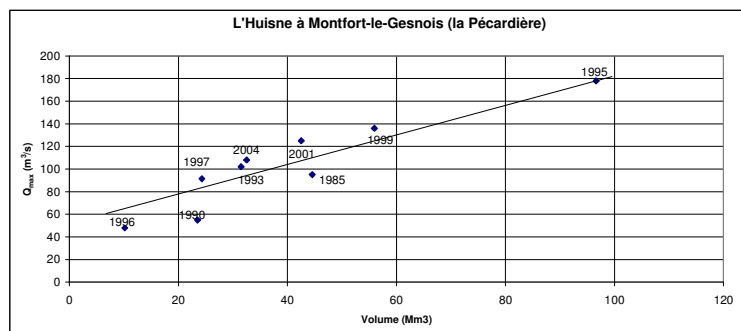
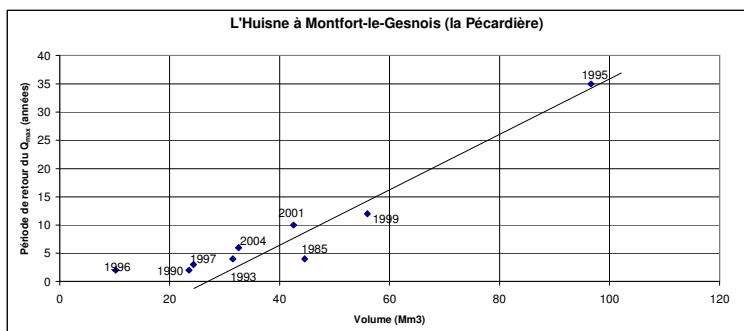
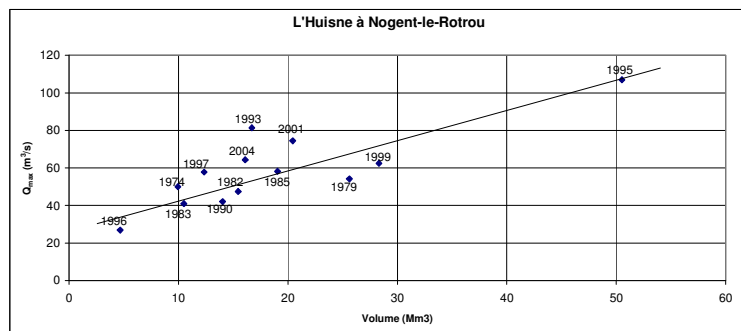
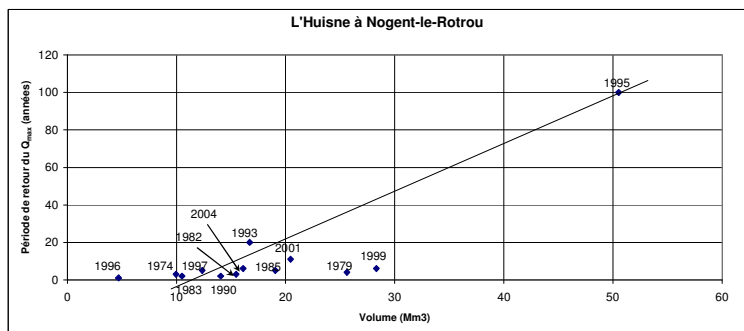




Les crues de janvier 1993 et de janvier 2001 sortent un peu de la droite de tendance (lorsqu'on a l'information concernant la crue sur le graphe). Les épisodes pluvieux de ces deux crues se produisent sur 2-3 jours maximum, ce qui ne génère pas de gros volumes malgré un débit instantané important.

7.4.5 Bassin versant de l'Huisne

Les graphes obtenus pour 2 stations du bassin versant de l'Huisne sont les suivants :

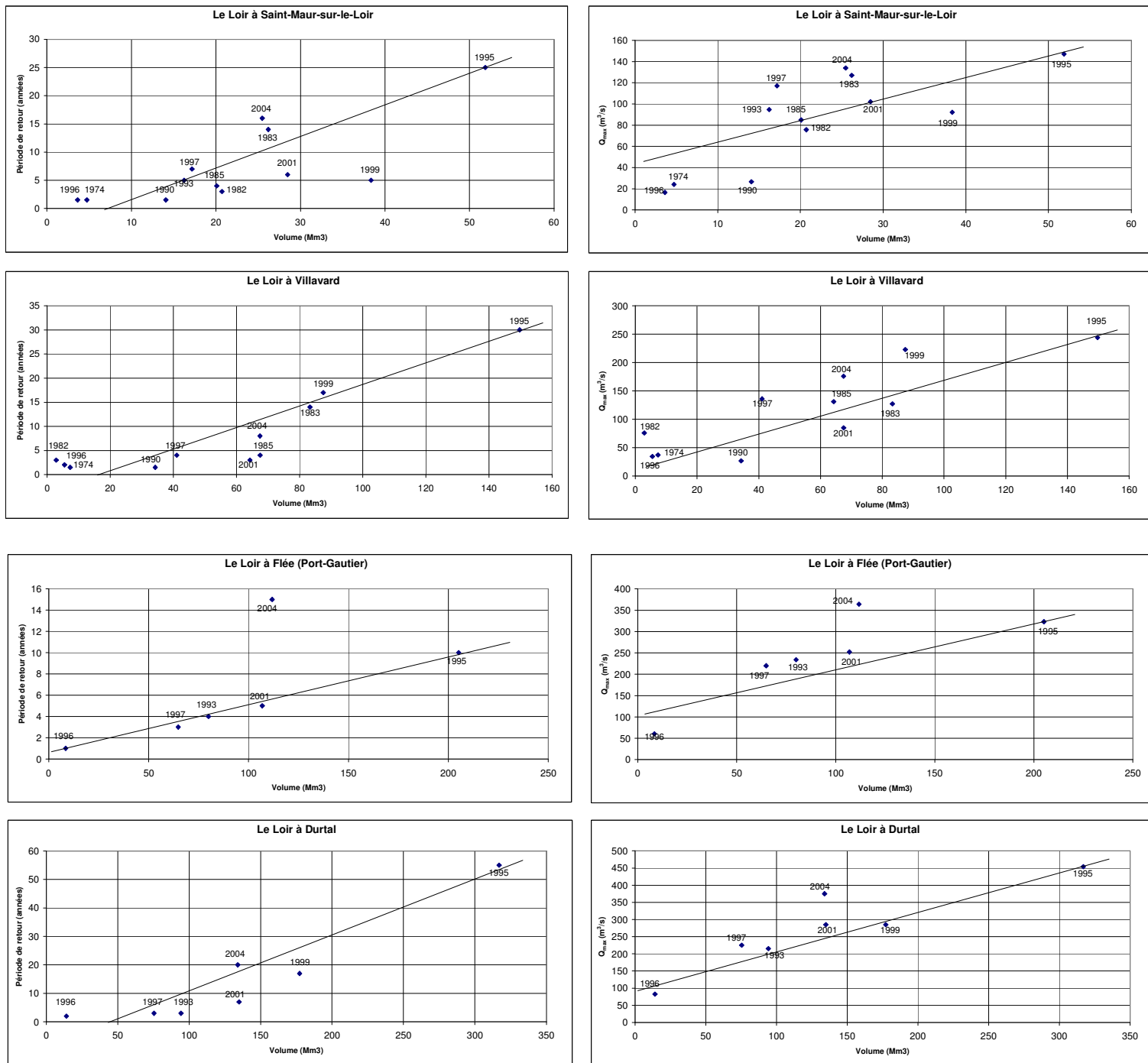


La crue de 1995 se détache des autres crues avec un volume important et un débit instantané fort. Les autres crues sont assez homogènes exceptée peut-être la crue de janvier 1993 à Nogent-le-Rotrou, qui pour un débit instantané relativement fort, ne fait pas

partie des crues les plus volumineuses. En effet, l'épisode pluvieux de janvier 1993 est concentré sur 2 jours et n'a donc pas pu générer de gros volumes d'eau.

7.4.6 Bassin versant du Loir

Les graphes obtenus pour 4 stations du bassin versant du Loir sont les suivants :



La crue qui se détache en volume est janvier 1995, ce volume est dû à un épisode pluvieux long d'une dizaine de jours.

La crue de janvier 2004 se détache des autres surtout au niveau de Port-Gautier, avec un débit instantané plus important qu'en janvier 1995 mais un volume deux fois moins

important. Elle est due à un épisode pluvieux concentré sur 2 jours qui n'a pas pu lui donner la même ampleur que la crue de janvier 1995.

7.5 VITESSE DE MONTEE ET DE DESCENTE AUX STATIONS

7.5.1 Présentation des résultats

Afin de comparer les vitesses de montée et de descente aux différentes stations du bassin de la Maine pour les crues d'étude, nous avons choisi de les observer un jour avant et un jour après le maximum de la crue. Ce choix d'un temps assez court avant et après le maximum a été motivé afin d'avoir une valeur la plus juste possible en cas de crue multiples. S'il avait été choisi une durée d'observation supérieure à un jour, le risque était plus grand de tomber sur un autre pic que celui dont on calcule la vitesse de montée et la vitesse de descente. Cette analyse ne peut cependant se faire que station par station dans la mesure où chaque station a une configuration géographique unique (pour une même crue, si la station est dans une vallée étroite, la vitesse de montée ou de descente se fera plus vite que pour une station située dans une vallée plus large).

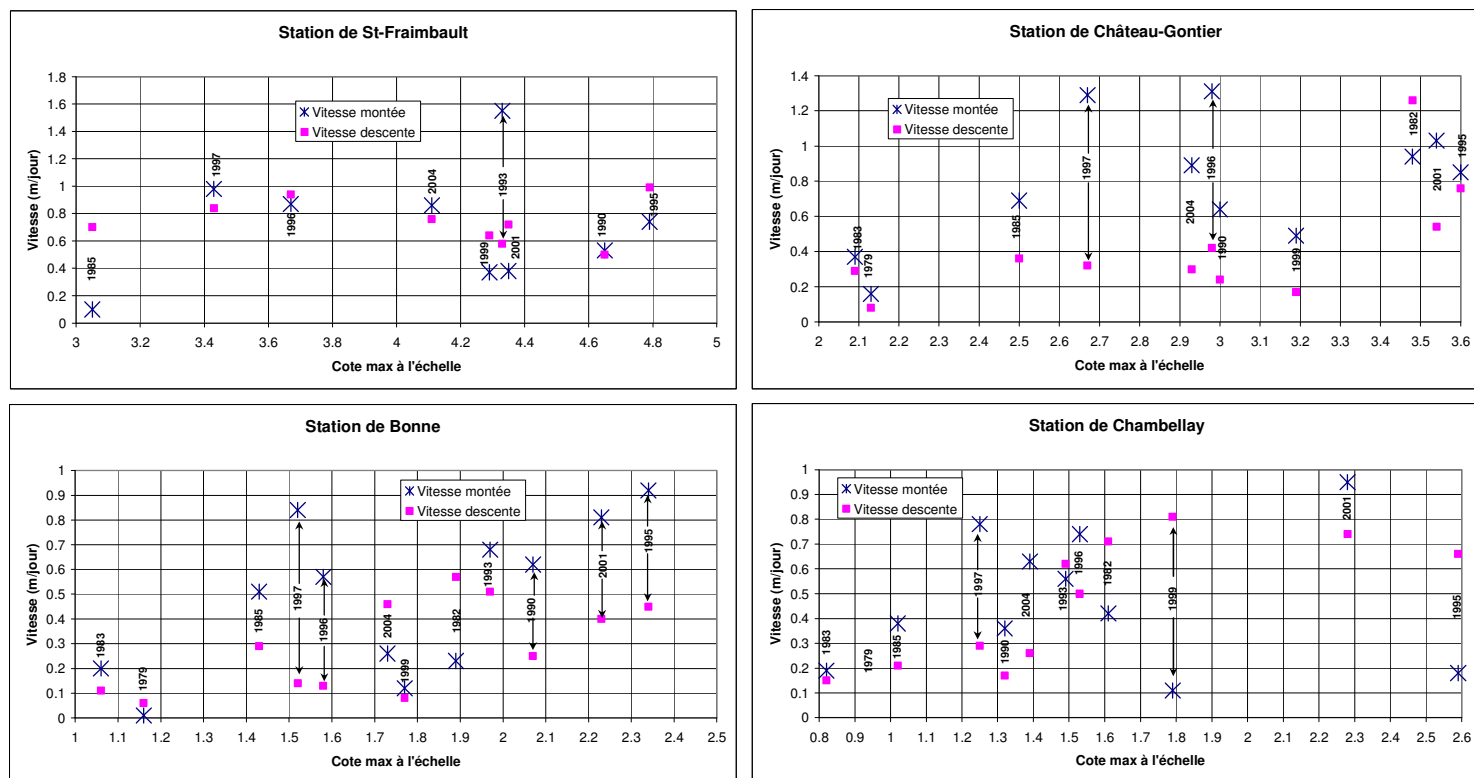
Pour les bassins versants du Loir, de la Sarthe et de l'Huisne, ce sont les stations SPC qui ont été utilisées car jugées suffisantes. Pour les bassins versants de la Mayenne et de l'Oudon, les données étant plus nombreuses pour les stations de la DIREN que pour celles du SPC, ce sont les stations de la DIREN qui ont été utilisées.

Le tableau suivant rassemble tous les résultats obtenus pour les stations SPC (Loir, Sarthe, Huisne) et pour les stations DIREN (Mayenne, Oudon).

Pour une meilleure lisibilité, les vitesses de montée et de descente des crues ont été représentées sous forme de points dans des graphes par station en fonction de la cote maximale à la station. Les chapitres suivants présentent ces graphes par sous-bassin versant. Une première analyse y est faite mais ces graphes sont également utilisés pour l'analyse crue par crue du chapitre 8.

7.5.2 Bassin versant de la Mayenne

Les graphes obtenus pour 4 stations du bassin versant de la Mayenne sont les suivants :



A quelques exceptions près, la vitesse de montée des crues est plus importante que la vitesse de descente.

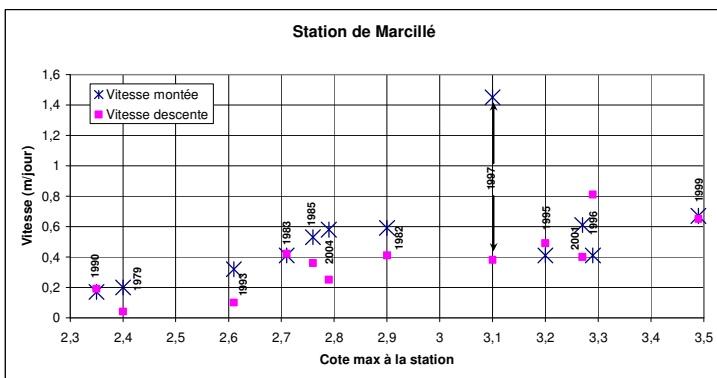
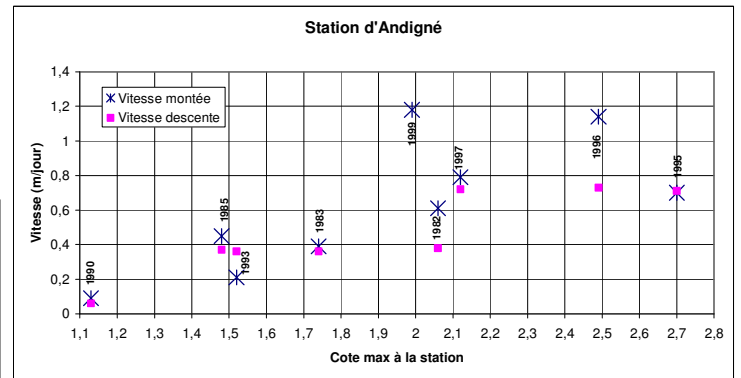
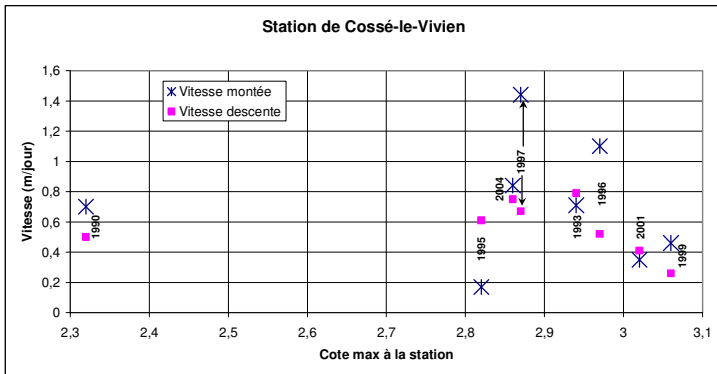
A la station de St-Fraimbault, c'est la crue de 1993 qui a la vitesse de montée la plus forte (2 fois plus forte que celle de 1995).

A la station de Chambellay, les crues de janvier 1996 (0,74 m/j) et 1997 (0,78 m/j) et 2001 (0,95 m/j) ont les vitesses de montée les plus importantes.

Les crues à plusieurs pics de janvier 1995 et décembre 1999 qui ont été provoqués par des épisodes de pluie assez longs, ne présentent pas des vitesses de montée particulièrement rapide. En effet, le calcul est un peu faussé car la présence de plusieurs pics perturbe le calcul de la montée et de la descente car un jour avant ou un jour après on peut se retrouver dans un autre pic.

7.5.3 Bassin versant de l'Oudon

Les graphes obtenus pour 3 stations du bassin versant de l'Oudon sont les suivants :



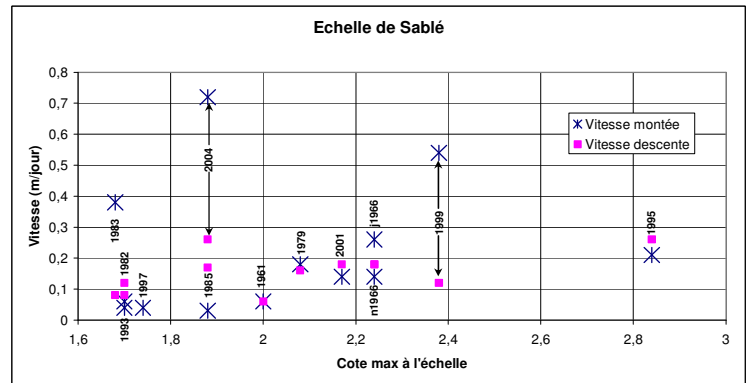
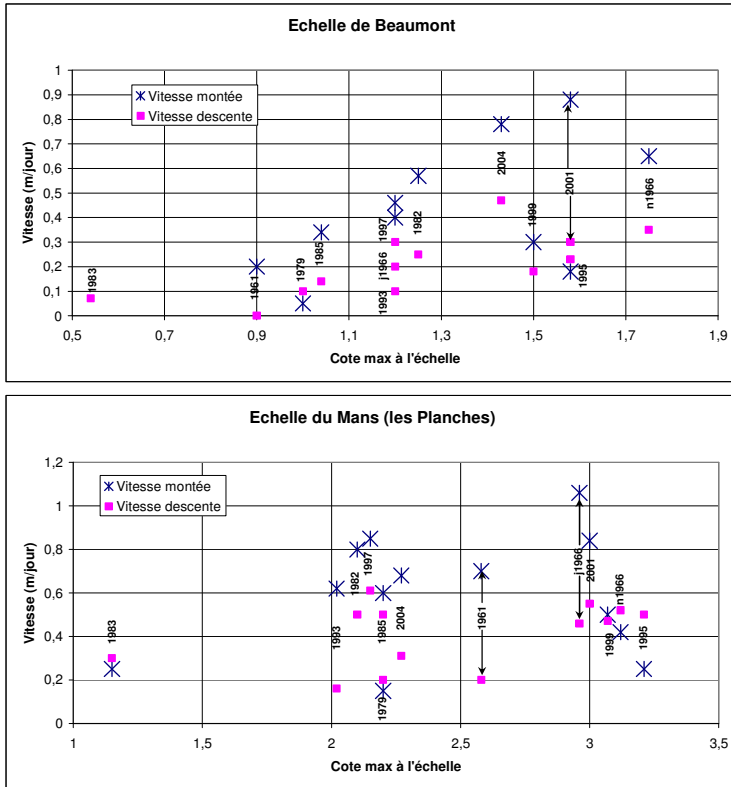
A Cossé-le-Vivien, ce sont les crues de 1996, 1997 qui ont les vitesses de montée les plus fortes.

A la station de Marcillé, les vitesses de montée et de descente sont toutes assez proches excepté pour la crue de 1997 avec une montée rapide qui « sort du lot », plus de 3 fois supérieure à la vitesse de montée de la crue de 1995 ou 1996.

A la station d'Andigné, ce sont également les crues de 1996, 1997 ainsi que 1999 qui ont les vitesses de montée les plus fortes.

7.5.4 Bassin versant de la Sarthe

Les graphes obtenus pour 3 stations du bassin versant de la Sarthe sont les suivants :

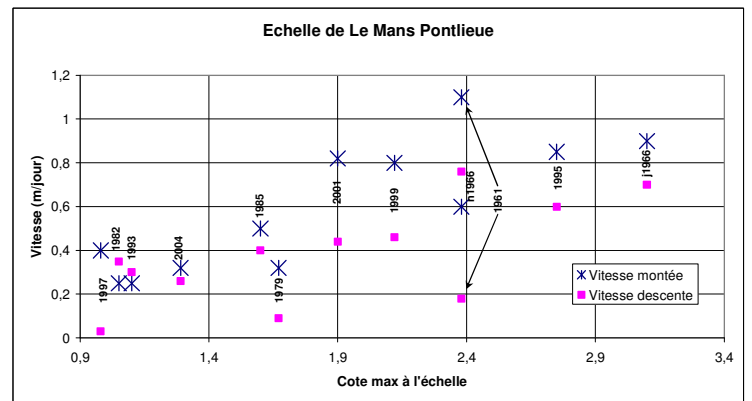
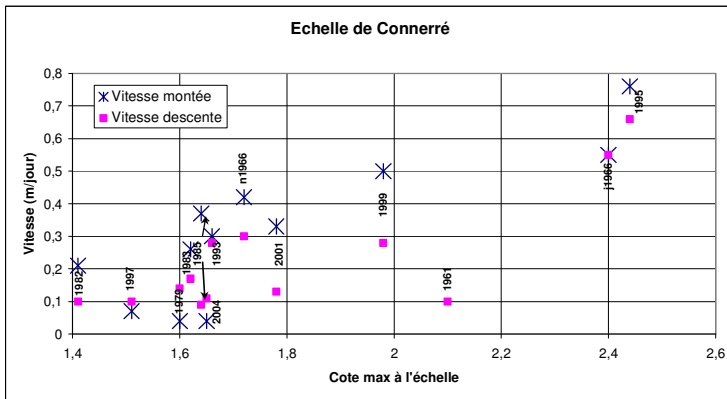
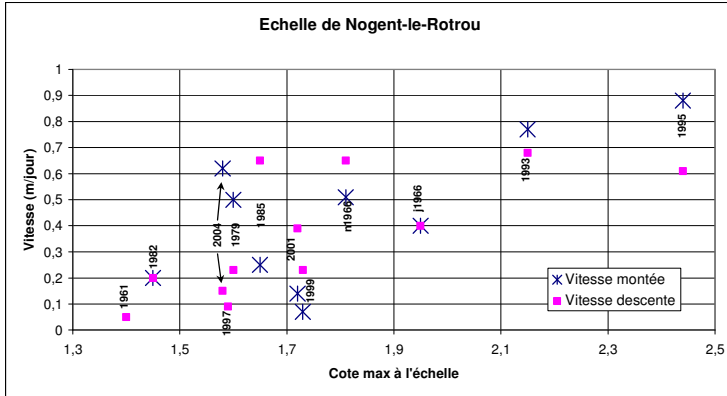


La crue de janvier 1995, qui est la plus forte en cote aux échelles (sauf à Beaumont), a des vitesses de montée et de descente assez faibles.

A Beaumont, ce sont les crues de janvier 2001, janvier 2004 et novembre 1966 qui ont la vitesse de montée la plus rapide ; au Mans, ce sont les crues de janvier 1966, janvier 2001 et février 1997 ; à Sablé, ce sont les crues de décembre 1999 et janvier 2004.

7.5.5 Bassin versant de l'Huisne

Les graphes obtenus pour 3 stations du bassin versant de l'Huisne sont les suivants :



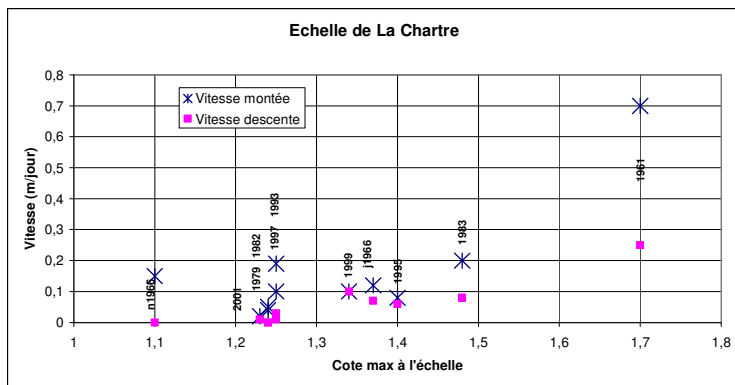
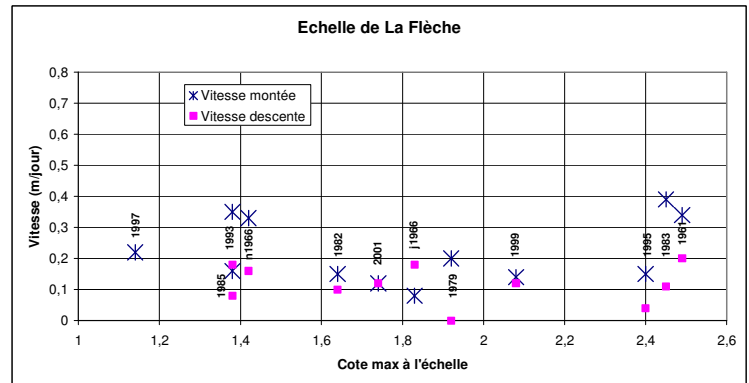
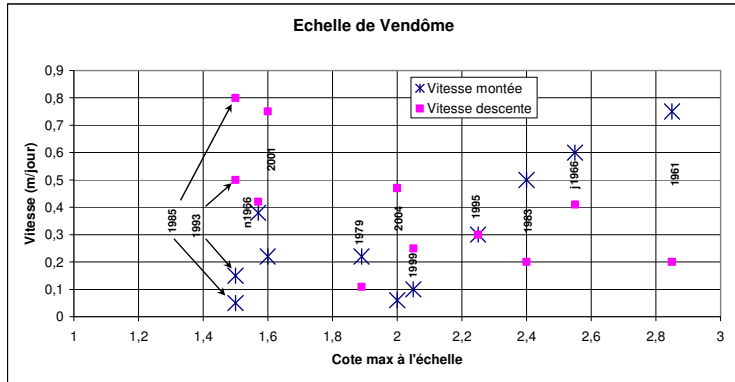
Sur l'Huisne, les vitesses de montée et de descente semblent suivre la tendance d'une droite : plus la cote maximale est importante, plus les vitesses de montée le sont à quelques exceptions près.

A Nogent-le-Rotrou, la vitesse de montée de la crue de janvier 2004 est importante alors que la cote maximale atteinte n'est pas très élevée.

Au Mans à Pontlieue, c'est la crue de janvier 1961 qui a la vitesse de montée la plus élevée.

7.5.6 Bassin versant du Loir

Les graphes obtenus pour 3 stations du bassin versant du Loir sont les suivants :



A Vendôme, les crues d'avril 1985, de janvier 1993, de janvier 2001 et de janvier 2004 ont des vitesses de descente plus importantes que les vitesses de montée mais il s'agit de crues dont la cote maximale est peu élevée. D'une manière générale, la vitesse de montée des crues augmente avec la cote maximale atteinte.

A la Chartre, les vitesses de montée et de descente sont généralement faibles. L'amplitude de la cote maximale atteinte entre les crues est d'ailleurs assez faible comparée à l'échelle de Vendôme. C'est la crue de janvier 1961 qui se détache des autres.

A la Flèche, les vitesses de montée et de descente des crues sont également faibles. Etant situé en queue de bassin versant, elles sont effectivement plus amorties qu'en amont.

7.6 ANALYSE DES TEMPS DE PROPAGATION APPARENTS

Pour chaque sous-bassin versant principal de la Maine (Oudon, Mayenne, Sarthe, Huisne et Loir), pour les crues dont les hydrogrammes étaient disponibles sur la Banque Hydro, des schémas synthétiques ont été réalisés afin de caractériser, dans la mesure du possible, les temps de propagation apparents de la crue.

Ils sont présentés en annexe 26.

Le tableau synthétique suivant en fait un résumé simplifié.

Tableau 18 :

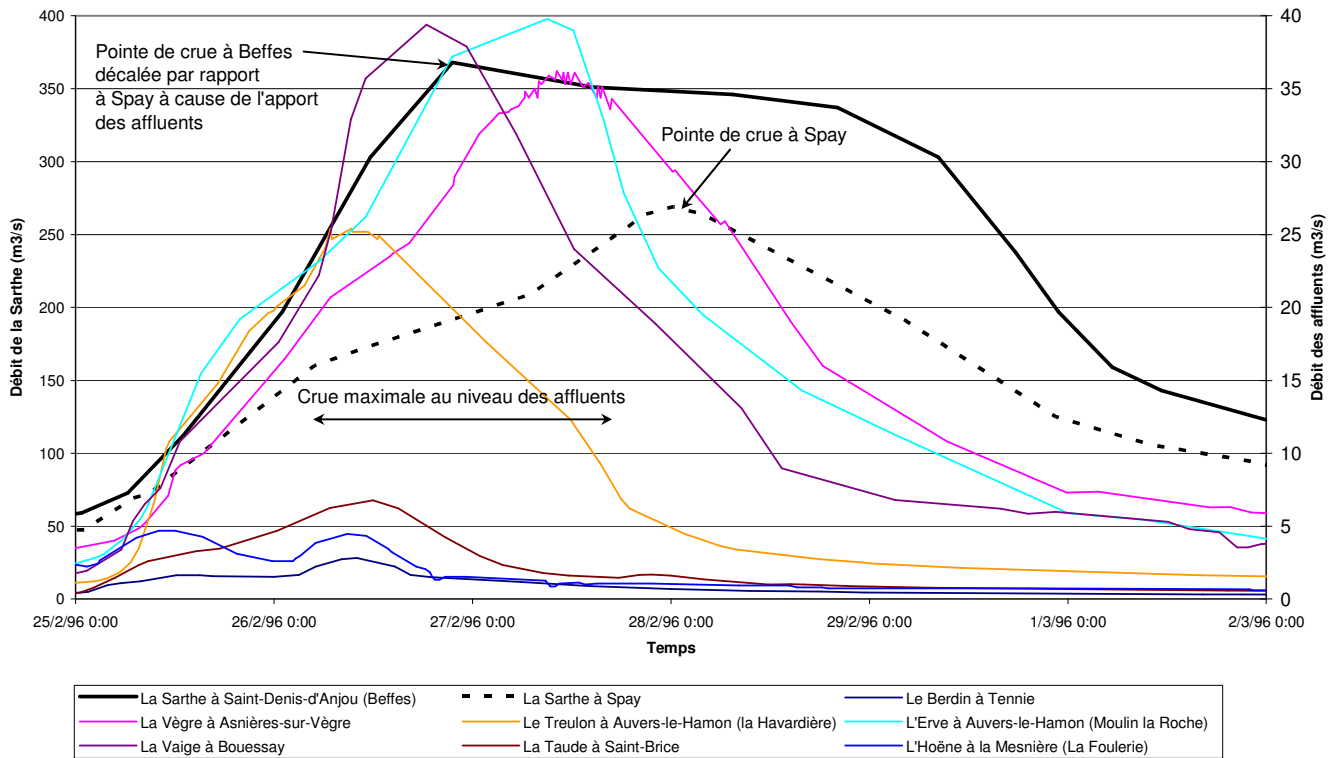
Crue	Durée de propagation apparente				
	Loir de St-Maur à Durtal	Sarthe du Moulin du Désert à Beffes	Huisne de Nogent à la Pécardière	Mayenne de Madré* à Chambellay	Oudon de Cossé-le-Vivien à Segré
janv-61					
janv-66					
oct-66					
nov-74	2 jours			1 jour	
févr-79		2 jours		< 1 jour	
déc-82	3 jours	1 jour		1 jour	
avr-83	3 jours	< 1 jour		< 1 jour	
avr-85	3 jours	1 jour		< 1 jour	
févr-90	2 jours	3 jours		1 jour	
janv-93	2,8 jours		2 jours	1,2 jour	
janv-95	5,9 jours	3 jours	1 jour	1,5 jours	0,45 jour
févr-96	1,2 jours		< 1 jour	0,6 jour	0,6 jour
févr-97	5 jours	1 jour	> 1 jour	0,6 jour	0,3 jour
déc-99	5,5 jours	< 1 jour	> 1 jour	1,3 jour	0,4 jour
janv-01	5,6 jours		< 1 jour	0,9 jour	0,2 jour
janv-04	2,8 jours		1,5 jour	0,5 jour	0,5 jour

* Madré après 1995
Couterne avant 1995

Les remarques suivantes peuvent être faites.

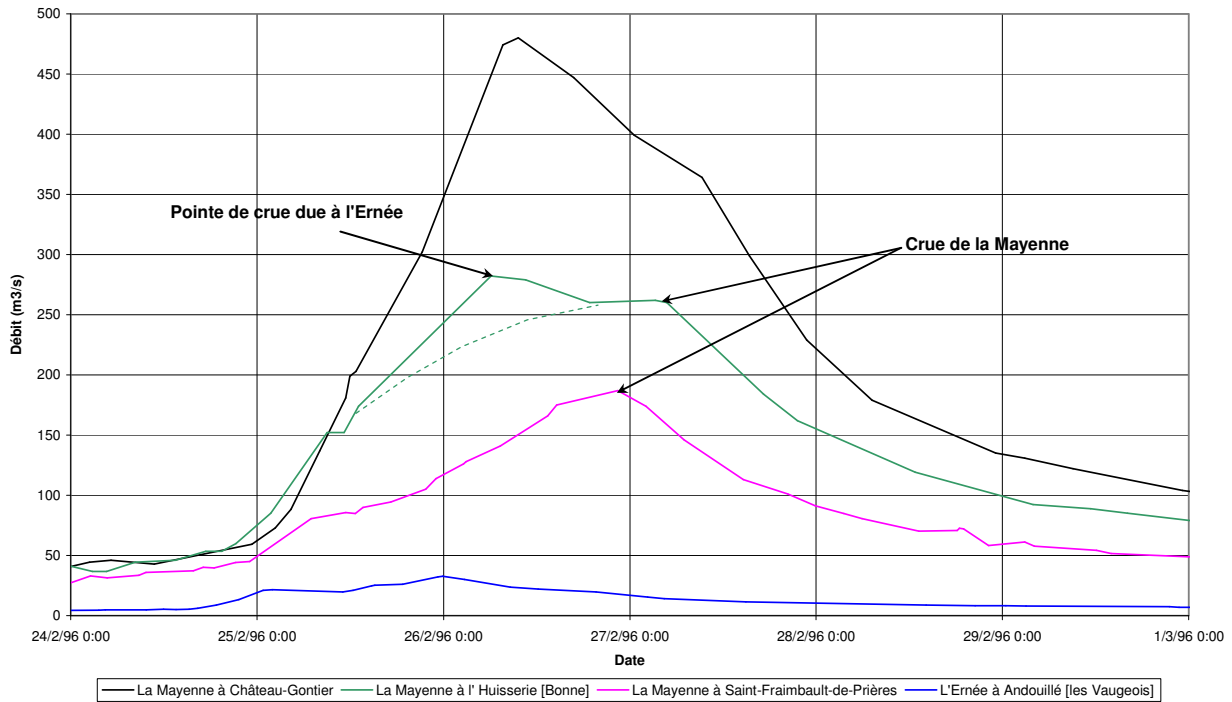
L'hydrogramme de la Sarthe à Beffes présente généralement deux pointes de crue décalées de 2 jours environ. La première pointe, généralement la plus forte, correspond à l'arrivée des affluents rive droite (en particulier la Vègre, la Vaige et l'Erve) avant l'arrivée de la Sarthe amont. Le débit de pointe à Beffes est donc souvent observé avant le débit de pointe de Spay. L'exemple pour la crue de février 1996 est illustré sur la figure 9.

Figure 9 : Hydrogrammes sur la Sarthe et ses affluents entre Spay et Beffes pour la crue de février 1996



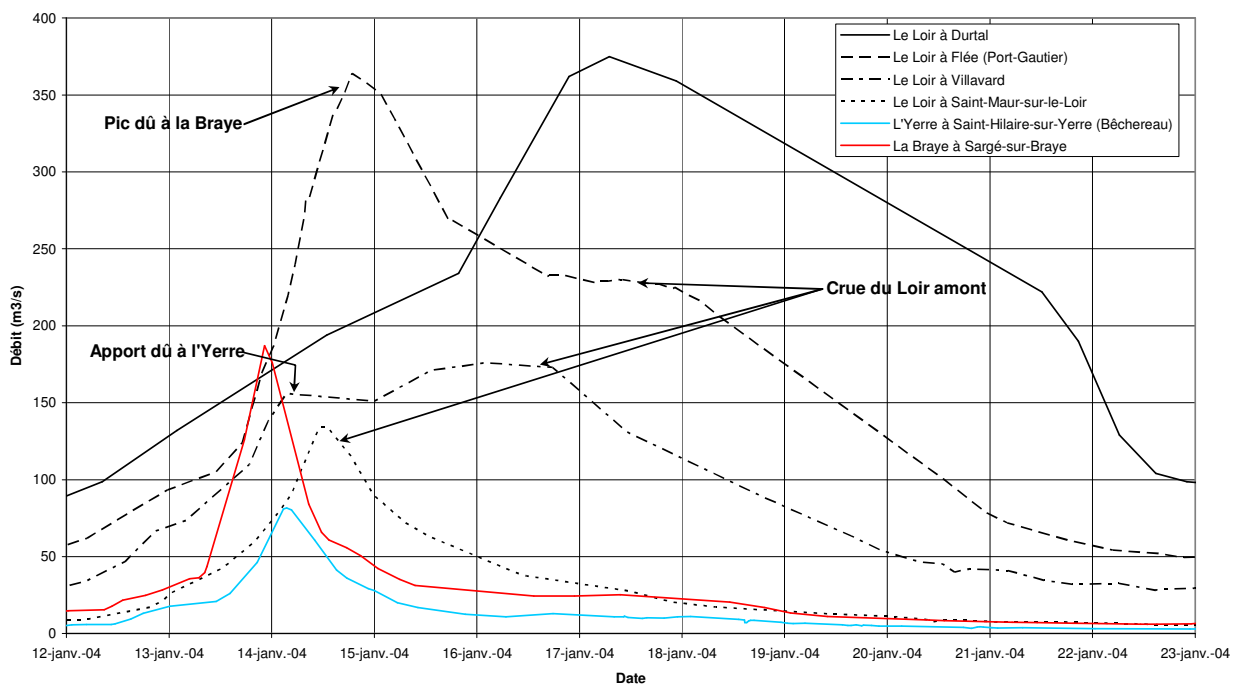
Le même phénomène est observé sur la Mayenne entre Saint-Fraimbault et Château-Gontier pour certaines crues. En effet, l'Ernée affluent assez important (BV = 393 km²) qui conflue avec la Mayenne en rive droite en amont de l'Huisserie, a une pointe de crue qui est en avance par rapport à la pointe de crue de la Mayenne ; ainsi le pic de crue de la Mayenne se trouve déformé en aval et se retrouve en avance par rapport à l'amont. Il semble donc que ce soit les apports de l'Ernée qui perturbent le temps de propagation apparent des crues de la Mayenne entre Saint-Fraimbault et Château-Gontier (cas pour les crues de 1996 et 2004). L'exemple de la crue de février 1996 est présenté sur la figure suivante.

Figure 10 : Hydrogrammes sur le bassin versant de la Mayenne - Crue de 1996



Sur le bassin versant du Loir, le temps de propagation apparent d'une crue peut être perturbé par l'apport important d'un affluent. Ce fut le cas en 2004 avec la Brayé. La figure suivante illustre ce phénomène.

Figure 11 : Hydrogrammes sur le bassin versant du Loir - Crue de janvier 2004



A Villavard, le débit maximum a lieu le 16 janvier alors qu'en aval à Port-Gautier, il a lieu le 14 janvier (cette pointe étant due à l'apport de la Brayé).

7.7 HORLOGE DES CRUES

7.7.1 Au niveau du bassin versant du Loir

La direction principale du bassin versant du Loir est nord-est/sud-ouest. Il coule donc en sens inverse par rapport à l'arrivée des perturbations qui vont généralement d'ouest en est. Ainsi, ce sont d'abord les affluents aval du Loir qui sont touchés par la crue puis ceux de l'amont. Le débit de pointe à Port-Gautier est souvent observé avant le débit de pointe à Villavard. Ce sont les affluents l'Yerre et la Brayé qui sont souvent responsables de la pointe de crue à Port-Gautier.

7.7.2 Au niveau du bassin versant de la Sarthe

Ce sont les affluents au nord-ouest de la Sarthe (Ornette, Terraçon, Merdereau, Vaudelle, Orthe) qui réagissent les premiers aux épisodes pluvieux, alors que la crue sur la Sarthe en amont de Saint-Céneri-le-Gerei se produit après.

En amont de Spay, il n'y a pas d'apports intermédiaires provoquant une pointe de crue en avance par rapport à celle de la Sarthe amont.

L'hydrogramme de la Sarthe à Beffes présente généralement deux pointes de crue, décalées de 2 jours environ. La première pointe, généralement la plus forte, correspond à l'arrivée des affluents rive droite (en particulier la Vègre, la Vaige et l'Erve) avant l'arrivée de la Sarthe amont. Le débit de pointe à Beffes est donc souvent observé avant le débit de pointe à Spay. Les crues sur la Vègre, la Vaige et l'Erve arrivent après les affluents amont au nord-ouest de la Sarthe.

7.7.3 Au niveau du bassin de la Mayenne

La propagation de la pointe de crue sur la Mayenne est parfois perturbée par les apports de certains affluents dont la crue est plus importante que sur la Mayenne elle-même, c'est le cas sur deux secteurs :

- entre St-Fraimbault et Bonne (affluents concernés : l'Aron, l'Ernée, ...),
- entre Bonne et Château-Gontier (affluents concernés : la Jouanne, le Vicoin, l'Ouette, ...).

Ainsi la pointe de crue peut passer à Bonne avant St-Fraimbault ou à Château-Gontier avant Bonne. L'horloge des crues n'a donc pas de règle mais on peut dire que la crue parcourt le bassin de la Mayenne en moins de deux jours. De plus, les hydrogrammes retranscrivent bien les épisodes pluvieux en amont comme en aval (contrairement aux bassins versants de la Sarthe et du Loir qui ont des hydrogrammes aval lissés par rapport aux épisodes pluvieux), sans doute du fait de la position du bassin versant de la Mayenne perpendiculaire au sens des perturbations.

7.7.4 Au niveau des BVA et du Mans

A partir des données hydrométriques d'une part et des données limnimétriques d'autre part, les tableaux synthétiques 19 et 20 ont été réalisés afin de déterminer l'ordre de passage de la crue dans les différents sous-bassins versants au niveau des basses vallées angevines et au niveau du Mans. Les informations parfois manquantes ne permettent pas de déterminer l'ordre pour les 16 crues d'étude. En effet, pour certaines crues, seul le jour du maximum est connu et non pas l'heure.

Tableau 19 :

d'après données hydrométriques

Crue	Au niveau des BVA				Au Mans			
	Oudon (Port aux Anglais)	Mayenne (Chambellay)	Sarthe (Beffes)	Loir (Durtal)	Sarthe (Montreuil)	Huisne (Pécarière)		
janv-61				06/01/61				
janv-66		24/01/66			28/01/66			
oct-66		29/10/66			27/10/66			
nov-74	17/11/74	17/11/74	18/11/74	19/11/74	18/11/74			
févr-79		12/02/79	14/2/79 13:25	15/2/79 0:00	12/02/79			
déc-82	21/12/82 15:57	21/12/82 21:55	21/12/82 3:32	24/12/82	22/12/82			
avr-83	10/4/83 16:08	10/4/83 13:22	10/4/83 22:46	13/4/83 0:00	11/04/83			
avr-85	8/4/85 13:45	8/4/85 7:39	8/4/85 9:52	11/04/85	09/04/85	08/04/85		
févr-90	15/2/90 17:36	15/2/90 22:13	17/2/90 13:49	19/2/90 0:00	16/02/90	17/02/90		
janv-93	13/1/93 6:22	13/1/93 6:26	13/1/93 7:19	16/1/93 2:41	13/1/93 20:00	15/1/93 4:50		
janv-95	23/1/95 17:34	23/1/95 20:10	27/1/95 0:37	29/1/95 1:22	24/1/95 2:09	24/1/95 8:31		
févr-96	27/2/96 0:59	26/2/96 16:00	26/2/96 23:41	28/2/96 1:37	27/2/96 22:22	27/2/96 9:40		
févr-97	26/2/97 21:33	26/2/97 7:43	27/2/97 0:43	2/3/97 0:43	27/2/97 6:10	28/2/97 5:21		
déc-99	26/12/99 0:01	29/12/99 15:32	28/12/99 20:53	31/12/99 17:03	29/12/99 11:30	28/12/99 20:21		
janv-01		6/1/01 12:28	6/1/01 11:54	8/1/01 21:53	7/1/01 3:40	7/1/01 8:01		
janv-04		14/1/04 7:41	14/1/04 15:10	17/1/04 7:01	15/1/04 3:50	15/1/04 15:11		

Tableau 20 :

d'après données limnimétriques

Crue	Au niveau des BVA				Au Mans			
	Oudon (Maingué)	Mayenne (Chambellay)	Sarthe (Sablé)	Loir (Flèche)	Sarthe (les Planches)	Huisne (Pontlieue)		
janv-61	04/01/61		5/1/61 16:00	5/1/61 14:30	4/1/61 14:30	4/1/61 9:00		
janv-66			26/1/66 0:30	28/1/66 1:00	24/1/66 17:00	24/1/66 17:00		
oct-66	26/10/66	?	28/10/66 15:00	27/10/66 9:00	27/10/66 6:00	27/10/66 6:00		
nov-74			20/11/74 8:00		20/11/74 8:00			
févr-79			14/2/79 12:00	15/2/79 2:00	13/2/79 6:00	13/2/79 9:00		
déc-82	21/12/82 9:00	?	23/12/82 6:00	23/12/82 12:00	22/12/82 6:00	22/12/82 9:00		
avr-83	9/4/83 9:00		10/4/83 21:00	12/4/83 9:00	11/4/83 6:00	10/4/83 15:00		
avr-85			10/4/85 12:00	11/4/85 6:00	9/4/85 12:00	9/4/85 6:00		
févr-90			15/02/90	15/02/90	15/02/90			
janv-93	12/1/93 16:00	13/1/93 3:00	15/1/93 6:00	15/1/93 11:00	14/1/93 8:00	15/1/93 18:00		
janv-95	28/1/95 22:00	29/1/95 12:00	26/1/95 23:00	28/1/95 6:00	29/1/95 21:00	24/1/95 23:00		
févr-96	26/02/96	26/2/96 16:00	27/02/96		27/02/96			
févr-97	26/2/97 16:00	26/2/97 8:00	27/2/97 6:00	28/2/97 15:00	27/2/97 18:00	27/2/97 21:00		
déc-99	28/12/99 17:30	29/12/99 14:30	28/12/99 16:00	30/12/99 20:00	29/12/99 16:00	29/12/99 12:00		
janv-01	6/1/01 8:00	6/1/01 12:00	8/1/01 20:00	8/1/01 8:00	7/1/01 12:00	7/1/01 16:00		
janv-04	14/1/04 16:00	14/1/04 8:00	14/1/04 12:00	16/1/04 4:00	15/1/04 11:00	16/1/04 0:01		

Les données limnimétriques ne sont pas très précises dans la mesure où les relevés sont généralement faits à heure fixe quand il ne s'agit pas d'une crue importante.

Pour les crues à multi pics (janvier 1995 et décembre 1999), il est difficile de faire des comparaisons dans la mesure où les maximums n'ont pas tous été observés au niveau du même pic pluvieux.

Au niveau du Mans, il n'y a pas de coïncidence des crues de la Sarthe et de l'Huisne. Il n'y a pas de règle sur l'ordre de passage préférentielle de l'Huisne ou de la Sarthe, comme on peut le voir sur les 16 crues d'étude.

Au niveau des BVA, l'Oudon à Port aux Anglais et la Mayenne à Chambellay voient leur maximum de crue passer presque simultanément à quelques exceptions près.

D'une manière générale, la crue de la Sarthe arrive après celle de la Mayenne, et c'est le Loir qui arrive en dernier.

D'après l'étude BVA : « Le risque de concomitance des pointes de crue de la Mayenne, l'Oudon et la Sarthe serait plus élevé pour les fortes crues. Concernant le Loir, le décalage par rapport aux autres affluents est généralement important dans le cas de crues « simples », pour les fortes crues, la pointe de crue du Loir arrivera 48h après la pointe de crue de la Sarthe ».

8 ANALYSE DES PHENOMENES ET TYPOLOGIE DES CRUES

8.1 DEMARCHE MISE EN ŒUVRE

Le système à analyser étant complexe, il faut avancer par étapes successives.

Après l'étape précédente d'analyse de différents paramètres (chapitre 7), nous allons dans un premier temps analyser des phénomènes importants pour chaque crue tels que les épisodes pluvieux préparatoire et intense, la forme de l'hydrogramme de crue, la période de retour des débits maximums instantanés.

Cela nous permettra de présenter une première typologie des crues du bassin.

Puis dans une deuxième étape, nous analyserons d'autres paramètres tels que la propagation des crues et les horloges de crues, ce qui nous permettra de compléter et d'affiner la typologie des crues.

Nous avons été conduits à travailler ainsi après avoir constaté que ces derniers paramètres sont moins complexes à analyser pour les crues à un seul pic que pour les autres. Il s'est avéré souhaitable de travailler ainsi par étapes successives.

Il faut rappeler que plus on remonte dans le temps, moins on dispose de données. L'analyse va donc être plus sommaire pour les crues anciennes que pour les crues récentes.

8.2 PREMIERE ETAPE D'ANALYSE CRUE PAR CRUE

8.2.1 *Crue de janvier 2004*

Il s'agit d'une crue d'hiver générée par un épisode pluvieux survenu entre le 10 et le 14 janvier, sans influence du gel ou de la neige. Le bassin de la Braye, affluent du Loir a été le plus arrosé.

La période préparatoire (au sens du chapitre 3) a été moyenne. Le mois précédent la crue a été pluvieux surtout au nord du bassin de l'Huisne et un peu sur celui de la Braye.

Sur le Loir, la Sarthe, l'Huisne, la Mayenne et l'Oudon, c'est une crue à un seul pic.

En terme de période de retour du débit de pointe, cette crue a été plus forte sur le Loir que sur les autres cours d'eau ($T = 20$ ans à Durtal), le bassin du Loir ayant été le plus arrosé par l'épisode intense et pendant le mois précédent la crue. On note aussi des crues significatives sur des petits bassins versants affluents de l'Huisne et de la Sarthe :

- Pour l'Huisne, secteur arrosé contigu à celui du bassin de la Braye,
- Pour la Sarthe, zone de pluie au nord de la Sarthe aval.

En terme de volume, cette crue se distingue des autres (cf. 7.4.6) sur le Loir, à l'aval de la confluence Loir-Braye : à débit de pointe égal, elle est moins volumineuse. C'est une crue monopic, avec un pic particulièrement marqué sur la plupart des stations.

A Port Gautier, en aval de l'arrivée de la Braye, la pointe de crue correspond à celle de la Braye. Elle arrive 2 jours avant celle du Loir amont.

8.2.2 Crue de janvier 2001

Il s'agit aussi d'une crue d'hiver, générée par un épisode pluvieux survenu entre le 31 décembre et le 5 janvier, avec un peu de neige le 31 décembre (mais sans gel). Il a surtout affecté le bassin de la Mayenne et dans une moindre mesure, celui de la Sarthe.

Sur ces 2 cours d'eau (Mayenne et Sarthe), ce fut une crue avec un seul pic. Il y eut 1 ou 2 pics sur l'Huisne et sur le Loir, l'épisode pluvieux présentant lui aussi 2 pics.

En terme de période de retour du débit de pointe, cette crue a été plus forte sur la Mayenne que sur les autres cours d'eau principaux :

- 22 ans sur la Mayenne à Chambellay,
- 8 ans sur la Sarthe à Beffes.

En terme de volume, elle se distingue des autres crues sur la Mayenne aval : à débit égal, elle est moins volumineuse (comme l'est la crue de 2004 sur le Loir). C'est une crue monopic avec un pic marqué. On peut faire la même observation sur la Sarthe amont (à Montreuil), et dans une moindre mesure en aval.

On peut constater, qu'à Chambellay (Mayenne aval), c'est cette crue qui présente la plus forte vitesse de montée. Il en est de même sur la Sarthe amont à Beaumont. La crue de la Sarthe arrive au Mans avant celle de l'Huisne.

Sur la Mayenne, la crue d'amont est renforcée par celle d'affluents tels l'Ernée et la Jouanne : ce qui donne une vitesse apparente de propagation de la pointe de crue rapide. C'est dû aussi à l'orientation nord-sud de la rivière et de son bassin qui reçoivent une perturbation arrivant par l'ouest.

8.2.3 Crue de décembre 1999

C'est une crue d'hiver, générée par un épisode pluvieux survenu du 24 au 27 décembre plus fort sur le bassin de la Mayenne et de l'Oudon. Il n'y a pas eu de gel et de la neige seulement le 27.

La période préparatoire a été un peu excédentaire par rapport à la moyenne. Le mois précédent la crue a été arrosé surtout sur le haut bassin de la Mayenne et celui de l'Huisne.

C'est une crue à plusieurs pics, notamment sur la Mayenne, avec plusieurs pointes dans l'épisode pluvieux.

En terme de période de retour du débit de pointe, elle est globalement décennale sur la Mayenne, elle a une période de retour de 40 ans à Marcillé sur l'Oudon, 30 ans sur la Sarthe à Spay.

En terme de volume, cette crue ne se distingue pas : elle est dans la tendance moyenne décrite par les graphes présentés en 7.4. Il en est de même pour les vitesses de montée et de descente.

8.2.4 Crue de février 1997

C'est une crue d'hiver, générée par un épisode pluvieux survenu les 24 et 25 février (sans influence du gel et de la neige). Cet épisode bref a généré une crue monopic.

La période préparatoire avait été moins pluvieuse que la moyenne. Le mois précédent la crue ne présente pas de particularité significative. C'est une crue modeste sur chacun des cours d'eau principaux du bassin, sauf sur l'Oudon ($T \approx 10$ ans). Elle est inférieure à la crue décennale sur les autres cours d'eau.

En terme de volume, elle se distingue un peu sur l'Oudon : s'agissant d'une crue monopic, elle est à débit égal moins volumineuse que la moyenne (représentée par la droite sur les graphes du 7.4).

Les vitesses de montée sont fortes sur la Mayenne et sur l'Oudon.

Sur la Sarthe aval, l'apport des affluents la Vègre et l'Erve correspond à la pointe de crue à Beffes. Cette pointe survient avant celle générée par la Sarthe amont.

8.2.5 Crue de février 1996

C'est une crue d'hiver, générée par un épisode pluvieux survenu les 24 et 25 février qui a surtout affecté le bassin de l'Oudon (il y a eu 3 jours de gel les 20, 21 et 22 et de la neige pendant ces jours là). La période préparatoire fut inférieure à la moyenne sauf sur le Loir. Le mois précédent la crue ne présente pas de particularité.

Générée par un épisode pluvieux bref, ce fut une crue monopic.

Sur le Loir, la Sarthe et l'Huisne, ce fut une crue modeste (inférieure à 5 ans pour la période de retour du débit de pointe). Elle atteint une période de retour 30 ans sur l'Oudon aval.

En terme de volume, elle se distingue sur l'Oudon et particulièrement l'Oudon aval : s'agissant d'une crue monopic, elle est peu volumineuse par rapport à d'autres crues équivalentes en terme de débit de pointe.

8.2.6 Crue de janvier 1995

Cette crue d'hiver se distingue en premier lieu par le fait qu'elle a été générée par des épisodes de pluie qui se sont succédés sur une dizaine de jours. Ces pluies ont affecté, à des degrés divers, tout le bassin versant de la Maine. La période préparatoire a été plus arrosée que la moyenne, ainsi que le mois précédent la crue. Il n'y eut par contre ni gel, ni neige.

Générée par plusieurs épisodes pluvieux, parfois séparés par un jour sans pluie, cette crue est multiple.

Elle présente des périodes de retour du débit de pointe élevées sur tous les bassins :

- 35 à 45 ans sur la Sarthe,
- 35 à 50 ans sur l'Huisne,
- 20 à 30 ans sur la Mayenne,
- 40 ans sur l'Oudon aval,
- 25 à 55 ans sur le Loir.

C'est la crue la plus volumineuse des crues étudiées. Ce volume s'inscrit néanmoins dans la tendance décrite par les droites tracées sur les graphes dans le 7.4.

8.2.7 Crue de janvier 1993

C'est encore une crue d'hiver générée par un épisode pluvieux survenu les 10 et 11 janvier. Une semaine auparavant, il avait gelé pendant une semaine. La période préparatoire a été plus pluvieuse en général. Le mois précédent la crue a été peu pluvieux.

Générée par un épisode pluvieux bref, ce fut une crue monopic. Elle présente des périodes de retour du débit de pointe fortes sur la Sarthe amont et la Mayenne amont (30 ans sur la Sarthe amont et \approx 15 ans sur la Mayenne amont), mais plus modestes en aval (entre 3 et 7 ans). Ce fut une crue d'amont qui s'est amortie sur l'aval.

8.2.8 Crue de février 1990

C'est une crue d'hiver générée par des pluies survenues du 9 au 15 février. D'intensités peu élevées et peu variables d'un jour à l'autre, ces pluies engendrent une crue monopic sur les cours d'eau principaux. Avant la crue, il n'y a pas eu d'excès de pluviométrie.

Ce fut une crue modeste : période de retour du débit de pointe inférieure à 5 ans, sauf sur la Mayenne amont (9 à 25 ans). Sur la Mayenne notamment, ce fut une crue d'amont qui s'amortie sur l'aval.

Cette crue ne présente pas de particularité pour ce qui concerne le volume de crue, les vitesses de montée et de descente.

8.2.9 Crue d'avril 1985

C'est une crue de printemps générée par deux épisodes pluvieux survenus entre le 4 et le 8, puis entre le 11 et le 13.

La période préparatoire (qui inclut l'hiver) fut un peu plus pluvieuse que la moyenne, le mois précédant la crue ne fut pas particulièrement plus pluvieux.

Sur la Sarthe, l'Huisne et le Loir, ce fut une crue monopic (avec la décrue influencée par le 2^{ème} épisode pluvieux). Sur la Mayenne et sur l'Oudon, les 2 pics sont visibles.

Cette crue a été marquée sur quelques sous-bassins :

- Dans le bassin de la Sarthe, l'Orne Saosnoise et la Vive Parente,
- Dans le bassin du Loir : l'Aune.

Dans les vallées principales, la période de retour du débit de pointe fut de l'ordre de 2 à 5 ans.

En terme de volume et de vitesses de montée et de descente, cette crue ne se distingue pas.

8.2.10 Crue d'avril 1983

Ce fut une crue de printemps générée par un épisode intense en 2 parties : 2 jours de pluie fortes les 8 et 9 avril, précédés de 5 jours moins pluvieux avec de la neige, ayant amorcé la crue. Cet épisode pluvieux affecte surtout le bassin du Loir sur l'amont (bassin de l'Yerre en particulier) et aussi sur l'aval (bassin de l'Aune). La période préparatoire fut particulièrement arrosée (cette période incluant l'hiver précédent avec la crue de décembre 1982). Le mois précédent la crue fut aussi assez fortement arrosé, notamment sur l'amont des sous-bassins.

Ce fut une crue monopic sur les cours d'eau principaux (avec cependant une première petite pointe sur l'Huisne). Cette crue fut particulièrement marquée sur le Loir, avec, pour le débit de pointe, une période de retour de 14 ans à St Maur et 35 ans à Villavard. La Braye fut, comparativement à d'autres crues, moins productive ($T = 5$ ans). Les sous-bassins aval furent productifs ($T = 20$ ans pour l'Aune). Sur les autres bassins (Sarthe et Huisne), ce fut une petite crue (T de 2 à 5 ans).

En terme de volume, cette crue ne se distingue pas. C'est une crue monopic mais générée par un épisode assez long. En terme de vitesse de montée et de descente, elle ne se distingue pas non plus.

8.2.11 Crue de décembre 1982

C'est une crue d'hiver générée par un épisode pluvieux survenu du 14 au 20 décembre, avec 2 jours de pluie plus intense les 16 et 19. Lors de cette deuxième pointe de pluie, il y eut de la neige, les 18 et 19 (et aussi le 20 par endroit) sur les hauts bassins. La période préparatoire et le mois précédent la crue furent plus arrosés que la moyenne, particulièrement sur le bassin amont de la Mayenne.

Ce fut une crue monopic sur le Loir, la Sarthe et la Mayenne. Deux pics (dont 1 premier moins important) apparaissent sur l'Huisne et l'Oudon.

Cette crue fut plus forte sur la Mayenne que sur les autres cours d'eau principaux. Pour le débit de pointe, on a $T = 15$ ans à Château Gontier et à Chambellay sur la Mayenne, $T = 6$ ans sur l'Oudon à Andigné et 3 à 6 ans sur la Sarthe et le Loir.

En terme de volume de crue, cette crue ne paraît pas se distinguer. Il en est de même pour ce qui concerne les vitesses de montée et de descente.

8.2.12 Crue de février 1979

Ce fut une crue d'hiver générée par un épisode pluvieux long, du 1^{er} au 14 février avec, dans les 7 premiers jours, une succession de jours de pluie intense (le 1^{er} et le 4) et de jours sans pluie. Les bassins les plus arrosés furent ceux de la Sarthe et du Loir. La période préparatoire fut déficitaire par rapport à la moyenne. Et le mois précédant la crue fut plus pluvieux que la moyenne, avec fin janvier quelques jours de gel et de la neige.

Sur les cours d'eau principaux, ce fut une crue monopic.

Elle affecte surtout les bassins de la Sarthe et du Loir les plus arrosés : $T = 7$ ans à Durtal sur le Loir (mais inférieure à 2 ans en amont) et à 7 ans aussi sur la Sarthe à Spay (avec $T = 15$ ans sur l'Orne Saosnoise).

En terme de volume de crue, elle ne paraît pas se distinguer, sauf sur l'Oudon où la crue est plus volumineuse que la normale.

8.2.13 Crue de novembre 1974

Ce fut une crue d'automne (sans gel, ni neige), générée par un épisode pluvieux survenu du 13 au 15 novembre, avec sur certains postes des jours un peu moins pluvieux avant et après ces 3 jours. La période préparatoire présente un excédent fort par rapport à la moyenne. Et le mois précédent la crue fut aussi particulièrement arrosé, notamment sur les bassins amont de la Sarthe et de la Mayenne. L'épisode intense a été particulièrement fort sur le haut bassin de la Mayenne.

Ce fut une crue monopic qui affecta donc essentiellement le bassin de la Mayenne. Pour le débit de pointe, les périodes de retour sont de 55 ans en amont à St Fraimbault, 50 ans à Bonne, 25 à 30 ans sur l'Ernée, 40 ans à Château Gontier et 35 ans à Chambellay sur la Mayenne aval.

S'agissant d'une crue de la Mayenne amont, l'Oudon fut peu concerné. De même, les bassins du Loir et de la Sarthe furent peu touchés.

8.2.14 Crue d'octobre 1966

Ce fut aussi une crue d'automne (sans gel, ni neige), générée par un épisode pluvieux long, du 21 octobre au 10 novembre, avec un premier épisode intense du 23 au 25 octobre et un deuxième plus long et un peu moins intense du 4 au 9 novembre. Ce mois précédent la crue fut particulièrement pluvieux sur les bassins de la Sarthe et de la Mayenne. L'épisode intense affecta aussi ces 2 bassins.

Ce fut une crue avec 2 pics séparés, correspondant aux deux épisodes intenses, avec un premier pic moins marqué en aval.

Les périodes de retour du débit de pointe ne sont connues qu'en 4 sites. On note T = 50 ans à Spay sur la Sarthe, T = 30 ans à Chambellay sur la Mayenne et moins de 2 ans sur le Loir.

8.2.15 Crue de janvier 1966

Ce fut une crue d'hiver générée par un épisode pluvieux survenu du 19 au 22 janvier. Cette pluie est survenue alors qu'il gelait depuis une semaine. Pendant cette période de gel, il y eut plusieurs jours de neige. La fonte de cette neige s'ajouta donc à la pluie, tombée sur un sol probablement gelé.

Le mois précédent la crue fut plutôt pluvieux. Il se termina donc par une semaine avec gel et neige.

L'épisode intense affecta surtout le haut bassin de la Sarthe, et particulièrement celui de l'Huisne.

Avec un épisode pluvieux bref et intense, survenu sur un sol gelé et enneigé, ce fut une crue monopic qui affecta surtout le bassin de la Sarthe (T = 50 ans à Spay).

8.2.16 Crue de janvier 1961

Ce fut une crue d'hiver. Il y eut un peu de gel nocturne et un peu de neige. Mais contrairement à la crue de janvier 1966, cela eut probablement peu d'effet sur la crue. La période préparatoire fut très arrosée (presque le double de la moyenne). Le mois précédent la crue fut aussi excédentaire.

L'épisode pluvieux ayant généré la crue eu lieu du 31 décembre au 4 janvier. Il affecta essentiellement le bassin du Loir et particulièrement celui de l'Yerre et le haut bassin de la Bray.

Cette crue fut forte sur le bassin du Loir : T = 50 ans à Durtal. Ce fut une crue monopic.

8.3 PREMIERE TYPOLOGIE DES CRUES DU BASSIN DE LA MAINE

8.3.1 Synthèse pour les phénomènes analysés précédemment

Générées par des pluies océaniques de grande extension, les crues dans le bassin de la Maine sont essentiellement des crues d'hiver. Cette période de crue peut déborder un peu sur l'automne (octobre 1966 et novembre 1974) et un peu sur le printemps (avril 1983 et avril 1985).

Le gel et la neige n'ont pas fréquemment d'influence. Mais une telle influence peut exister et être significative. C'est le cas de la crue de janvier 1966 et dans une moindre mesure de celle de février 1996.

En gros, les $\frac{3}{4}$ de ces crues historiques sont des crues monopics sur les cours d'eau principaux.

Ces crues à un seul pic peuvent être générées :

- ♦ Par un épisode pluvieux bref (2 à 3 jours) : crues de janvier 1993, de février 1996, de février 1997, de janvier 1966,
- ♦ Par un épisode pluvieux un peu plus long (3 à 5 jours) : crues de janvier 2004, janvier 2001, février 1990,
- ♦ Par un épisode pluvieux encore plus long, avec :
 - Des pluies régulières, peu différentes d'un jour à l'autre : cas de la crue de février 1990,
 - Des pluies irrégulières, avec des épisodes forts et d'autres moins forts : cas des crues d'avril 1985 et février 1979.

Les crues multipics sont générées par des épisodes pluvieux :

- ♦ Plus longs : cas de la crue de janvier 1995,
- ♦ Ou courts mais dans ce cas, avec plusieurs pointes marquées : cas de la crue de décembre 1999 sur la Mayenne (qui du fait de sa géologie et de sa configuration, avec peu de zones d'expansion est réactive).

Une autre caractéristique marquante des crues dans le bassin de la Maine est leur extension géographique. Elles peuvent affecter :

- ♦ L'ensemble du bassin de la Maine : cas des crues de janvier 1995, de décembre 1999,

- ♦ Deux des sous-bassins principaux :
 - Sarthe et Mayenne en octobre 1966,
 - Loir et Sarthe en janvier 1966,
(On ne trouve pas la configuration où les bassins de la Mayenne et du Loir sont fortement affectés et pas celui de la Sarthe, ce qui est logique ce dernier étant situé entre les 2).

- ♦ Un seul des sous-bassins principaux :
 - Loir en janvier 1961, avril 1983, janvier 2004,
 - Sarthe en octobre 1966,
 - Mayenne en novembre 1974, décembre 1982, janvier 2001.

Les volumes de crue sont logiquement croissants quand l'importance de la crue (caractérisée par son débit de pointe) augmente. Il est intéressant de noter (cf. graphes présentés en 7.4) que sur les principaux cours d'eau, la dispersion des points n'est pas très forte (sauf pour quelques exceptions dont on va parler plus loin).

La crue de janvier 1995 se distingue par son volume très important, mais ce volume se place sur les graphes, dans le prolongement des autres.

Quand on regarde la figure 8 (page 90), et qu'on considère les coefficients multiplicatifs présentés (voir leur signification dans la légende de la carte), on constate que la variabilité de ce coefficient, d'une crue à l'autre, n'est pas non plus très forte.

Peu de crues sortent de la « norme » quand on considère les graphes du 7.4. On peut seulement noter des crues monopics qui, à débit égal, sont moins volumineuses que les autres :

- ♦ Crue de janvier 2004 sur le Loir aval (cette crue ayant principalement affecté le Loir aval),
- ♦ Crue de janvier 2001 sur la Mayenne aval (cette crue a surtout affecté le bassin de la Mayenne),
- ♦ Crue de février 1995 et de février 1997 sur l'Oudon (sous bassin le plus affecté par cette crue).

Ces quatre crues monopics ont été générées par des épisodes de pluie plutôt brefs. Les volumes sont plus faibles que pour les autres crues (à débit égal).

En terme de volume, il nous semble qu'il s'agit là de la seule particularité à relever. Dans ces 16 crues historiques, on peut distinguer 4 crues monopics, ayant principalement affecté un sous-bassin. Générées par un épisode pluvieux intense bref, ces crues sont, à débit égal, moins volumineuses que les autres.

8.3.2 Première typologie

Ces éléments sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Tableau récapitulatif pour une première typologie

Date	Sous-bassins les plus affectés					Influence gel et neige	Crue à 1 seul pic	Crue à plus d'un pic	Volume plus faible que la « norme »
	Loir	Sarthe	Huisne	Mayenne	Oudon				
Janvier 1961	X						X		
Janvier 1966	X	X				X	X		
Octobre 1966		X		X			X		
Novembre 1974				X			X		
Février 1979	X	X					X		
Décembre 1982				X	X			X	
Avril 1983	X						X		
Avril 1985	X	X	X	X	X		X		
Février 1990		X		X			X		
Janvier 1993	X	X	X	X	X			X	
Janvier 1995	X	X	X	X	X			X	
Février 1996					X	X	X		X
Février 1997					X		X		X
Décembre 1999	X	X	X	X	X			X	
Janvier 2001				X	X		X		X
Janvier 2004	X						X		X

Celui-ci nous amène à distinguer :

- ♦ Les crues multipics (env. $\frac{1}{4}$ des crues historiques) :
 - Ces crues ont plutôt tendance à affecter l'ensemble du bassin de la Maine,
 - Ces crues sont générées par des épisodes pluvieux plutôt longs, ou plus brefs mais avec plusieurs pointes marquées de pluie,
 - Elles ne sont pas influencées par le gel et la neige (c'est un phénomène qui concerne plutôt les crues monopics, le gel et la neige augmentant la brutalité du phénomène).

- ♦ Les crues monopics (env. $\frac{3}{4}$ des crues historiques) :
 - Ces crues ont plutôt tendance à affecter 1 ou 2 des sous-bassins principaux,
 - Elles peuvent être amplifiées par le gel et la neige,
 - Certaines de ces crues, générées par des épisodes pluvieux plutôt brefs, sortent de la « norme » en terme de volume : elles sont moins volumineuses. Ces crues affectent un seul des sous-bassins principaux.

8.4 ANALYSE D'AUTRES CARACTERISTIQUES

8.4.1 Autres caractéristiques analysées

Cette première classification étant faite, nous allons nous intéresser :

- ♦ À la genèse des crues en distinguant crues d'amont, crues d'aval,
- ♦ Au rôle des affluents principaux,
- ♦ À l'horloge des crues, au niveau des Basses Vallées Angevines et en amont, dans les sous-bassins principaux.

Sachant que ces différents éléments ont des liens forts entre eux.

La multiplicité des pics de crue compliquant les phénomènes, ce travail va être fait :

- ♦ D'abord pour les crues monopics,
- ♦ Ensuite pour les crues multipics.

8.4.2 Analyse pour les crues monopics

8.4.2.1 Bassin du Loir

Les crues du Loir sont essentiellement générées dans la partie amont rive droite dans les collines du Perche. Trois affluents ont un rôle important (cf. figure 8 page 90). Par ordre d'importance, la Braye, l'Yerre et l'Ozanne.

On peut aussi noter que le Loir est orienté suivant un axe ouest-est, des perturbations venant de l'ouest remontent la vallée, arrosant l'aval avant l'amont.

La Braye, et dans une moindre mesure l'Yerre, jouent un rôle déterminant dans la genèse et la propagation des crues.

Ce fut particulièrement net en janvier 2004 : les crues de l'Yerre et de la Braye, très fortes, arrivèrent dans le Loir 2 jours avant la crue du Loir amont. La pointe du Loir en aval de la Braye correspondait à celle de la Braye.

En avril 1983, la crue du Loir fut une crue d'amont, avec des périodes de retour de 14 ans à St Maur et 35 ans à Villavard, la crue de la Braye étant modeste (5 ans).

Sur le Loir, on peut ainsi distinguer :

- ♦ Les crues d'amont, générées en amont de Châteaudun, dont la propagation n'est pas perturbée par un apport important de la Braye (cas de la crue d'avril 1983),
- ♦ Les crues qu'on dira d'aval, avec un apport important de la Braye qui crée la pointe de crue en aval de la Braye (cas de la crue de janvier 2004).

Pour la protection des villes situées en aval de la Braye (la Chartre, le Lude, la Flèche, Durtal, ...), il conviendrait donc de :

- ♦ Soit privilégier des actions sur le Loir en aval de la Braye,
- ♦ Soit, si ces actions sont faites sur le Loir en amont de la Braye, y adjoindre des actions sur la Braye.

8.4.2.2 Bassin de la Sarthe

La situation est plus complexe sur le bassin de la Sarthe, avec :

- ♦ De nombreux petits affluents sur l'amont, parmi lesquels on peut mettre un peu en avant l'Orne Saosnoise (voir figure 8),
- ♦ L'Huisne, affluent le plus important qui conflue avec la Sarthe au Mans,
- ♦ 3 affluents de la Sarthe aval qui peuvent avoir un poids important sur les crues de la Sarthe aval : la Vaige, l'Erve et la Vègre.

Au Mans, pour la moitié des crues étudiées, la pointe de la Sarthe arrive avant celle de l'Huisne et pour l'autre moitié, c'est l'inverse. Les écarts entre les 2 pointes sont généralement faibles (3 à 6 h pour les $\frac{3}{4}$ des cas, jusqu'à 12 h pour les autres), ce qui veut dire que les pointes de la Sarthe et de l'Huisne sont généralement proches et que quand la pointe de l'une est au Mans, l'autre cours d'eau a un débit élevé, proche de celui de sa pointe.

Ainsi pour la Sarthe, l'Huisne ne joue pas le même rôle que la Braye pour le Loir.

Du fait de la proximité des bassins de la Sarthe amont et de l'Huisne, quand l'une des rivières est en crue, l'autre l'est aussi. La configuration forte crue sur l'une et pas de crue sur

l'autre ne se rencontre pas. C'est d'ailleurs pour cela que leurs pointes de crue sont proches au Mans.

Sur la Sarthe, la notion de « crue d'aval » est apportée par les 3 affluents aval cités précédemment : la Vaige, l'Erve et la Vègre. Ainsi, en février 1996, la pointe de crue à Beffes correspondait à celle de ces 3 affluents (quand on considère les hydrogrammes à Beffes et à Spay). En janvier 2004 aussi, ces 3 affluents influencèrent fortement l'aval de la Sarthe.

On peut bien sûr avoir des configurations de crues d'amont, avec des crues plus modestes sur ces 3 affluents aval.

Ainsi sur la Sarthe, on peut distinguer 3 catégories de crues :

- ♦ les crues d'amont (amont de Spay), avec avance de la Sarthe sur l'Huisne au Mans,
- ♦ les crues d'amont, avec avance de l'Huisne sur la Sarthe au Mans,
- ♦ les crues dites d'aval, qu'on peut subdiviser en 2 :
 - celles où les crues de 3 affluents aval se superposent à une crue de même importance (en terme de période de retour des débits) que celle de la Sarthe amont (crue de février 1996),
 - celles où les crues de ces 3 affluents aval sont très fortes et se superposent à une crue plus modeste de la Sarthe amont (crue de janvier 2004).

8.4.2.3 Bassin de la Mayenne

Sur le bassin de la Mayenne, on peut distinguer 4 types de crue :

- ♦ Des crues d'amont, générées en amont de la ville de Mayenne et qui sont peu renforcées en aval : cas de la crue de février 1990,
- ♦ Des crues qu'on appellera crues amont et centrale, où il y a à la fois crue amont, au sens ci-dessus, et crues sur les affluents l'Ernée, la Jouanne et leurs voisins : cas des crues de novembre 1974, de janvier 2001,
- ♦ Des crues qui affectent essentiellement l'Oudon et peu la Mayenne en amont de l'Oudon : cas des crues de février 1996 et février 1997,
- ♦ Des crues généralisées qui affectent à la fois la Mayenne (amont et centrale) et l'Oudon : cas de la crue de janvier 2001.

Comme sur le Loir avec la Brayé et sur la Sarthe avec les 3 affluents aval (Vaige, Vègre et Erve), on peut avoir une propagation influencée par un affluent intermédiaire. C'est le cas par exemple avec l'Ernée pour les crues de 1996 et 2004.

8.4.2.4 Au niveau des Basses Vallées Angevines (BVA)

L'Oudon, à Port-aux-Anglais et la Mayenne à Chambellay voient leur maximum passer presque simultanément à quelques exceptions près. D'une manière générale, la crue de la Sarthe arrive après celle de la Mayenne, et c'est le Loir qui arrive en dernier. C'est également le cas lorsqu'il y a une crue dite d'aval du Loir : cas de la crue de janvier 2004.

Du fait de cette constance de l'horloge des crues au niveau des BVA, cette horloge des crues n'entre pas en ligne de compte dans la définition de la typologie des crues du bassin de la Maine.

8.4.3 Analyse pour les crues multiples

L'échantillon est réduit à 4 crues :

- décembre 1982,
- janvier 1993,
- janvier 1995,
- décembre 1999.

Ces crues affectent l'ensemble du bassin de la Maine, les sous-bassins principaux l'étant plus ou moins.

Aussi, les distinctions faites pour les crues monopics, entre crues d'amont et crues d'aval ne peuvent pas être faites ici. S'il y a des différences entre l'amont et l'aval, elles sont moins nettes dans leurs effets.

Du fait de cette situation, et de la faible taille de l'échantillon, il n'est pas possible de distinguer différents types de crues comme nous avons pu le faire pour les crues monopics.

8.5 TYPOLOGIE COMPLETEE

Sur la base de la première typologie (cf. 8.3.2) et des analyses complémentaires faites ensuite, nous aboutissons à la typologie présentée ici.

Nous distinguons :

- ❑ Les crues monopics (env. $\frac{3}{4}$ des crues historiques) :
 - ♦ Ces crues ont plutôt tendance à affecter 1 ou 2 des sous-bassins principaux, mais pas tout le bassin de la Maine,
 - ♦ Elles peuvent être amplifiées par le gel et la neige,

- ♦ Certaines de ces crues, générées par des épisodes pluvieux plutôt brefs sortent de la « norme » en terme de volume : elles sont moins volumineuses. Ces crues affectent un seul des sous-bassins principaux.
- ♦ Pour chacun des 3 sous-bassins principaux, on peut distinguer plusieurs types de crues :
 - Pour le Loir :
 - crues d'amont générées en amont de Châteaudun, dont la propagation n'est pas perturbée par un apport important de la Braye (cas de la crue d'avril 1983),
 - crues d'aval, avec un apport important de la Braye qui crée la pointe de crue en aval de la Braye (cas de la crue de janvier 2004).
 - Pour la Sarthe :
 - Crues d'amont (amont de Spay), avec avance de la Sarthe sur l'Huisne au Mans,
 - Crues d'amont avec avance de l'Huisne sur la Sarthe au Mans,
 - Crues dites d'aval, avec :
 - . cas où les crues des 3 affluents aval de rive droite se superposent à une crue de même importance que celles de la Sarthe amont (en terme de période de retour des débits) : cas de la crue de février 1996,
 - . cas où les crues de ces 3 affluents aval sont très fortes et se superposent à une crue plus modeste de la Sarthe amont (crue de janvier 2004).
 - Pour la Mayenne :
 - Crues d'amont générées en amont de Mayenne et qui sont peu renforcées en aval : cas de la crue de février 1990,
 - Crues amont et centrale où il y a, à la fois crue amont, au sens ci-dessus, et crues sur les affluents l'Ernée, la Jouanne et leurs voisins : crues de novembre 1974, de janvier 2001,
 - Crues qui affectent essentiellement l'Oudon et peu la Mayenne en amont de l'Oudon : crues de février 1996 et février 1997,

- Crues généralisées qui affectent à la fois la Mayenne (amont et centrale) et l'Oudon : crue de janvier 2001.

□ Les crues multiples (env. ¼ des crues historiques) :

- ces crues ont plutôt tendance à affecter l'ensemble du bassin de la Maine,
- elles sont générées par des épisodes de pluie plutôt longs, ou plus brefs mais, dans ce cas, avec plusieurs pointes marquées de pluie,
- elles ne sont pas influencées par le gel et la neige (ou le sont très peu),
- les distinctions faites pour les crues monopics, entre crues d'amont et crues d'aval ne peuvent pas être faites ici : s'il y a des différences entre l'amont et l'aval, elles sont en effet moins nettes dans leurs effets.

Du fait d'une certaine constance de l'horloge des crues au niveau des BVA, cette horloge des crues en aval n'entre pas en ligne de compte dans la définition de la typologie des crues du bassin de la Maine.

9 PROPOSITION DES CRUES A MODELISER

Le panel des crues historiques est large. Il balaie, nous semble-t-il, toute la gamme des types de crue pouvant survenir, avec :

- ♦ Des crues multiples qui concernent l'ensemble du bassin de la Maine,
- ♦ Des crues monopics qui concernent 1 ou 2 des sous-bassins principaux.

Dans ces dernières, qui représentent les $\frac{3}{4}$ de l'échantillon, on trouve sur chaque sous-bassin, des crues d'amont, des crues d'aval, ... Aux grandes confluences (Loir-Braye, Sarthe-Huisne, Sarthe-Vègre-Vaige-Erve, Mayenne-Ernée, Mayenne-Oudon), on trouve des configurations de crues variées.

Aussi, nous proposons de modéliser essentiellement des crues réelles (crues historiques). Pour les 10 crues à modéliser, notre choix s'est porté sur :

- ♦ Les 9 crues historiques présentées dans le tableau 24 ci-après (page suivante),
- ♦ Une dixième crue qui sera une crue théorique : crue proche de la crue centennale à l'échelle de tout le bassin de la Maine, homothétique par rapport à celle de janvier 1995.
Pour cette dernière crue, notre choix est motivé par le fait d'élargir la gamme des périodes de retour dans les crues testées. Le choix d'une crue multiple, affectant l'ensemble du bassin de la Maine, comme celle de 1995, nous paraît logique.

L'échantillon des crues historiques retenues comporte :

- ♦ 3 des 4 crues multiples, qui rappelons-le, concernent l'ensemble du bassin de la Maine :
 - crue de janvier 1995,
 - crue de décembre 1999,
 - crue de janvier 1993.
- ♦ 6 crues monopics :
 - 2 ayant affecté essentiellement le Loir : avril 1983 et janvier 2004,
 - 2 ayant affecté la Sarthe : janvier 1966, octobre 1966,
 - 3 ayant affecté la Mayenne : octobre 1966, février 1996, janvier 2001 (celle de février 1996 ayant surtout touché l'Oudon).

Sur le Loir, avec les 2 crues monopics retenues, nous avons :

- ♦ une crue d'amont : avril 1983,
- ♦ une crue d'aval : janvier 2004.

TABLEAU 24 : CRUES HISTORIQUES RETENUES POUR LA MODELISATION

Date	Crues multiples affectant tout le bassin	Crues monopics				Ordre au Mans	Remarque
		Bassins touchés					
		Loir	Sarthe	Mayenne	Oudon		
Janvier 1966		X	X			?	
Octobre 1966			X	X		HS	
Avril 1983		X				HS	Loir : crue d'amont
Janvier 1993	X					SH	
Janvier 1995	X					SH	
Février 1996					X	HS	Forte crue Oudon Sarthe : crue d'aval sur crue d'amont
Décembre 1999	X					HS	
Janvier 2001				X	X	SH	Forte crue Oudon
Janvier 2004		X				SH	Loir : crue d'aval Sarthe : crue d'aval

Sur la Mayenne, nous n'avons pas les 4 types de crues identifiés précédemment, mais cela sera sans conséquence sur les résultats de l'étude de cohérence dans la mesure où les seuls projets d'aménagement à prendre en compte dans le bassin de la Mayenne sont situés dans le bassin de l'Oudon.

Octobre 1966 concerne la Mayenne et aussi la Sarthe.

L'Oudon a été affecté par les 2 autres crues monopics retenues (février 1996 et janvier 2001), ainsi que par des crues multipics.

Sur la Sarthe, il y a :

- ♦ des crues avec une forte influence aval : février 1996, janvier 2004,
- ♦ des crues d'amont.

Les crues choisies (monopics et multipics) permettent d'avoir au Mans les 2 configurations : avance de la Sarthe sur l'Huisne (pour 4 crues) ou avance de l'Huisne sur la Sarthe (pour 4 crues).

Les caractéristiques prises en compte pour la 10^{ème} crue, crue théorique, homothétique de celle de 1995, seront définies lors de la modélisation hydraulique.

Le calage du modèle se fera sur les crues les plus récentes pour lesquelles il existe des repères de crue (janvier 1995, décembre 1999, janvier 2001 et janvier 2004). Il pourra être fait sur 3 crues, le passage avec la 4^{ème} crue permettra de tester la robustesse du modèle.