

# SOMMAIRE

<b>1. CONTEXTE GENERAL ET OBJECTIFS DE L'ETUDE</b>	<b>2</b>
<b>2. CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTS BASSINS VERSANTS</b>	<b>4</b>
2.1 GENERALITES	4
2.2 LE BASSIN DE LA MAYENNE (HORS OUDON)	4
2.3 LE BASSIN DE L'OUDON	5
2.4 LE BASSIN DE LA SARTHE EN AMONT DE L'AGGLOMERATION MANCELLE	5
2.5 LE BASSIN DE L'HUISNE EN AMONT DE L'AGGLOMERATION MANCELLE	6
2.6 LA CONFLUENCE SARTHE-HUISNE AU DROIT DE L'AGGLOMERATION MANCELLE	6
2.7 LE BASSIN DE LA SARTHE EN AVAL DU MANS	6
2.8 LE BASSIN DU LOIR	7
2.9 LA MAINE AVAL : L'AGGLOMERATION D'ANGERS	7
<b>3. PREVISIONS</b>	<b>9</b>
3.1 ETAT DES LIEUX EN HYDROLOGIE	9
3.1.1 Analyse des crues	9
3.1.2 Analyse des étiages	13
3.2 PREVISIONS	13
3.2.1 Elaboration de schémas de prévision de crue (modèles de première génération)	13
3.2.2 Elaboration de schémas de prévision des étiages	14
3.2.3 Méthodologie en vue de la réalisation de modèles de deuxième génération	15
3.2.4 Utilisation opérationnelle des radars météorologiques	16
3.3 PRECONISATIONS POUR LA DEFINITION D'UN RESEAU OPERATIONNEL DE GESTION DES CRISES	
HYDROLOGIQUES	17
3.3.1 Annonce de crue	17
3.3.2 Prévision des étiages	18
3.3.3 En résumé	19
3.3.4 Préconisations pour une nouvelle organisation de l'annonce de crue	21
<b>4. PREVENTION</b>	<b>24</b>
4.1 GENERALITES	24
4.2 PROPOSITIONS EN VUE DE L'HOMOGENEISATION DES PLANS REGLEMENTAIRES POUR LA PREVENTION DU RISQUE INONDATION SUR LE BASSIN DE LA MAINE	24
<b>5. PROTECTIONS</b>	<b>27</b>
5.1 ANALYSE DES DOMMAGES	27
5.1.1 Coût de la crue de janvier 1995 par sous-bassins	28
5.1.2 Coûts annuels moyens pour les agglomérations	30
5.1.3 Les coûts annuels moyens par sous-bassins	31
5.2 SYNTHESE DES PROTECTIONS	31
5.2.1 Protections intermédiaires	32
5.2.2 Protections éloignées	34
5.2.3 Protections locales	38
<b>6. PRECONISATIONS DU CHARGE D'ETUDE</b>	<b>41</b>
6.1 PREVISIONS	41
6.2 PREVENTIONS	42
6.3 PROTECTIONS	42
6.3.1 Retenues de stockage	42
6.3.2 Levées de terre transversales	43
6.3.3 Protections locales	44

## 1. Contexte général et objectifs de l'étude

Le bassin de la Maine s'étend sur une superficie de 22 020 km<sup>2</sup> et représente le premier sous-bassin de la Loire.

Son bassin concerne sept départements (Orne, Sarthe, Mayenne, Eure-et-Loir, Loir-et-Cher, Maine-et-Loire, Indre-et-Loire) et trois régions (Pays de la Loire, Basse Normandie, Centre).

L'intérêt des usagers et riverains des cours d'eau du bassin de la Maine s'est nettement manifesté ces dernières années, par la prise en compte d'aspects aussi divers que la prévention contre les crues, la préservation d'un débit minimum et de la qualité de l'eau, la remontée des poissons migrateurs, le développement du tourisme fluvial ou du tourisme vert.

Toutes ces actions s'inscrivent dans la logique du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne.

C'est dans ce souci de cohérence globale que, suite aux crues très importantes de janvier 1995 sur l'ensemble du bassin, une réflexion concertée entre les différents partenaires intéressés a présidé au lancement d'une importante étude des crises hydrologiques du bassin de la Maine. Etude également dénommée "étude 3P", car concernant les trois volets "Prévision", "Prévention" et "Protection" et intégrant non seulement les difficultés des crues, mais également celle de la gestion des étiages.

Cette étude devant déboucher en premier lieu sur la définition, pour le bassin de la Maine, du réseau de stations de télémessures CRISTAL (Centre Régional Informatisé par Système de Télémessures pour l'Aménagement de la Loire), l'EPALA (Etablissement Public pour l'Aménagement de la Loire et ses Affluents) en a assuré la maîtrise d'ouvrage.

La DIREN de Bassin est conducteur d'opération de cette étude dont le pilotage est assuré par un important Comité rassemblant la plus large représentation des Collectivités Locales (élus des Conseils Généraux des six départements concernés, ville d'Angers), des Services de l'Etat (Préfectures, DIREN des trois régions concernées, DDE et MISE des six départements), ainsi que l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, les Commissions Locales de l'Eau déjà constituées sur ce bassin et le Conseil Supérieur de la Pêche.

Compte tenu de l'importance des enjeux et de la vision globale au niveau du bassin avec laquelle cette étude doit être conduite, il a été décidé par ce Comité de Pilotage de créer des Commissions Géographiques au niveau des trois entités Maine-Mayenne-Oudon, Sarthe-Huisne et Loir.

En ce qui concerne le suivi du déroulement technique de l'étude, celui-ci est assuré par un Comité Technique rassemblant, outre le maître d'ouvrage et le conducteur d'opération, des représentants techniques des Collectivités Locales, des services de l'Etat et de l'Agence de l'Eau.

L'étude est organisée en deux phases successives :

◆ **Une première phase couvrant l'ensemble des objectifs de l'étude**

D'une durée initiale de six mois (1er semestre 1998), consiste à rassembler et synthétiser l'état de la connaissance et des difficultés du bassin, et la compléter pour réaliser les actions suivantes :

- \* analyser les situations de crises hydrologiques (crues et étiages) de façon à définir les méthodes et outils destinés à comprendre, prévoir et gérer les événements à venir, en particulier par l'équipement en télétransmission et le raccordement au réseau CRISTAL des stations de mesures qui auront été préconisées ;
- \* fournir aux services d'annonce de crue une première génération de méthodes de prévision des crues, directement opérationnelles et aussi simples d'emploi que possible, méthodes pouvant être enrichies au gré des évolutions et travaux, ainsi que de l'expérience acquise ;
- \* décrire et évaluer les moyens à mettre en oeuvre pour définir une deuxième génération de méthodes de prévision tirant parti de l'ensemble du réseau prévu à terme ;
- \* décrire et évaluer l'ensemble des éléments techniques et des méthodes restant à mettre en oeuvre pour réaliser la totalité des documents de prévention nécessaires, dans un cadre hydrologique nécessaire et suffisant, défini de façon homogène à l'échelle du bassin ;
- \* identifier les options de protections envisageables pour les agglomérations sensibles, soit au niveau de protections locales (tout en veillant aux conséquences sur l'amont et l'aval), soit au niveau d'une modification possible des consignes de gestion des ouvrages existants soit enfin au niveau d'options de protections éloignées à l'échelle du bassin ou de la vallée (par exemple : augmentation du rôle des champs d'expansion des crues, voire réalisation d'ouvrages écrêteurs de crue ....). Cette identification (faisabilité et cadrage) débouche sur une hiérarchisation des actions à entreprendre, dans une logique à la fois de protection optimale des agglomérations et de cohérence de bassin.

◆ **Une deuxième phase constituée d'approfondissements localisés d'options de protection**

Dont la définition précise interviendra après discussions et concertation globale (fin 1998) relatives aux conclusions de la phase I. Elle visera à affiner techniquement et financièrement (étude préalable) certaines des options de protection, au vu de l'examen de ces conclusions, de façon à permettre un choix définitif puis le passage aux études d'exécution.

La durée globale de cette deuxième phase est de l'ordre de 9 mois, jusqu'à l'automne 1999.

◆ **Extension du réseau CRISTAL**

Sur la base des éléments rassemblés en première phase pourra être élaboré, un plan de financement de l'extension du réseau CRISTAL au bassin versant de la Maine (finalisation automne 1999). La mise en place des centraux et des stations principales est prévue dans le courant des trois premiers trimestres de l'an 2000. L'équipement global complémentaire (autres stations) est envisagé vers la fin de l'an 2001.

## 2. Caractéristiques des différents bassins versants

### 2.1 Généralités

Ce bassin, comme le souligne aisément la structure du réseau hydrographique, est constitué de trois rivières :

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

Elles 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 proprement dite, drainant au droit de sa propre confluence avec la Loire un bassin versant de 22 020 km<sup>2</sup> (voir carte).

Chacune de ces rivières réagit, lors des crues, en fonction de la répartition spatio-temporelle des précipitations, et naturellement en fonction des caractéristiques topographiques (longueur de rivière, pente, présence ou non de champs d'inondation importants), et des conditions de concomitance des différents affluents qui peuvent constituer un facteur aggravant.

Les cartes "vulnérabilité aux crues" et "vulnérabilité aux étiages" synthétisent les éléments présentés ci-après.

### 2.2 Le bassin de la Mayenne (hors Oudon)

#### ◆ Crues

La rivière Mayenne, vu l'étroitesse de sa vallée, ne présente pas, hormis sur son cours supérieur, de champs d'inondations 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 présente une capacité du lit mineur (de par les protections réalisées) ne conduisant à des débordements qu'à partir de valeurs de débit sensiblement décennales et non pas récurrentes. Sur l'ensemble de cette rivière, les difficultés liées aux crues résident davantage sur l'information qu'il convient d'améliorer pour la connaissance et la prévision du déroulement des crues sur la rivière principale et ses affluents, que sur la recherche de solutions visant à l'amélioration des conditions de protection de ces agglomérations.

#### ◆ Etiages

En ce qui concerne les étiages, la faiblesse des ressources en eaux souterraines (du fait de la présence des roches imperméables du socle armoricain à une faible profondeur) ne permet pas, lors d'épisodes de basses eaux, de satisfaire les objectifs de quantité et de qualité liés à une activité socio-économique globalement acceptable pour l'ensemble des acteurs sur le bassin. C'est dans ce but que des aménagements importants de soutien d'étiage ont été réalisés (St Fraimbault) ou sont à l'étude (St Calais du Désert).

## 2.3 Le bassin de l'Oudon

Ce bassin présente une situation particulièrement critique vis à vis des crues et des étiages :

### ◆ Crues

Le bassin de l'Oudon a subi récemment une succession exceptionnelle de crues fortes qui a ravivé la sensibilité des riverains , notamment en ce qui concerne non seulement les agglomérations de Craon et de Segré, mais également bon nombre de villages et hameaux le long de la rivière Oudon ou de ses affluents. Hormis l'étude des possibilités de protection localisées ou éloignées (aménagement des amonts de la rivière et de ses affluents), il convient de s'interroger sur l'intérêt d'une modification des consignes de gestion (abaissement préventif) de la chaîne de retenues (ouvrages agricoles ou de navigation). Un système d'annonce de crue opérationnel fait cruellement défaut sur le haut bassin ;

### ◆ Etiages

En basses eaux, les nombreux prélèvements notamment agricoles, accentuent très fortement la faiblesse du soutien des étiages par les nappes affleurantes, et conduisent parfois à des "à-secs" prolongés ce qui fut le cas lors des étés 1989 à 1992, et 1996.

Dans ce cas, l'apparition des étiages est étroitement liée à celle des besoins en eau de la profession agricole, et pour lesquels des projets d'aménagement de sites de soutien d'étiage, ou de réalisation de retenues collinaires ont déjà été étudiés.

## 2.4 Le bassin de la Sarthe en amont de l'agglomération mancelle

Le bassin de la Sarthe amont se trouve concerné de façon modérée par les crues et les étiages qui peuvent néanmoins se traduire avec une certaine acuité au niveau de l'agglomération d'Alençon :

### ◆ Crues

Cette agglomération ne connaît de dommages importants qu'à partir de crues sensiblement décennales, hormis certains bas quartiers (dont celui de Courteille) concernés par des problèmes de saturation et de refoulement des réseaux d'assainissement. Par contre, et cela d'une façon générale sur ce bassin, ont souvent été évoquées les améliorations possibles au niveau d'une information générale sur le déroulement des crues de la Sarthe et de certains de ses affluents.

### ◆ Etiages

En étiage, les problèmes d'alimentation en eau potable deviennent importants lorsque le débit moyen de la Sarthe descend en dessous de 500 l/s (cas des années 1991, 1992 et 1996) ; de plus, certains affluents du haut bassin connaissent quelques à-secs lors de ces épisodes sévères.

## **2.5 Le bassin de l'Huisne en amont de l'agglomération mancelle**

D'une manière générale, ce bassin, de par sa structure géologique particulière (alimentation par la nappe du Cénomaniens), ne connaît pas de problèmes d'étiage particuliers sur la rivière principale. Seuls quelques à-secs peuvent apparaître sur les amonts de certains affluents.

Les crises hydrologiques concernent davantage les crues, pour lesquelles des agglomérations importantes comme Rémalard, Nogent le Rotrou, la Ferté Bernard et naturellement le Mans (voir ci-après) peuvent subir des dommages importants.

Les options de protection étudiées à l'occasion d'étude récente (étude BRL 1997) ont conduit à préconiser d'une part des protections locales pour Rémalard, Nogent le Rotrou et la Ferté Bernard, d'autre part la réalisation de trois retenues (Mauves/s/Huisne, Margon sur l'Huisne, et sur le ruisseau de Boiscorde en amont de Rémalard) permettant ainsi d'atténuer les hauteurs de submersions au droit de ces agglomérations de 22 cm à Rémalard, 44 cm à Nogent le Rotrou, 15 cm à la Ferté Bernard, et moins de 5 cm au Mans.

Les difficultés au niveau du Mans ne se trouvent donc pas résolues par ces seules préconisations d'où la recherche de solutions complémentaires, évoquées ci-après.

## **2.6 La confluence Sarthe-Huisne au droit de l'agglomération mancelle**

Cette importante agglomération a connu des inondations très dommageables lors des fortes crues de 1966 et très récemment en 1995 ; il convient, tout en demeurant dans une logique de cohérence à l'échelle des bassins de la Sarthe et de l'Huisne, de rechercher l'ensemble des préconisations susceptibles d'atténuer au maximum les conséquences de telles crues.

L'étude récente évoquée ci-dessus a été poursuivie par un examen des possibilités qu'offre le lit majeur de l'Huisne en amont du Mans (et plus précisément entre Nogent le Rotrou et la Pécardière), pour atténuer de façon significative les hauteurs de submersion dues aux crues dans l'agglomération mancelle.

De ce fait, l'étude sommaire de la réalisation d'une cinquantaine de levées transversales de 1 m de hauteur en moyenne sur ce secteur, conduit à estimer à 10 cm le gain obtenu en hauteur (10 % en débit), tout en décalant (ralentissant) l'hydrogramme de crue de l'Huisne de l'ordre de 24 heures.

Ces aménagements seront étudiés dans le chapitre "Protection", dans un cadre de préfaisabilité, sur le bassin amont de la Sarthe, sous réserve de l'analyse des risques de concomitance des deux rivières Sarthe et Huisne au Mans, et des décalages (et donc des possibilités de resynchronisation) des pointes de crue.

## **2.7 Le bassin de la Sarthe en aval du Mans**

En aval du Mans, les problèmes liés aux crues concernent essentiellement l'information sur le comportement des affluents au voisinage immédiat de l'agglomération de Sablé sur Sarthe (les rivières la Vègre, l'Erve et la Vaige), comme ce fut le cas lors de la crue de 1995.

En ce qui concerne les basses eaux, les problèmes se posent sur les bassins versants des affluents (Vègre notamment), sur lesquels les nombreux pompages agricoles contribuent à accentuer la sévérité des étiages. Par contre, du fait de l'alimentation essentiellement en provenance du bassin de l'Huisne, la rivière Sarthe elle-même ne présente pas de problèmes particuliers.

## **2.8 Le bassin du Loir**

Sur le bassin du Loir, les inconvénients liés aux crues et aux étiages peuvent revêtir, selon les secteurs, un aspect particulièrement critique :

### **◆ Crues**

Les crues, par leur soudaineté, affectent le haut bassin du Loir et ses affluents comme l'Ozanne ou l'Eggonne, provoquant ainsi d'importants dommages sur les communes ou agglomérations comme Alluyes, Bonneval ou Chateaudun. Les agglomérations situées en aval peuvent être concernées également par des apports brutaux d'affluents comme l'Yerre (en amont de Cloyes/s/Loir, Vendôme ou Montoire) ou la Brayé (en amont de La Chartre, Le Lude, La Flèche et Durtal).

Ces agglomérations sont susceptibles de subir actuellement des dégâts importants pour des crues de temps de retour compris entre 5 et 10 ans (pour Vendôme, La Flèche et Durtal) et entre 10 et 25 ans (Bonneval, Chateaudun, Cloyes, Montoire, Le Lude). Une importante étude, réalisée en 1986-1987, avait préconisé la réalisation de travaux localisés au niveau de ces agglomérations, complétés par la réalisation de retenues (3 sur le Loir amont et 1 sur la Brayé, avec le double objectif d'écrêtement des crues et de soutien des étiages, et une sur l'Yerre destinée uniquement à l'écrêtement des crues).

### **◆ Etiages**

Les étiages sont très sévères sur les affluents rive gauche du Loir amont (la Conie, l'Aigre), du fait du très fort abaissement général des niveaux de la nappe de Beauce depuis quelques années : dans la moyenne vallée du Loir, les problèmes d'eutrophisation peuvent affecter en certains endroits la qualité hydrobiologique de la rivière.

## **2.9 La Maine aval : l'agglomération d'Angers**

Les inconvénients majeurs au niveau de l'agglomération angevine résident dans le fait que les inondations et submersions sont étroitement liées non seulement aux débits en provenance du bassin de la Maine mais également aux débits de la Loire. En effet, du fait de la configuration topographique relativement "plate" de l'ensemble du secteur (comprenant l'agglomération d'Angers) situé entre la Pointe de Bouchemaine à l'aval, et les confluences amont (Mayenne-Oudon, Sarthe-Loir), le niveau de la Maine à Angers (référence l'échelle du pont de Verdun) est extrêmement lié, par effet de remous, à la somme des débits Maine+Loire amont.

Outre quelques aménagements de protection locaux envisageables, les options d'études s'orientent :

- d'une part sur les conséquences des aménagements proposés en amont, que ce soit à l'échelle locale d'agglomérations (mais les conséquences pour Angers seront très réduites), ou que ce soit plutôt à l'échelle des sous-bassins ou vallées (ralentissement dynamique des crues, ouvrages ...), tout en considérant que le débit de la Maine ne constitue qu'une partie assez faible du débit total enregistré à Montjean
- d'autre part sur l'élaboration de schémas de prévision de l'évolution des niveaux à Angers, en intégrant les prévisions en débit sur le bassin de la Maine et sur la Loire amont (Saumur) et l'évolution des niveaux à Angers en fonction des débits de l'ensemble Maine + Loire.



## **3. Prévisions**

### **3.1 Etat des lieux en hydrologie**

La description générale du bassin versant de la Maine, de son réseau hydrographique et de l'implantation des réseaux de mesures existants ont permis de faire un bilan global de la situation actuelle précisant le degré de vulnérabilité du bassin.

#### **3.1.1 Analyse des crues**

L'importance des crues sur le bassin est directement liée à celles des précipitations. Ainsi, la crue de 1995 a suivi une succession d'épisodes pluvieux assez étalés dans le temps, correspondant à une succession de passage de fronts froids. Ce type de situation est d'ailleurs très fréquent pendant la période "hivernale" de novembre à mars.

L'analyse de la pluviométrie montre également une répartition spatiale liée au caractère océanique, à l'altitude et à la situation des bassins par rapport aux reliefs environnants ainsi qu'une répartition saisonnière des précipitations sur le bassin.

Le régime pluvial général est caractérisé, en cours d'année et sur l'ensemble du bassin par un automne et un hiver pluvieux (novembre à mars-avril), suivis d'un printemps plutôt sec. La courbe des régimes des débits pour l'ensemble du bassin (Sarthe, Mayenne, Loir) confirme cette tendance.

De plus, une crue donnée n'a pas nécessairement la même période de retour d'amont en aval des sous-bassins, en fonction de la répartition pluviométrique.

La description de la genèse des crues (notamment la crue exceptionnelle de janvier 1995) montre l'importance de la prise en compte de l'évolution d'un "indice de débits antérieurs" représentant de façon synthétique l'état de "saturation" du bassin versant à partir d'une certaine valeur (selon les bassins).

Par ailleurs, la réaction des bassins aux événements pluvieux reste assez rapide tandis que les vitesses de propagation des crues varient sensiblement en fonction du bassin et de l'importance de la crue.

#### **Débits caractéristiques de crue**

Le tableau T1 récapitule les résultats des ajustements statistiques au droit des stations hydrométriques suivies par les DIREN.

Les estimations des débits de période de retour 5 ans, 10 ans, 50 ans, 100 ans et 200 ans serviront de données de base pour la prévention et les protections.

Ces estimations permettent de définir la période de retour des principales crues récentes sur les trois principaux cours d'eau du bassin de la Maine : la Mayenne, la Sarthe et le Loir (voir tableau).

Le tableau T2 récapitule les principales crues des dernières décennies ainsi que la période de retour associée.

### **Concomitance de crues**

En ce qui concerne la concomitance des crues sur les sous-bassins, l'analyse des hydrogrammes sur 12 des crues les plus récentes montre :

#### *- Sarthe et Huisne :*

La Sarthe est par 6 fois en avance sur l'Huisne d'environ 5 heures (entre 2 et 11 heures), et l'Huisne est par 6 fois en avance sur la Sarthe d'environ 11 heures (entre 5 et 21 heures). On ne peut donc conclure à une coïncidence systématique des crues, mais, compte tenu de la configuration habituelle des hydrogrammes, ces décalages sont peu significatifs, leur traduction en hauteur par rapport à une coïncidence parfaite étant de l'ordre de 10 cm.

#### *- Maine (Mayenne, Oudon, Sarthe et Loir) :*

En règle générale, les débits de pointe apparaissent le même jour sur la Mayenne (à Chambellay) et sur l'Oudon (à Port aux Anglais), alors que les débits maxima apparaissent à Sablé-Beffes sur la Sarthe plutôt 1 à 2 jours après, et à Durtal sur le Loir 3 jours après.

Le temps de propagation entre ces stations et Angers est de même ordre de grandeur, sauf pour la station de Beffes, où il convient d'ajouter environ 12 heures par rapport aux trois autres stations.

En résumé, un observateur placé à la confluence des trois rivières (Mayenne, Sarthe, Loir) verra arriver la pointe de crue de la Mayenne grossie de l'Oudon le jour J, celle en provenance de la Sarthe 1,5 à 2,5 jours plus tard et celle du Loir encore 1 ou 2 jours plus tard.

#### *- Maine et Loire*

Le risque majeur de concomitance de crues sur les bassins de la Loire et de la Maine provient des crues d'origine océanique. Ces crues sont habituellement consécutives à la persistance d'une circulation atmosphérique d'origine atlantique avec des trains successifs de perturbations pouvant s'étaler sur des durées de 1 à 3 mois (cas de la crue de 1995).

La probabilité de la concordance d'une crue de type 1995 sur la Maine ( $1\,800\text{ m}^3/\text{s}$ , valeur quasiment centennale) avec une crue centennale sur la Loire amont (débit de  $6\,400\text{ m}^3/\text{s}$ ) est de l'ordre de  $1\text{ à }2 \times 10^{-3}$  (correspondant à un temps de retour d'au moins 500 ans).

## T1 --- DEBITS CARACTERISTIQUES DE CRUE ---

STATIONS HYDROMETRIQUES	Période disponible	Surface (km2)	Débit de crue de période de retour 10 ans (m3/s)	Débit de crue de période de retour 20 ans (m3/s)	Débit de crue de période de retour 50 ans (m3/s)	Débit de crue de période de retour 100 ans (m3/s)	Débit de crue de période de retour 200 ans (m3/s)
<b>LA SARTHE</b>							
Moulin du désert (la Sarthe)	1973-96	908	100	115	135	180*	220*
Chiantin (le Merdereau)	1984-97	118	19	22	25	35*	45*
Moulin Neuf (l'Orne Saosnoise)	1967-97	510	50	55	65	90*	120*
Montreuil (la Sarthe)	1973-96	2716	250	285	335	410*	480*
Nogent le Rotrou (l'Huisne)	1972-97	827	70	80	95	110	150*
la Pécardière (l'Huisne)	1984-97	1890	125	145	170	200	280*
St Mars la Brière (le Narais)	1983-97	167	6	7	8	9	10
Parente (la Vive Parente)	1983-96	185	12	13	15	21	23*
Spay (la Sarthe)	1970-96	5285	330	385	450	540*	680*
Asnières/Vègre (la Vègre)	1980-97	401	50	55	70	90*	110*
Moulin la Roche (l'Erve)	1972-96	380	70	80	90	125*	160*
Bouessay (la Vaige)	1980-97	233	40	45	50	70*	90*
Beffes (la Sarthe)	1970-96	7380	425	490	575	690*	870*
<b>LA MAYENNE</b>							
Couterne (la Mayenne)	1970-96	521	100	120	170*	210*	250*
Domfront (la Varenne)	1980-97	198	45	50	70*	80*	100*
St Fraimbault (la Mayenne)	1863-1997	1851	250	290	370*	470*	570*
Moulay (l'Aron)	1974-97	188	25	30	45*	50*	60*
Ernée (l'Ernée)	1970-97	115	15	17	20	30*	40*
Vaugeois (l'Ernée)	1968-97	375	55	60	70	100*	130*
Ecluse de Bonne (la Mayenne)	1863-1997	2893	370	425	540*	670*	800*
Forcé (la Jouanne)	1968-97	410	60	70	100	120	140
Nuillé/Vicoïn (le Vicoïn)	1973-97	235	50	60	85*	105*	120*
Pont d'Ouette (l'Ouette)	1985-97	119	14	15	23*	28*	35*
Château Gontier (la Mayenne)	1863-1997	3906	485	560	720*	920*	1120*
Chambellay (la Mayenne)	1863-1997	4158	510	590	760*	970*	1180*
Cossé le Vivien (l'Oudon)	1988-97	133	20	22	30*	40*	50*
la Boissière (le Chéran)	1971-97	85	12	14	20*	25*	35*
Marcillé (l'Oudon)	1973-97	734	85	100	140*	175*	210*
Basse Rivière (l'Argos)	1982-97	153	30	35	45*	60*	70*
Port aux Anglais (l'Oudon)	1969-97	1409	165	200	265*	330*	390*
<b>LE LOIR</b>							
Trizay (l'Ozanne)	1974-97	268	55	65	75	95*	115*
St Maur (le Loir)	1967-97	1160	100	120	145	205*	270*
Villavard (le Loir)	1969-97	4545	185	220	270	340*	410*
la Caboche (la Braye)	1969-97	270	35	45	50	70*	90*
le Petit Brives (la Veuve)	1982-97	156	25	35	40	55*	70*
Moulin à Tan (l'Aune)	1972-97	224	15	17	20	30*	40*
Durtal (le Loir)	1970-96	7925	310	360	440	590*	740*
<b>LA MAINE</b>							
Angers (La Maine)	1969-96	22020	1260	1450	1710	1900	2100

\* valeurs extrapolées par la méthode du GRADEX (méthode utilisant l'information pluviométrique)

## T2 --- PRINCIPALES CRUES RECENTES ---

**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	
	Qjmax 5 ans = 400 m <sup>3</sup> /s Qjmax 10 ans = 475 m <sup>3</sup> /s Qjmax 50 ans = 710 m <sup>3</sup> /s Qjmax 100 ans = 910 m <sup>3</sup> /s		Qjmax 5 ans = 270 m <sup>3</sup> /s Qjmax 10 ans = 320 m <sup>3</sup> /s Qjmax 50 ans = 430 m <sup>3</sup> /s Qjmax 100 ans = 510 m <sup>3</sup> /s		Qjmax 5 ans = 240 m <sup>3</sup> /s Qjmax 10 ans = 300 m <sup>3</sup> /s Qjmax 50 ans = 430 m <sup>3</sup> /s Qjmax 100 ans = 580 m <sup>3</sup> /s	
	débit maxi journalier (m <sup>3</sup> /s)	période de retour (année)	débit maxi journalier (m <sup>3</sup> /s)	période de retour (année)	débit maxi journalier (m <sup>3</sup> /s)	période de retour (année)
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

### 3.1.2 Analyse des étiages

Le recensement des épisodes de basses eaux au droit des stations représentatives des points nodaux définis dans le cadre du SDAGE démontre des périodes d'étiage assez sévères où les valeurs de débits critiques ont été atteints :

- le DSA, débit de seuil d'alerte (débit en deçà duquel une des activités utilisatrice d'eau, ou des fonctions du cours d'eau est compromise) a souvent été souvent atteint ces dix dernières années en plusieurs points du bassin versant,
- le DCR, débit d'étiage de crise (débit en deçà duquel il est considéré que l'alimentation en eau potable, la sauvegarde de certains moyens de production ainsi que la survie des espèces les plus intéressantes du milieu ne sont plus garanties) a déjà été atteint au droit du point nodal de la Conie.

Un certain nombre de dispositions réglementaires ont été prises dans tous les départements en vue d'une meilleure préservation des différents usages, des milieux aquatiques et de la ressource pour l'alimentation en eau potable.

On peut citer les arrêtés préfectoraux pris dans les départements du bassin de la Maine au cours des étés 1996, 1997, 1998. Ces arrêtés définissent les zones d'alerte et les mesures à prendre : restrictions des prélèvements pour l'irrigation, voire interdiction totale des prélèvements pour certaines rivières.

## 3.2 Prévisions

### 3.2.1 Elaboration de schémas de prévision de crue (modèles de première génération)

Ces modèles présentent l'avantage de pouvoir être mis en oeuvre par les services d'annonce de crue immédiatement. En effet, ils sont conçus pour utiliser les informations déjà disponibles sans équipement complémentaire :

- des hauteurs d'eau aux échelles d'annonce de crue relevées par les observateurs,
- des débits enregistrés aux stations hydrométriques déjà télétransmises par les DIREN.

Dans un premier temps, on établit dans la plupart des cas des formules de prévision **débits-débits** (relations de propagation), entre stations hydrométriques amont-aval, avec prise en compte des débits aux affluents représentatifs principaux.

Les équations de prévisions sont élaborées prioritairement à partir des données hydrométriques aux stations gérées par les services hydrologiques des DIREN. Ces données proviennent d'enregistrements en continu et sont donc disponibles pour la totalité d'un épisode de crue. Elles sont analysées a posteriori par le gestionnaire et sont en général de bonne qualité.

Les relevés aux échelles d'annonce de crue sont plus disparates, ils sont souvent absents la nuit, et fréquemment pour une crue, seulement quelques points sont disponibles. Ils ne permettent donc pas de reconstituer avec précision un véritable limnigramme (hauteurs-temps) de crue et sont plus difficilement exploitables pour établir des corrélations.

L'échéance pour une prévision fiable est très dépendante des temps de propagation entre stations amont et aval.

Dans le cadre d'un modèle de première génération, il n'est pas nécessaire de multiplier les informations en provenance des affluents si celles-ci ne sont pas significatives.

La présente étude a permis de rassembler l'ensemble des données disponibles ; toutefois, elle n'a pas pu déboucher à ce stade sur une première génération d'équations opérationnelles.

### **3.2.2 Elaboration de schémas de prévision des étiages**

L'analyse des courbes de tarissement, effectuée dans le cadre de l'état des lieux sur l'hydrologie du bassin, conduit à rechercher les possibilités d'établir des relations simples, à horizon de plusieurs semaines, permettant à partir d'un débit de début de période de basses eaux, de prévoir le délai au bout duquel un débit donné (débit critique, seuil d'alerte) sera atteint.

On aboutit ainsi à des expressions permettant d'estimer le nombre  $N$  de semaines au terme desquelles partant d'un débit initial  $Q_0$ , on atteindra le débit-seuil d'alerte.

Ces schémas de prévisions des étiages ont été réalisés aux points suivants :

◆ **Bassin versant de la Mayenne:**

→Couterne, Saint Fraimbault, Chambellay.

◆ **Bassin versant de l'Oudon**

→Marcillé, Port aux Anglais

◆ **Bassins versants de la Sarthe et l'Huisne**

→Moulin du Désert, Montreuil, La Pécardière, Beffes

◆ **Bassin versant du Loir**

→La Bray, Durtal

### 3.2.3 Méthodologie en vue de la réalisation de modèles de deuxième génération

Les modèles de deuxième génération pourront être mis en oeuvre après automatisation de la mesure des hauteurs aux échelles d'annonce de crues. La mesure en continu de ces hauteurs d'eau permettra d'améliorer la précision des modèles de première génération par constitution d'échantillons de données supplémentaires.

De plus, l'élaboration de modèles pluie-débit permettra d'améliorer le délai de prévision avec une précision meilleure.

A moyen terme, la fiabilisation de l'annonce de crue sur le bassin de la Maine passe par la mise en place d'un réseau automatisé de stations de mesure des niveaux et des débits relié au réseau CRISTAL. La définition d'un tel réseau est décrite dans le paragraphe 3.3 avec le phasage de la modernisation.

L'amélioration des méthodes de prévision et de leur utilisation pourra également passer par l'information transmise par les radars météorologiques ainsi que des procédures multi-modèles du type SOPHIE en cours d'implantation au sein de différents services d'annonce de crue en France.

Les modèles de prévision de deuxième génération sont basés sur les éléments suivants :

#### ◆ Recueil des données et constitution d'échantillons représentatifs

- \* collecte et constitution d'échantillons de crue, à pas de temps maximum de 6 heures, au droit des stations hydrométriques, des échelles d'annonce de crue, et des stations pluviométriques
- \* analyse et critique de ces données avant toute utilisation opérationnelle, soit en calage de modèles, soit en réalisation de prévisions en temps réel
- \* en particulier, vérification de la mise à jour et des domaines d'extrapolation des courbes de tarage.

#### ◆ Modèles de propagation

Les modèles de propagation pourront être étoffés, après constitution d'échantillons fiables et suffisamment nombreux, à partir des considérations suivantes :

- \* calculs régressifs d'amont en aval, portant sur l'explication des variations de débit aval en fonction des variations de débit amont, plus ou moins décalées dans le temps
- \* calculs assortis de possibilité de recalage en temps réel, au moyen de techniques de traitement des erreurs en temps réel, telles que le filtre de Kalman...
- \* possibilité d'utiliser plusieurs modèles de régression (ou autre modèle de type MUSKINGUM) en parallèle (comme c'est le cas dans la procédure multi-modèles SOPHIE).

En ce qui concerne la basse vallée de la Maine et plus particulièrement Angers, pour améliorer les prévisions, les modèles de propagations ne seront pas suffisants. Il faudra réaliser une modélisation mathématique de la partie aval des quatre affluents (Oudon, Mayenne, Sarthe et Loir) jusqu'à la pointe de Bouchemaine sur la Loire.

#### ◆ Modèles pluies-débits

Ce type de modélisation est beaucoup plus délicat à mettre en oeuvre car basé sur des phénomènes hydrologiques fortement non linéaires (l'influence du facteur "état de saturation du sol" est en effet très importante, surtout pour expliquer et prévoir le démarrage de la crue).

Une technique comme la DPFT (Différence Première de la Fonction de Transfert) présente l'avantage de conduire, par itérations successives, à une estimation simultanée de la "pluie efficace" et de la "fonction de transfert" permettant de passer, via l'hypothèse de l'hydrogramme unitaire, de cette "pluie efficace" aux variations de débit à prévoir à l'exutoire du bassin versant. Cette technique s'applique sur des bassins versants de quelques dizaines à quelques milliers de km<sup>2</sup>, sous réserve que la pluviométrie soit relativement homogène sur l'ensemble de ce sous-bassin, et que la topographie du bassin ne conduise pas à la constitution de fonction de transfert propre à chacune des vallées composant le bassin.

Dans le cas des hauts bassins de la Maine, sur chacun desquels il sera possible de chercher à appliquer cette méthode, ces hypothèses paraissent largement vérifiées.

### 3.2.4 Utilisation opérationnelle des radars météorologiques

En ce qui concerne l'utilisation opérationnelle des images radar, trois radars couvrent, chacun partiellement, le bassin de la Maine. La portée hydrologique de ces radars, qui peut être estimée à 100 km, ne se recouvre quasiment pas d'un radar à l'autre. Il reste donc entre chaque radar des zones, relativement étendues, hors de portée pour une exploitation quantitative optimale dans toutes les conditions de précipitations.

Cependant l'ensemble de l'amont des bassins est couvert par les trois radars de Falaise, Trappes et Trellières. Ainsi, si le bassin de la Maine ne dispose pas d'une couverture optimale et complète pour l'exploitation quantitative des données radar de pluie, la couverture actuellement existante devrait permettre une exploitation hydrologique des données radar de pluie, au moins sur la majorité des sous-bassins amont de la Maine.

Cette conclusion reste bien entendu provisoire, et elle devra être adaptée en fonction des résultats de l'exploitation des données radar de pluie.

Un autre point sera à prendre en compte, qui aura surtout des conséquences pratiques : ce n'est pas un seul, mais plusieurs radars qui couvrent le bassin de la Maine. Il y aura donc une réflexion à mener sur l'aspect exploitation opérationnelle des données de plusieurs radars sur une seule entité hydrologique.

Ce dispositif pourra également être étoffé par l'installation d'un radar dans la région du Mans.



### **3.3 Préconisations pour la définition d'un réseau opérationnel de gestion des crises hydrologiques**

#### **3.3.1 Annonce de crue**

La crue de 1995 avait mis en évidence des dysfonctionnements entre services d'annonce de crue. Les enseignements ont été tirés et, aujourd'hui, ces derniers bénéficient d'une coordination meilleure (voir carte "organisation de l'annonce des crues").

En outre, au plan technique, des améliorations notables ont été réalisées comme la possibilité pour les services d'accéder à une trentaine de stations de mesures d'hydrométrie générale par téléphone ou minitel, le raccordement au réseau CRISTAL des 4 stations aval des affluents de la Maine, l'utilisation du serveur METEO-FRANCE pour les SAC (voir carte "principales stations hydrométriques").

Cette amélioration initiée depuis la crue de 1995 doit être poursuivie et amplifiée. Elle passe en particulier par la mise en place d'un réseau opérationnel de gestion des crises hydrologiques communes à l'ensemble du bassin de la Maine. Compte tenu de l'interdépendance de la partie aval avec la Loire, le parti a été retenu de l'intégrer au réseau CRISTAL déjà en place sur le bassin de la Loire.

C'est une cinquantaine de stations qu'il conviendrait d'intégrer au réseau CRISTAL y compris les stations nécessaires pour la prévision des étiages. La modernisation de l'ensemble de ces stations en une seule fois paraît souhaitable au plan technique :

- pour réaliser sur le bassin de la Maine des prévisions de qualité,
- pour une meilleure cohérence technique,
- pour une gestion plus claire et plus efficace du dossier au plan administratif et financier avec les entreprises (une tranche conditionnelle est prévue au marché CRISTAL actuel),
- pour gagner du temps globalement,

Voir carte "projet de réseau CRISTAL".

Parmi ces stations, s'il s'avère nécessaire d'échelonner les investissements, on peut mettre en évidence des degrés d'urgence dans la modernisation :

#### **➤ Les échelles d'annonce de crues pour lesquelles des modèles sont élaborés :**

Compte tenu des résultats des modèles de prévisions des crues et des préconisations faites en vue de l'élaboration de modèles de deuxième génération, le réseau de mesures automatisées du bassin de la Maine relié au réseau CRISTAL doit être structuré autour de 24 échelles d'annonces de crue pour lesquelles des modèles de prévisions sont élaborés.

En effet, ce sont pratiquement les seuls points de mesures de niveau, utiles pour l'annonce de crue sur le bassin de la Maine qui ne sont pas télétransmis. De plus, au cours de l'étude et notamment pour l'élaboration des modèles de prévision, on a pu constater que des informations de bonne qualité et en continu au droit des échelles d'annonces de crues faisaient défaut.

Par conséquent, l'automatisation de ces sites permettra de constituer une base de données complémentaire aux stations hydrométriques. Ainsi, les prévisions simples

élaborées à partir de seulement 4 ou 5 échantillons, du fait de l'absence d'informations en continu au droit des échelles d'annonce de crue, pourront être précisées par ces données complémentaires.

Ces stations pour la plupart serviront uniquement pour l'annonce de crue. Cependant dans un souci de bonne connaissance de l'ensemble des phénomènes hydrologiques ainsi que le maintien en permanence des stations en phase opérationnelle, celles-ci devront être suivies avec la même rigueur tout au long de l'année.

- Dans un deuxième temps, voire un troisième, ce réseau serait complété comme indiqué ci-après :

Seront reliées au réseau CRISTAL les stations principales du réseau qui sont déjà télétransmises et qui seront fiabilisées par leur raccordement au réseau CRISTAL.

Enfin seront également reliées au réseau CRISTAL les stations qui serviront pour améliorer les prévisions et pour les modèles de deuxième génération (stations sur les affluents).

Les étapes de modernisation de ce réseau sont récapitulées dans le tableau T3.

### 3.3.2 Prévision des étiages

En **priorité**, dans le cadre d'une prévision des étiages, les stations à intégrer dans le réseau CRISTAL sont les points nodaux (pour lesquels il y a des objectifs de quantité):

- sur le bassin de la Mayenne = St Fraimbault et Chambellay
- sur le bassin de l'Oudon = Maingué
- sur le bassin du Loir = La Conie au Pont de Bleuet et Durtal.

**Ensuite** seront reliées au niveau CRISTAL les stations utiles pour la connaissance du flux lié aux aspects qualité :

- sur le bassin de la Sarthe : Montreuil et Beffes
- sur le bassin de l'Huisne : la Pécardière
- sur le bassin du Loir : la Brayé aval.

**Et enfin**, les stations complémentaires pour lesquelles, il existe un arrêté de définition de zones d'alerte et de seuils d'alerte :

- sur le bassin du Loir : Saumeray, St Maur, Cloyes, l'Ozanne, l'Yerre
- sur le bassin de l'Huisne : Nogent-le-Rotrou.

Ces priorités sont compatibles avec le phasage de modernisation pour la prévision de crue.

### 3.3.3 En résumé

Il apparaît fortement souhaitable pour des raisons techniques et administratives d'installer l'infrastructure nécessaire à l'extension du réseau CRISTAL en une fois. Cela représente une cinquantaine de stations.

S'il fallait phaser la réalisation des stations locales :

- Dans un premier temps, il conviendrait de raccorder les 24 échelles d'annonce de crue pour lesquelles des modèles de prévision sont élaborés ainsi que la station de Rémalard sur l'Huisne (pour la prévision à Nogent le Rotrou), la station d'étiage sur la Conie (point très sensible) et la station de Beffes sur la Sarthe (pour disposer des débits sur les quatre affluents en amont d'Angers).

Ce qui porte à 27 le nombre de stations à intégrer au réseau CRISTAL en première urgence.

- L'ordre de modernisation des stations hydrométriques dans un deuxième temps serait à affiner en fonction des priorités qui seront établies par le maître d'ouvrage.

Il faudra alors se poser la question de relier à CRISTAL, sur la Braye, La Caboche et Sargé ou une seule des deux sachant que les modèles de prévisions des crues de première génération sont élaborés à partir de la station de la Caboche. Lorsque l'historique de données à la station de Sargé sera plus important, une prévision pourra être testée pour établir le délai de prévision envisageable à la Chartre.

### T3 - PROJET DE RESEAU CRISTAL

<i>Station (Rivière)</i>	<i>objet</i>	<i>1ère urgence</i>	<i>Finalisation</i>
<b>LA MAYENNE</b>			
Madré ou Couterne	HY-PL		X
la Varenne	HY		X
Saint Fraimbault	HY		X
<b>Mayenne</b>	<b>AC</b>	X	
l'Ernée	HY		X
<b>Laval</b>	<b>AC</b>	X	
Bonne	HY		X
la Jouanne	HY		X
<b>Château Gontier-le Pendu</b>	<b>HY-AC</b>	X	
<b>Chambellay</b>	<b>HY-AC</b>	X	
<b>L'OUDON</b>			
Cossé le Vivien	HY-PL		X
Craon	AC		X
la Verzée	HY		X
<b>Segré</b>	<b>HY-AC</b>	X	
<b>LA SARTHE</b>			
Le Mêle/Sarthe	HY		X
<b>Alençon</b>	<b>AC-PL</b>	X	
Moulin du désert	HY		X
le Merdereau	HY		X
<b>Beaumont</b>	<b>AC</b>	X	
Montreuil	HY		X
<b>Le Mans-les planches</b>	<b>AC</b>	X	
Spay	HY		X
<b>La Suze</b>	<b>AC</b>	X	
la Vègre ou l'Erve	HY		X
<b>Sablé</b>	<b>AC</b>	X	
Beffes	HY	X	
<b>L'HUISNE</b>			
Réveillon	HY-PL		X
<b>Remalard</b>	<b>AC</b>	X	
<b>Nogent le Rotrou</b>	<b>HY-AC</b>	X	
la Mème	HY		X
<b>La Ferte Bernard</b>	<b>AC</b>	X	
<b>Connerre</b>	<b>AC</b>	X	
La Pécardière	HY		X
<b>Le Mans-Pontlieue</b>	<b>AC</b>	X	
<b>LE LOIR</b>			
Saumeray ou station amont	HY-PL		X
l'Ozanne	HY		X
<b>Bonneval</b>	<b>AC</b>	X	
St Maur	HY		X
La Conie (Pont de Bleuet)	HY	X	
<b>Chateaudun</b>	<b>AC</b>	X	
l'Yerre (Bêchereau)	HY		X
<b>Cloyes</b>	<b>AC</b>	X	
<b>Vendome</b>	<b>AC</b>	X	
<b>Montoire-Villavard</b>	<b>HY-AC</b>	X	
la Braye (La Caboche)	HY		X
la Braye aval	HY		X
<b>La Chartre</b>	<b>AC</b>	X	
Port Gautier	HY		X
<b>Le Lude</b>	<b>AC</b>	X	
<b>La Flèche</b>	<b>AC</b>	X	
<b>Durtal</b>	<b>HY</b>	X	
<b>LA MAINE</b>			
<b>Angers (La Maine)</b>	<b>AC</b>	X	
<b>Nombre de stations :</b>		<b>27 stations</b>	<b>25 stations</b>

HY : stations hydrométriques utilisables pour l'annonce de crue et les étiages PL : stations pluviographiques pour les modèles 2ème génération

**AC** : stations spécifiques à l'annonce de crue

Suite aux entretiens avec le gestionnaire du réseau CRISTAL, pour intégrer tous les paramètres liés à la modernisation de ce réseau, les solutions techniques suivantes sont proposées :

- un réseau composé de 52 stations d'acquisition télétransmises, à la norme PLQ2000 (norme définie par le Ministère de l'Environnement pour la collecte et la transmission des données) qui seront fiabilisées pour garantir un fonctionnement optimal en période de crues (abris adaptés, alimentation électrique secourue par batteries, protections parafoudre...). La maintenance d'un tel réseau nécessite 2 techniciens
- un système de collecte et de traitement des données. Ce système serait composé de deux concentrateurs qui interrogent les stations d'acquisitions et qui transmettent ces informations aux unités de collecte et de traitement. Le matériel sera également fiabilisé par une alimentation électrique de secours.

A partir de l'ensemble des éléments techniques, le montant de l'investissement pour l'extension du réseau CRISTAL au bassin de la Maine (stations de mesures et équipements des services d'annonce de crue) peut être évalué à **13 MF TTC**.

Le coût de fonctionnement d'un tel réseau serait de **2,5 MF TTC** (y compris frais de personnel et mesure des débits nécessaires pour la connaissance des crues).

En se référant à la répartition actuelle des dépenses du réseau CRISTAL, la participation de l'état serait de 50 %, celle de l'Agence de l'Eau de 23 %. La part des collectivités serait donc de 27 % soit :

- **3,5 MF TTC** pour les investissements
- **0,7 MF TTC** pour les frais de fonctionnement.

### **3.3.4 Préconisations pour une nouvelle organisation de l'annonce de crue**

Les entretiens avec les responsables de l'annonce de crue sur le bassin versant de la Maine, l'analyse des cotes relevées aux échelles d'annonce de crue et des "hauteurs-seuils" de début des dommages, conduisent à formuler des modifications concernant les seuils de vigilance, de pré-alerte et d'alerte .

L'analyse du fonctionnement actuel de l'annonce de crue sur le bassin de la Maine est proposée suivant plusieurs scénarii :

- **Scénario 1 : Maintien des quatre services d'annonce de crue**

Dans un souci d'adéquation des moyens aux besoins, on peut envisager de localiser les deux concentrateurs et deux techniciens de maintenance dans deux des quatre services d'annonce de crue actuels.

Chaque centre d'annonce de crue aurait accès aux données et réaliserait les prévisions au droit des stations d'annonce de crue qui le concerne. Le fonctionnement administratif actuel serait maintenu.

- **Scénario 2 : Deux services d'annonce de crue**

Compte tenu de la répartition des Centres d'Annonce de crue actuels sur le bassin de la Maine et de leur domaine de compétence, cette option consisterait à maintenir les centres du Mans (pour l'annonce de crue sur l'Huisne, la Sarthe et le Loir) et d'Angers (pour l'annonce de crue sur la Maine, la Mayenne et l'Oudon).

Une telle réorganisation implique une "refonte" du fonctionnement administratif actuel qui maintiendrait en tout état de cause la diffusion de l'alerte et de l'information au niveau des préfectures de chaque département et un engagement de chacun des partenaires (communes, préfectures ...). L'ensemble des aspects de cette refonte devrait être discuté au préalable avec la prise en compte des besoins et des contraintes de chacun. Ces échanges permettront également de résoudre des problèmes rencontrés actuellement à savoir :

- lenteur de transmission de l'information du fait de nombreux intervenants,
- sollicitation directe des SAC par les riverains, les entreprises, ...,
- organisation pratique des SAC : charge de travail, heures supplémentaires, ...,
- optimisation des objectifs de l'annonce de crue : protection des biens et des personnes.

D'autres scénarii peuvent être envisagés :

- **Scénario 3 : Un seul service d'annonce de crue**

Un seul service d'annonce de crue avec une équipe dont l'effectif serait adapté et dont l'unique fonction serait la mission d'annonce des crises hydrologiques et de suivi du réseau hydrométrique.

Ce centre pourrait être rattaché à une DDE ou à la DIREN Pays de Loire ou à la DIREN Centre. Il assurerait la totalité des tâches liées à l'annonce de crue (depuis la collecte des données jusqu'à la diffusion de l'information auprès des préfectures du bassin de la Maine).

- **Scénario 4 : - Un centre de collecte de données et d'élaboration des prévisions  
- 4 centres d'annonce de crue**

Comme dans l'option précédente, la collecte des données et l'élaboration des prévisions seraient réalisées par un service "central" puis cette information serait transmise aux quatre centres d'annonce de crue de Laval, le Mans, Bonneval et Angers.

◇ Propositions en vue d'un choix

Dans une recherche d'efficacité de l'annonce des crises hydrologiques sur le bassin de la Maine, avec un souci d'économie et de valorisation des ressources humaines, les scénarii 2 et 3 sont les solutions préférables pour une réorganisation.

Le scénario 2 présente l'avantage de maintenir le cadre administratif actuel avec une extension du caractère interdépartemental des Services d'Annonce de crue.

Le scénario 3 présente l'avantage d'utiliser et de renforcer des équipes dont les compétences sont déjà liées à l'hydrologie.

Dans tous les cas, les structures chargées de l'annonce des crises hydrologiques sur le bassin de la Maine devront avoir des effectifs adaptés à leur mission. En première analyse, ils peuvent être chiffrés pour le scénario 1 à 3 ou 4 personnes supplémentaires à temps partiel, essentiellement pour la maintenance mais aussi pour la prévision elle-même (2 techniciens de maintenance + 2 autres prévisionnistes).

Pour le scénario 2, ce renforcement pourrait être, moyennant une certaine concentration des effectifs actuels, de l'ordre de 2 à 3 personnes supplémentaires à temps plein de même que pour les scénarii 3 et 4.

La mission d'annonce des crises hydrologiques devra être la mission principale des personnes concernées tant en période de crises qu'après (pour l'analyse des données et les réunions post-crisis).

De plus, tous les aspects organisationnels (diffusion efficace de l'information du prévisionniste à l'utilisateur, fonctionnement des services en dehors des heures ouvrables, et prise en considération des heures supplémentaires) devront être pris en compte avant la mise en place des nouvelles structures.

## 4. Prévention

### 4.1 Généralités

La lutte contre les risques d'inondation s'élargit désormais plus clairement à d'autres champs de préoccupation : la maîtrise de l'urbanisme, l'aménagement des zones à risque qui constituent les volets d'une politique globale d'aménagement de l'espace et de gestion des eaux, dont l'objectif est de prévenir ou de limiter les dégâts potentiels.

Ces démarches viennent, avec une meilleure prévision des crues, en complément des moyens de lutte plus traditionnels tels que la réalisation de digues, de barrages de retenues, dont certains peuvent s'avérer d'un coût prohibitif et qui plus est, lors des situations extrêmes risquent de ne pas offrir une protection complète.

La relance de la politique de prévention en matière de prise en compte des risques naturels dans l'aménagement du territoire s'est traduite par la création d'une mesure unique qui est le Plan de Prévention des Risques Naturels (P.P.R.) par refonte des procédures existantes P.S.S. (Plan de Surfaces Submersibles) et les P.E.R. (Plan d'Exposition aux Risques).

L'objectif de la partie prévention de cette étude est double :

- dresser l'inventaire des documents réglementaires existants ou en cours d'élaboration et des documents techniques pouvant les compléter,
- proposer un plan de travail pour la prévention du risque d'inondation sur l'ensemble du bassin de la Maine.

En s'appuyant sur les résultats de l'étude hydrologique (notamment estimation des débits centennaux), le plan de travail distingue :

- parmi les documents existants :
  - ceux qui n'appellent pas d'observation particulière
  - ceux qui justifient un complément ou une révision.
- parmi ces derniers et pour les secteurs non couverts actuellement :
  - ceux pour lesquels une crue historique récente peut servir de référence
  - ceux qui nécessiteront la reconstitution d'une crue de référence.

### 4.2 Propositions en vue de l'homogénéisation des plans réglementaires pour la prévention du risque inondation sur le bassin de la Maine

Le chargé d'étude a réalisé une analyse des documents réglementaires en limitant celle-ci aux hypothèses hydrologiques et hydrauliques, notamment en ce qui concerne les valeurs des crues de référence.



Il résulte de cette analyse les éléments suivants :

- ◇ **La rivière le Loir** est couvert par des documents réglementaires à Alluyes, Bonneval, Chateaudun, Montigny le Gannelon, dans l'ensemble des départements du Loir-et-Cher et du Maine-et-Loire. Un PPR couvrant l'agglomération fléchoise a été approuvé le 16/7/98. Un PPR est en cours de réalisation pour le Loir dans le Loir-et-Cher.

Les PPR de la Flèche et Chateaudun n'appellent pas d'observation particulière. Le PPR en cours couvrant le Loir dans le Loir-et-Cher est cohérent avec la présente étude.

Pour le Loir en dehors de Chateaudun et du Loir-et-Cher, il est proposé de réaliser des PPR ou de réviser les documents existants (PSS du Maine-et-Loire, de Bonneval, Alluyes et Montigny) :

- par modélisation mathématique pour Bonneval et Cloyes/Loir. Un examen plus approfondi des secteurs permettra de s'assurer de la nécessité de la modélisation.
- par reconstitution des lignes d'eau par référence à la crue de 1995 pour le reste de la rivière.

- ◇ **La rivière la Sarthe** fait l'objet de documents réglementaires à Alençon, au Mans, à Sablé/Sarthe et dans l'ensemble du département du Maine-et-Loire. Des PPR sont en cours de réalisation à Alençon et au Mans. La prise en compte d'un aléa centennal justifie la révision du document réglementaire concernant Sablé/Sarthe par modélisation mathématique. Pour la Sarthe en dehors de ces trois agglomérations, il est proposé de réaliser des PPR, de réviser les documents existants, en reconstituant les lignes d'eau par référence à la crue de 1995.

- ◇ **La rivière l'Huisne** ne dispose pas de plans réglementaires dans l'état actuel. Des PPR sont en cours de réalisation à Nogent et La Ferté Bernard. Les études du PPR de Nogent-le-Rotrou mériteraient d'être complétées par une carte d'aléa. Pour l'Huisne en dehors de ces deux agglomérations, il est proposé de réaliser des PPR :

- par modélisation mathématique pour Rémalard en s'assurant de la pertinence de celle-ci par un examen approfondi de la topographie du secteur.
- par reconstitution des lignes d'eau par référence à la crue de 1995 pour le reste de la rivière.

- ◇ **La rivière la Mayenne** fait l'objet de documents réglementaires à Laval, Château-Gontier et entre Montreuil-sur-Maine et Angers. Des PPR sont en cours de réalisation à Mayenne, Laval et Château-Gontier. La présente étude hydrologique justifie de compléter ces trois PPR pour prendre en compte un aléa centennal réajusté, en s'appuyant sur une modélisation mathématique.

Ainsi pour la Mayenne, il est proposé de réaliser des PPR ou réviser les documents existants :

- par modélisation mathématique à Mayenne, Laval et Chateau-Gontier en s'assurant de la nécessité d'une modélisation par un examen plus approfondi de la topographie des secteurs concernés
- par reconstitution des lignes d'eau par référence aux crues de 1995 et 1974 pour le reste de la rivière.

◇ **L'Oudon** ne dispose d'aucun plan réglementaire. Il est proposé de réaliser des PPR :

- par modélisation mathématique pour Craon et Segré en s'assurant de la nécessité d'une modélisation par un examen plus approfondi de la topographie des secteurs concernés
- par reconstitution des lignes d'eau par référence à la crue de 1995 pour le reste de la rivière.

◆ En résumé

La réalisation de ces PPR passe par une bonne connaissance de la topographie du terrain naturel à l'échelle du 1/10 000 ou mieux, du 1/5 000 et le levé de profils en travers des rivières lorsqu'une modélisation mathématique est nécessaire.

Les agglomérations importantes à doter en priorité d'un PPR précis, qui pour certaines est déjà en cours d'élaboration, sont :

- le Mans,
- Alençon
- Angers.

Les documents réglementaires existants ou approuvés avec une crue de référence qui n'est pas centennale devront être révisés pour prendre en compte une crue de référence qui sera la centennale ou une crue historique au moins aussi forte.

## 5. Protections

Sur le bassin de la Maine, les crues sont du type plaine : les eaux montent progressivement et les rivières débordent assez lentement sur le lit majeur.

La lutte contre les inondations peut se traduire par deux types de mesures :

- mesures qui visent à limiter ses effets, objet de la prévision et de la prévention des risques en faisant en sorte que se trouve un minimum de personnes dans les zones les plus exposées,
- mesures qui tendent à la réduction de l'amplitude des phénomènes et des dommages qu'ils provoquent.

Après avoir élaboré une stratégie de réalisation de Plan de Prévention des Risques sur le bassin de la Maine et des outils de prévision de crue, l'objet de cette partie est d'étudier de manière globale, à l'échelle du bassin, ce troisième type de mesures.

Ces actions de protection, en complément de la prévision et la prévention des crues, font partie des solutions possibles pour améliorer la situation.

Les actions étudiées sont de trois types :

- localisées (sur le secteur à protéger),
- éloignées (en amont du secteur à protéger),
- intermédiaires.

L'étude des protections s'appuie sur une analyse des dommages des crues et un diagnostic des risques (pour chaque agglomération citée au cahier des charges), qui a pour but de mettre en évidence les secteurs à plus forte vulnérabilité.

### 5.1 Analyse des dommages

Les données concernant les dommages sont à manipuler avec prudence.

En effet certaines **données fournies ont un caractère départemental ou régional et ne concernent qu'un tronçon de rivière et non l'ensemble du bassin**. Deux sources d'erreurs sont alors possibles :

- les doubles comptes (certains dommages sont comptés deux fois)
- les données incomplètes.

La non superposition des bassins au découpage administratif par département impose donc une grande vigilance. Ainsi, il s'avère parfois difficile voire impossible d'utiliser certaines données ne concernant qu'un département et s'appliquant sans distinction à l'ensemble des rivières.

**La méthode des coûts unitaires moyens** est aussi à utiliser avec prudence. La préfecture de la Sarthe évalue à environ 43 000 F le coût unitaire des dommages aux habitations, tandis que le Plan Loire Grandeur Nature estime quant à lui, le coût unitaire des dommages par habitation à 145 000 F sur la base d'enquêtes précises sur plusieurs bassins dont la Maine, et d'un travail conjoint avec plusieurs experts d'assurance.

**La non-homogénéité des données** rend également très difficile les estimations. En effet, parfois, la frontière entre biens publics, privés et entreprises n'est pas toujours rigoureusement respectée.

En outre, l'absence de données est d'une interprétation difficile ; s'agit-il d'un manque d'information ou d'une absence de dommages ?

**Un recensement cartographique a été effectué** pour pallier l'absence d'information concernant les dommages des crues par sous-bassin. Cette méthode même si elle apporte de précieuses informations n'est pas exhaustive : l'absence de carte du champ d'inondation sur certaines sections de rivières ne permet pas le recensement des biens dans les zones inondables.

**Concernant les dommages aux activités économiques**, seules les données chiffrées de quelques entreprises contactées directement ont pu être intégrées au calcul. Les entreprises repérées de manière cartographique mais pour lesquelles aucune précision de secteur d'activité et de taille n'a pu être recueillie, ne sont pas intégrées au calcul. D'où une sous-évaluation probable des dommages aux activités économiques.

**Pour lever les incertitudes qui pèsent sur certaines données, il aurait fallu des investigations plus poussées que la présente étude ne prévoyait pas.**

### **5.1.1 Coût de la crue de janvier 1995 par sous-bassins**

Le chargé d'étude a transmis aux préfectures des départements concernés des tableaux où étaient identifiés les dommages de la crue de 1995, pour obtenir le montant des dommages pour chaque secteur (voirie, entreprises ....).

D'après les données fournies par les préfectures, le coût de la crue de 1995 est estimé à environ 493 MF. Cependant, dans les informations transmises, on constate de nombreuses valeurs manquantes. Le chargé d'étude a reconstitué une grande partie des valeurs manquantes pour estimer le montant des dommages occasionnés par la crue de 1995.

Il ressort que le coût des dommages de la crue de 1995 se situe plutôt aux environ de 800 MF que de 493 MF. C'est ce nouveau montant, 800 MF, que nous proposons de retenir pour l'analyse des éléments suivants :

➤ Estimation CNR (en kF)

	Voirie*	Equipements collectifs**	Biens privés**	Agriculture**	Entreprises***	TOTAL
<b>Le Sous-bassin du loir...</b>						
en Eure-et-Loir (Le Loir dunois)	594	1 045	10 629	1 093		13 361
dans le Loir-et-Cher (Le Loir vendômois)	1 200	5 000	45 245	2 468		53 913
dans la Sarthe (Le Loir flechois)	3 199	3 007	16 730	3 906		26 842
en Maine-et-Loire (Le Loir dans le remous de la Maine)		2 900	17 255	2 071		22 226
<b>TOTAL</b>	<b>4 993</b>	<b>11 952</b>	<b>89 859</b>	<b>9 538</b>		<b>116 342</b>
<b>Le sous-bassin de la Sarthe...</b>						
dans l'Orne (La Sarthe normande)		410	18 800	972		20 182
dans la Sarthe (Haute-Sarthe mancelle)	996	285	58 870	1 442		61 593
dans la Sarthe (Sarthe aval)	2933	3 390	189 413	1 368	70 000	267 104
en Maine-et-Loire (Sarthe à l'aval de Varennes)		3 112	94 960	2 545	40	100 657
<b>TOTAL</b>	<b>3 929</b>	<b>7 197</b>	<b>362 043</b>	<b>6 327</b>	<b>70 040</b>	<b>449 536</b>
<b>Le sous-bassin de l'Huisne...</b>						
dans la Sarthe	1446	5 000	32 182	1 700	42 100	82 428
en Eure-et-Loir			8 600	269		8 869
dans l'Orne		320	2 150	902		3 372
<b>TOTAL</b>	<b>1 446</b>	<b>5 320</b>	<b>42 932</b>	<b>2 870</b>	<b>42 100</b>	<b>94 668</b>
<b>Le sous-bassin de la Mayenne...</b>						
en Maine-et-Loire		482	6 815	708		8 005
en Mayenne		1 130	6 000	952	19 535	27 617
<b>TOTAL</b>	<b>6 916</b>	<b>1 612</b>	<b>12 815</b>	<b>1 660</b>	<b>19 535</b>	<b>42 538</b>
<b>Le sous-bassin de l'Oudon...</b>						
en Maine-et-Loire	550	525	11 890	396		13 361
<b>TOTAL</b>	<b>550</b>	<b>525</b>	<b>11 890</b>	<b>396</b>		<b>13 361</b>
<b>Le sous-bassin de la Maine...</b>						
en Maine-et-Loire	2 492	2 700	43 000	20 649		68 841
<b>BASSIN VERSANT DE LA MAINE</b>	<b>20 326</b>	<b>29 306</b>	<b>562 539</b>	<b>41 440</b>	<b>131 675</b>	<b>785 286</b>

\* Données fournies par les Préfectures et le Conseil Général de la Sarthe

\*\* Données établies à partir d'un repérage cartographique CNR. Estimation établie à partir des sources préfecture de la Sarthe ou du plan Loire Grandeur Nature.

\*\*\* Données fournies par les préfectures ou par contact téléphonique direct.

L'absence de carte du champ d'inondation sur certaines sections de rivières empêche le recensement des dommages. C'est le cas pour l'Huisne dans l'Orne et en Eure-et-Loir. Par ailleurs, les dommages dans les agglomérations de Chateaudun, Cloyes, Vendôme, Montoire, Nogent, Remalard et Angers qui n'ont pas pu être estimés de manière cartographique, ont fait l'objet d'approximations.

**On peut estimer de manière réaliste que le coût des dommages de la crue de 1995 s'insérerait dans une fourchette de 800 millions à 1 milliard de francs.**

### 5.1.2 Coûts annuels moyens pour les agglomérations

L'estimation des coûts annuels moyens est fondée sur le calcul suivant :

- C : coût d'une crue donnée
- T : temps de retour de la crue
- N = 1/T : la fréquence.

Dès que l'on dispose de quelques couples (coût de la crue, temps de retour de celle-ci), il est possible de bâtir un graphique représentant le coût de la crue en fonction de la fréquence N de celle-ci (N=1/T). Le coût moyen annuel est déduit de ce graphique.

Agglomérations	Coût annuel moyen issu du calcul CNR (en KF, valeur 1997)	Coût annuel moyen issu des études antérieures (en KF, valeur 1997)
Segré (1)	31	
Le Lude (2)	40	33
Durtal (3)	52	79
Cloyes (4)	102	277
Craon (5)	114	
Chateau Gontier	151	
Chateaudun	156	184
Bonneval	156	277
Montoire	177	171
Laval	369	
Alençon	506	674
Sablé	659	
Vendôme	718	830
La Fleche	966	1 185
Angers	2 677	
Le Mans	5 500	1 286

\* Etude Hydratec 1987 et BCEOM 1968

(1), (2), (3), (4), (5), informations partielles qui ne prennent pas en compte la totalité des dommages.

Les agglomérations qui subissent le plus fortement le coût des crues sont Angers et Le Mans. Cela s'explique principalement par un tissu urbain et économique dense sur lequel les impacts des crues génèrent des coûts élevés.

Pour le Mans, l'écart entre les coûts annuels moyens (5 500 KF et 1286 KF) s'explique sans doute par la prise en compte de la crue de 1995, qui a été particulièrement forte dans l'agglomération.

### 5.1.3 Les coûts annuels moyens par sous-bassins

Il a été réalisé un graphique intégrant les couples :

- coût de la crue 1995 associé à son temps de retour
- coût zéro de la crue de début de dommage associé à son temps de retour.

L'exploitation de ces informations permet d'estimer le montant annuel des dommages produits lors des crues.

Sous-bassins	Coût annuel moyen en KF	Linéaire de rivière en km
Sarthe	27 110	260
Huisne	5 702	123
Mayenne	3 540	176
Loir	7 101	267
Maine	3 820	11
Oudon	797	80

## 5.2 Synthèse des protections

Les actions de protection sont de trois types :

- localisées.
  - éloignées
  - intermédiaires,
- Les actions localisées concernent, soit un abaissement local des lignes d'eau par amélioration locale de l'écoulement, soit une protection locale de certains secteurs par endiguement.
  - Les actions éloignées (situées en amont des secteurs à protéger) sont des levées de terre transversales à la rivière ou des retenues d'écrêtement.
  - Les actions intermédiaires concernent le mode de gestion des ouvrages et le mode d'entretien des rivières pouvant conduire à de meilleures conditions d'écoulement des crues.

### 5.2.1 Protections intermédiaires

Elles concernent le mode de gestion des rivières pouvant conduire à de meilleures conditions d'écoulement des crues (entretien des rives, gestion des ouvrages hydrauliques).

#### ◆ Abaissement préventif des biefs

- Les ouvrages hydrauliques, ceux des moulins en particulier construits par le passé, ont déterminé un nouvel équilibre hydrologique et écologique (qui n'est pas forcément le meilleur sur le plan qualitatif) dans les tronçons de rivière situés immédiatement en amont, ainsi qu'une modification des usages et de la sensibilité des riverains même s'ils ont, du même coup, créé une rupture dans la continuité hydraulique des rivières. Sur nombre de rivières, le rétablissement de cette continuité est un objectif souhaitable, voire nécessaire, moyennant un certain nombre de précautions.
- Lorsque ces ouvrages sont en bon état, ils peuvent empêcher le passage des poissons migrateurs, ce qui concerne notamment les grandes rivières du bassin de la Maine.

La question de l'abaissement préventif de ces ouvrages est souvent évoquée dans le public, dans un dessein de lutte contre les crues ; ils ne jouent pas de rôle sensible, en réalité, dans ce domaine en raison des faibles volumes mis en jeu. Les avantages et inconvénients de cet abaissement préventif sont les suivants :

##### - *avantages* :

- . favorise un peu plus l'évacuation des sédiments déposés dans le bief amont que s'il n'y a ouverture que lors des crues ;
- . garantit l'ouverture des ouvrages manuels en cas de forte crue, lorsque leur manœuvre est difficile ou dangereuse, compte tenu de la montée des eaux ;
- . psychologique : bien ressenti par une partie du public, même si cet aspect est basé sur une fausse appréhension de l'influence hydrologique de l'ouverture des vannages ;
- . permet un passage plus facile des poissons.

##### - *inconvénients* :

- . modifie l'équilibre mentionné ci-dessus (hydrologique, écologique, sociologique) ;
- . ne change rien à la coupure hydraulique lors des basses ou moyennes eaux et à ses inconvénients (dépôts de sédiments, eutrophisation...) ;
- . ne permet pas de répondre efficacement à l'attente du public en matière de diminution de l'impact des crues puisqu'il est pratiquement sans effet sur l'écrêtement des crues gênantes ou dommageables.

En conclusion, l'abaissement préventif des ouvrages hydrauliques est, moyennant une concertation locale, vraisemblablement à réserver aux ouvrages situés en aval de zones habitées soumises à des risques d'inondation, lorsqu'on est sûr que la fermeture de ces ouvrages présente un caractère aggravant.

#### ◆ Ouverture des portes des écluses en crue

L'ouverture des portes d'écluse n'est pas recommandée ; elle pourrait conduire à une mise en vitesse de l'écoulement dans les canaux éclusiers qui ne résisteraient pas à ces contraintes.



#### ◆ **Maintien des barrages sur le bassin versant**

Dans le cas où ces ouvrages seraient en mauvais état, leur restauration ne doit pas être posée comme un principe d'action ; il apparaît plutôt très souhaitable, moyennant une concertation préalable avec les usagers intéressés (pas seulement locaux), de rendre à la rivière concernée sa continuité hydraulique.

Dans le cadre de cette concertation, on examinera les divers choix possibles :

- effacer les ouvrages en mauvais état, en n'effectuant, éventuellement, que le minimum de travaux nécessaires à la conservation de leurs appuis ou à la restauration du lit ;
- réaménager les ouvrages sous une forme qui, à la conception, garantit le transit du débit minimum biologique et de la faune piscicole ;
- enfin, reconstruire les ouvrages à l'identique du point de vue de leur fonction, sans permettre le passage des poissons en permanence ; dans ce cas, on peut se demander si des subventions doivent être accordées au titre de l'Environnement.

#### ◆ **Entretien du lit d'écoulement**

Une coordination des travaux d'entretien entre les différents intervenants (riverains, syndicats, services de l'Etat) est recommandée. Elle ne peut se faire sans regrouper les différents acteurs de la rivière (collectivités territoriales, riverains, services techniques de l'Etat) au sein de structures de concertation. Ces actions permettront d'impliquer et responsabiliser les riverains privés qui, dans la majorité des cas, n'entretiennent pas les rives et ouvrages hydrauliques des rivières. En revanche, les rivières entretenues par les syndicats ou les services de l'Etat le sont en général correctement. Elles permettront également d'aider et encadrer les riverains pour l'exploitation des ouvrages et la mise en oeuvre de l'entretien en tenant compte des préconisations du SDAGE.

L'entretien du lit, pour les zones à forte vulnérabilité et où les enjeux sont importants, permettra d'améliorer l'écoulement et d'éviter l'exhaussement des niveaux.

Pour les zones où les enjeux sont faibles, l'entretien du lit de la rivière est aussi préconisé pour assurer la tenue des berges et l'équilibre de l'écosystème.

#### ◆ **Audit des ouvrages**

Il existe sur l'ensemble du bassin un nombre important de petits ouvrages. Chaque ouvrage a un mode de fonctionnement et d'exploitation spécifique.

Il conviendra de réaliser une analyse plus fine des fonctionnements des ouvrages dans le cadre des pouvoirs de police de l'Etat, pour déterminer les améliorations à apporter au point de vue gestion de l'ouvrage ou modification de celui-ci.

### ◆ En résumé

Il y a lieu de noter qu'en ce qui concerne les protections intermédiaires, il n'est pas possible de tirer une conclusion générale. C'est au cas par cas qu'il convient d'examiner pour tel ou tel ouvrage la politique à mettre en place.

### 5.2.2 Protections éloignées

Les préconisations ci-après compte tenu de la complexité des phénomènes sont des premières estimations qu'il conviendra d'affiner par des investigations plus poussées dans les domaines suivants :

- hydrauliques (modélisation mathématique des phénomènes)
- fluviomorphologiques (transport solide de la rivière)
- géologiques
- environnementales (faune, flore ...)
- gestion des ouvrages (gestion manuelle, automatisée, passive)
- ...

L'événement hydraulique de référence retenu est une crue centennale.

Pour mémoire, l'étude des concomitances des crues Mayenne-Oudon-Sarthe-Loir à Angers a montré :

- Les crues de la Mayenne et de l'Oudon apparaissent en moyenne le même jour
- La pointe de crue de la Sarthe apparaît entre 1.5 et 2.5 jours après celle de la Mayenne
- La Sarthe est en avance de 1 à 2 jours par rapport au Loir.
- L'étude des concomitances de la Sarthe et l'Huisne au Mans, conclut à une quasi coïncidence des crues.

### ◆ Retenue d'écrêtement de crue

#### ➤ *Le Loir*

L'étude Hydratec propose dans l'étude du Loir de 1987, 4 retenues (d'une capacité de stockage de 14.6 Mm<sup>3</sup>) situées sur le bassin supérieur du Loir. L'effet des retenues a été calculé sur modèle mathématique pour la crue de 1983 et les gains escomptés en niveaux sont :

- 55 cm à Bonneval
- 30 cm à Vendôme
- 8 cm à la Flèche
- 15 cm à Durtal

Les retenues proposées ne conduisent pas à un retardement de la crue.

L'investissement nécessaire serait de l'ordre de **95 MF**.

➤ *La Sarthe et l'Huisne*

Le chargé d'étude préconise deux retenues sur la Sarthe, situées entre Alençon et le Mans (13.1 Mm<sup>3</sup> de stockage). L'investissement qu'il y aurait lieu de réaliser serait de l'ordre **70 MF**.

Pour l'Huisne, 3 retenues sont préconisées dans l'étude récente du BRL (4.4 Mm<sup>3</sup> de stockage) et l'investissement à prévoir serait de **24 MF**.

L'effet des retenues de la Sarthe, associées aux retenues de l'Huisne est un abaissement des niveaux d'eau de :

- 20 à 25 cm au Mans
- 10 cm en aval du Mans

Les retenues ne modifient pas le synchronisme d'apparition des maximums des crues.

➤ *La Mayenne et l'Oudon*

Le chargé d'étude, à partir d'éléments fournis par l'étude Hydratec de 1991 indique qu'il est possible de réaliser 5 retenues localisées sur le bassin supérieur de la Mayenne. Le volume de stockage est important : 76,8 Mm<sup>3</sup> pour un investissement estimé à **530 MF**.

Les sites les plus intéressants vis à vis de l'écrêtement sont dans l'ordre :

- Ambrière sur la Mayenne
- Ambrière sur la Varenne
- Oisseau
- Andouillé (équivalent à Oisseau)
- St Calais

L'effet des retenues est important sur l'amont : jusqu'à 190 cm à Mayenne. Il est moindre à Laval (70 cm) et Château-Gontier (80 cm).

Pour L'Oudon, 3 sites ont été testés :

La retenue de Chatelais n'a pas d'effet significatif vis à vis de l'écrêtement des crues : elle n'est donc pas préconisée.

Les sites de la Boissière et Méral permettraient un stockage de 9 Mm<sup>3</sup> pour un abaissement des niveaux de 15 cm à Segré.

L'investissement à prévoir serait de **80 MF**.

Les importantes retenues sur la Mayenne auraient pour conséquence de retarder la crue de la Mayenne de l'ordre d'un jour, ce qui va dans le sens d'une possible resynchronisation avec les crues de la Sarthe et du Loir. Cet élément mérite une attention particulière qui, s'il s'avérait (concomitance des crues Mayenne et Sarthe) pourrait aggraver certaines crues de la Maine.

#### ➤ *La Maine*

En assimilant l'effet des retenues à une réduction de bassin versant, Le gain sur le débit maximum centennal (1900 m<sup>3</sup>/s) à Angers serait 160 m<sup>3</sup>/s (soit 8 % d'écrêtement), en reprenant les résultats des études précédentes pour le Loir et L'Huisne.

Compte tenu de l'influence du niveau de la Loire, de la faible pente des lignes d'eau, du pourcentage d'écrêtement (de 5 à 8 %), on peut penser que l'effet des retenues sur les niveaux de la Maine ne sera pas significatif. Rappelons que les niveaux de la Maine sont aussi tributaires du niveau de la Loire.

**Au niveau du synchronisme des crues, seule la Mayenne sera a priori retardée d'une journée environ. Il faut noter que ce retardement irait dans le sens d'une possible resynchronisation des crues de la Mayenne avec celles de la Sarthe et du Loir, donc une possible aggravation du risque.**

#### ◆ **Levées transversales dans le lit majeur**

Le principe de ce type d'aménagement consiste à effectuer des levées de terres transversalement à l'écoulement qui constituent autant de zones supplémentaires de stockage des eaux de la crue. Elles contribuent donc à une diminution du débit transmis à l'aval.

Seule la Sarthe, l'Huisne et le Loir sont propices à la réalisation de ce type d'aménagement.

#### ➤ *Le Loir*

Le chargé d'étude a identifié 65 sites pouvant permettre la réalisation de 65 levées pour un volume de stockage de 17.5 Mm<sup>3</sup>. Cette valeur de stockage est calculée dans l'hypothèse d'une crue centennale.

Le montant des investissements est estimé à **24 MF**.

En première approximation, l'effet des levées transversales pour une crue centennale conduirait à l'écrêtement compris entre 20 à 35 m<sup>3</sup>/s. Le gain en niveaux à attendre est de l'ordre de 5 à 15 cm, estimé à partir des courbes de tarage des stations hydrométriques.

**Compte tenu du volume de stockage, le retardement de la pointe de crue du Loir à la confluence avec la Sarthe doit être de l'ordre d'une journée. Ce retardement va dans le sens d'une désynchronisation (effet favorable) encore plus marquée des crues Sarthe - Loir.**

### ➤ *La Sarthe et l'Huisne*

**Pour la Sarthe**, le résultat des recherches de sites conduit à un total de 25 levées pour un volume de stockage de 11.8 Mm<sup>3</sup>.

En première approximation, l'effet des levées transversales pour une crue centennale conduirait à l'écrêtement compris entre 20 et 25 m<sup>3</sup>/s. Le gain en niveaux à attendre est de l'ordre de 5 à 20 cm, estimé à partir des courbes de tarage des stations hydrométriques.

Compte tenu du volume de stockage, le retardement de la pointe de crue doit être de l'ordre d'une journée au Mans et une demi-journée à la confluence avec le Loir. Une modélisation mathématique permettra de préciser cette valeur.

A noter que ce retardement irait dans le sens d'une possible resynchronisation des crues Sarthe - Loir, et une désynchronisation des crues Sarthe-Huisne. A moins que parallèlement soient aussi réalisées sur le Loir des levées transversales. **Le montant des investissements est estimé à 7 MF pour la Sarthe.**

**Pour l'Huisne**, les résultats des recherches de sites du bureau d'études BRL conduit à un total de 53 levées pour un volume de stockage de 4.4 Mm<sup>3</sup>, calculé dans l'hypothèse d'une crue centennale.

L'effet des levées est d'écrêter le débit de pointe d'une crue centennale de l'Huisne de l'ordre de 10% (de l'ordre de 10 cm en niveau) et de décaler l'hydrogramme principal de 24 heures, ce qui va dans le sens d'une désynchronisation des crues Sarthe-Huisne au Mans.

**Le montant des investissements est estimé à 20 MF pour l'Huisne.**

### **Pour la Sarthe et l'Huisne**

La réalisation des levées sur la Sarthe et l'Huisne conduirait à ne pas modifier le synchronisme d'apparition des crues de ces deux rivières. Elle conduirait à retarder la Sarthe aval d'une journée, ce qui irait dans le sens d'une possible resynchronisation des crues Sarthe-Loir (dans le cas, où on ne fait rien sur le Loir).

Le gain à attendre au Mans serait de l'ordre de 20 à 25 cm.

**Pour les deux rivières, l'investissement serait de 27 MF.**

### ➤ *La Maine*

Etant donné que les maximums des crues du Loir, de la Sarthe et de la Mayenne ne sont pas concomitants, l'effet des levées ne s'ajouteront pas à Angers.

En première approximation, compte tenu du faible pourcentage d'écrêtement (entre 5% et 10%) sur le Loir, la Sarthe et l'Huisne, nous pouvons penser que les levées transversales n'auront pas d'effet significatif sur l'écrêtement des crues à Angers.

**Les levées ne modifieront pas le synchronisme des crues Sarthe-Huisne, mais elles auront pour effet de retarder l'apparition des crues du Loir et de la Sarthe d'une**

**journée environ. Le retardement de la Sarthe et du Loir va dans le sens de la désynchronisation de ces deux rivières avec la Mayenne.**

### 5.2.3 Protections locales

Conformément aux préconisations du cahier des charges, le chargé d'études a analysé les actions possibles de protections locales aux niveaux de 16 agglomérations.

Cette analyse s'appuie sur un diagnostic des risques établi pour chaque agglomération. Ce diagnostic met en évidence les secteurs les plus vulnérables vis à vis des inondations.

Des dossiers ont été établis pour chaque agglomération sous forme de fiche, accompagnés de schémas hydrauliques et de plans à l'échelle 1/25 000 indiquant notamment :

- les secteurs inondables
- les zones les plus vulnérables.

L'examen des actions locales conduit à définir les coûts suivants :

Agglomération	Aménagements envisageables	Montant des investissements en KF
Bonneval	réfection barrage, recalibrage, remplacement vannage	3100
Chateaudun	-	-
Cloyes	entretien courant, clapet automatique, chenal de crue	1400
Vendôme	recalibrage	8400
Montoire	chenal lit majeur, suppression moulin	1400
Le Lude	travaux d'entretien, réfection de barrage, ouvrage et chenal de décharge	1080
La Flèche	enlèvement obstacle	100
Durtal	entretien courant	150
Alençon	entretien, chenal lit majeur	950
Le Mans	amélioration sur les barrages	1 600
Sablé	amélioration sur bras, entretien courant, dragage	400
Laval	entretien courant, endiguement	750
Chateau Gontier	chenal + ouvrage de décharge	1200
Craon	rehaussement passerelle, entretien courant, élargissement	250
Segré	endiguement de St Aubin du Pavoil	400
Angers	-	-

Rémalard, Nogent le Rotrou et La Ferté Bernard ont été traitées dans l'étude Huisne du BRL.

Ce tableau doit être interprété avec prudence. En effet, le chargé d'étude n'a pas pu chiffrer la totalité des aménagements possibles pour chaque agglomération.

On citera le cas des agglomérations du Mans, Laval et Angers pour lesquelles il a été mis en évidence que les inondations se produisent par refoulement et saturation du réseau d'assainissement. A ce niveau de l'étude, la mise en place de système anti-retour dans le réseau d'assainissement et l'évacuation des eaux pluviales (ou simplement l'entretien du réseau actuel) n'ont pu être évaluées.

Des aménagements de type curage/recalibrage sont également proposés pour Angers et Château-Gontier. Sans bathymétrie des rivières, il est difficile de préjuger des effets de tels aménagements et de donner une estimation du coût des investissements. Il est donc proposé de les étudier sur modèle mathématique pour juger de leur intérêt.

➤ On peut citer également le cas de l'agglomération du Mans : Elle a fait l'objet d'une étude poussée sur modèle mathématique par le BCEOM en 1968. Selon cette étude, il a été préconisé :

- la protection des quartiers sensibles par endiguement pour un montant de 7 MF (valeur 1997)
- recalibrage et curage de la Sarthe et l'Huisne avec rectification du profil en long pour un montant de 35 MF (valeur 1997).

Il nous paraît difficile de valider ces préconisations compte tenu du caractère ancien de l'étude et de l'évolution de la rivière. Comme pour Angers et Château-Gontier, nous restons réservés et nous proposons de les étudier sur modèle mathématique pour juger de leur intérêt.

En outre, l'occupation des sols actuelle est sans doute très différente de celle d'il y a près de 30 ans.

➤ Suite aux préconisations de l'étude HYDRATEC datant de 1987 des aménagements locaux de protections ont été réalisés dans les agglomérations de :

- Cloyes sur le Loir
- La Chartre
- Château du Loir
- la Flèche.

Ces travaux achevés avant la crue de 1995 ont permis une amélioration dans les agglomérations situées ci-avant.

En effet, la crue de 1995, plus forte en débit que celle de 1983 a généré des niveaux quasiment équivalents à ceux de la crue de 1983 pour les secteurs de Cloyes et de la Flèche.

Pour ce qui concerne la Chartre et Château du Loir, la vérification n'est pas aisée compte tenu de l'absence de données.

Pour l'ensemble de la rivière Loir, le montant total de tous les aménagements projetés était de 43 MF (valeur 1997) ce qui explique d'une part que tous n'ont pas été réalisés.

D'autre part, certains travaux préconisés (traversée de Vendôme) ne sont pas apparus pertinents aux syndicats concernés.

➤ La modélisation mathématique (HYDRATEC) montre que si l'ensemble des protections sur le Loir étaient réalisées il y aurait des effets à l'aval peu sensibles. Néanmoins, les travaux réalisés à la Flèche produisent un exhaussement de niveau de 4 cm à Durtal.

➤ D'une manière générale, on peut distinguer deux types d'aménagement locaux :

- ceux qui n'ont pas d'influence significative sur l'aval au regard des volumes qui transitent pendant une crue (entretien du lit de la rivière et des berges, enlèvements des atterrissements...)

- ceux qui ont une influence sur l'aval (endiguements, curage important du lit...).

Pour ce deuxième type, l'impact sur l'aval pourrait être compensé par des mesures visant à retrouver à minima la situation avant travaux (exemple de mesures compensatoires : levées transversales).



## 6. Préconisations du chargé d'étude

La présente étude a mis en évidence et quantifié les différents phénomènes qui contribuent à l'apparition de crises hydrologiques sur le bassin versant de la Maine.

Comme souvent dans ce type de scénario, s'il est relativement aisé d'identifier les causes du mal, les remèdes -quoique connus- restent d'une mise en oeuvre parfois délicate, voire impossible.

En effet, l'impact financier, les contraintes techniques, l'aspect réglementaire, la nécessaire préservation de l'environnement, les attentes des riverains conduisent à des analyses multi-critères avec, in fine, non pas une solution mais des solutions possibles ; chacune possédant des avantages et, malheureusement, quelques inconvénients.

Au regard des résultats de l'étude, le chargé d'étude, propose ci-après aux futurs maîtres d'ouvrage une série de préconisations à mettre en place à court ou moyen terme.

### 6.1 Prévisions

L'étude a permis de rassembler les données en vue de définir des équations de prévision visant à une anticipation des événements de 6, 12 ou 24 h suivant les secteurs. Elles demanderont toutefois toujours des personnels des SAC une bonne connaissance des phénomènes car elles ne constituent qu'une approche nécessairement imparfaite de la variabilité des phénomènes.

Pour anticiper davantage les phénomènes, il y a lieu d'intégrer les stations préconisées par le chargé d'étude dans le réseau CRISTAL ; ce qui permettra de disposer de l'information hydrométrique encore plus rapidement et de bâtir des prévisions avec une anticipation et une qualité meilleures.

Dans une phase ultérieure, il est suggéré aux futurs maîtres d'ouvrage de consolider les équations de prévisions existantes et d'évoluer vers des modèles de prévisions de deuxième génération.

Ces modèles qui intégreraient la connaissance de la pluviométrie sur le bassin seraient de nature à anticiper plus encore et améliorer les prévisions.

Enfin, le chargé d'étude propose quatre organisations différentes de l'annonce de crue. Cependant, avant de retenir l'une des quatre propositions, il suggère d'engager une large concertation avec les services concernés pour choisir, avec eux, la solution la plus rationnelle et qui réponde le mieux aux contraintes et outils actuels.

## **6.2 Préventions**

Rappelons que les P.P.R. constituent l'un des volets d'une politique globale d'aménagement de l'espace et de la gestion des eaux et qu'ils doivent permettre de prévenir et de limiter les risques liés notamment aux inondations.

Il convient de noter que la réalisation d'un P.P.R. passe par une bonne connaissance de la topographie du terrain naturel à l'échelle 1/10 000 ou mieux 1/5 000 si possible ainsi que la connaissance des profils en travers des rivières concernées par une modélisation mathématique.

Les documents réglementaires existants et approuvés avec une crue de référence qui n'est pas la centennale devraient être révisés pour prendre en compte une crue de référence qui sera la centennale ou une crue historique au moins aussi forte.

C'est à partir de cette crue ou d'un évènement historique ou moins d'égale importance que seront identifiées les zones inondables et les hauteurs de submersion.

Pour ces zones d'expansion des crues, identifiées comme présentant un intérêt dans l'écrêtement des crues et dans lesquelles se trouveraient implantées des installations, il ne faut pas exclure éventuellement de déplacer celles-ci.

## **6.3 Protections**

Les prévisions et la prévention, quoique indispensables, et permettant de limiter les dommages des crues ne contribuent pas à la réduction de l'amplitude des phénomènes et des dommages qu'ils provoquent.

La phase ultime consiste à réaliser des aménagements qui, selon la configuration, seront catalogués de doux ou durs.

### **6.3.1 Retenues de stockage**

Les retenues de stockage permettent de baisser les niveaux des crues extrêmes sur les différents affluents de la Maine mais sont quasiment sans effet au niveau de l'agglomération angevine.

Si de tels aménagements devaient être envisagés, il conviendrait d'examiner les difficultés et les délais de réalisation.

La présente étude ayant principalement analysé la faisabilité et l'efficacité du point de vue de l'hydraulique, il conviendrait d'abord d'examiner tous les autres aspects et, bien sûr, d'en examiner la cohérence avec l'ensemble de la gestion des eaux, dans le cadre d'un SAGE.

Dans le meilleur des cas, ces retenues ne seraient donc pas opérationnelles avant 5 à 10 ans.

Ensuite, les différentes procédures avec leurs délais administratifs, la programmation financière, les acquisitions foncières, les études techniques nécessiteraient plusieurs années avant le démarrage des travaux.

Le chargé d'étude suggère aux futurs maîtres d'ouvrage d'envisager la réalisation des retenues comme une solution à moyen ou à long terme avec un risque non négligeable de devoir renoncer à certaines d'entre elles à cause des contraintes juridiques fortes, voire incontournables.

En outre, il convient de noter que les retenues possédant une capacité importante se situent sur la Mayenne.

En effet, pour une capacité possible de stockage de 108 Mm<sup>3</sup> sur l'ensemble du bassin, 67,8 Mm<sup>3</sup> se situent sur les hauts bassins de la Mayenne (et 9 Mm<sup>3</sup> sur l'Oudon) alors que les problèmes d'inondations préoccupants sur la Mayenne ne commencent à apparaître qu'à partir de la crue décennale environ. En outre, ces retenues retardent l'arrivée de la pointe de crue d'environ une journée à Angers ce qui pourrait être de nature à aggraver la situation dans l'agglomération angevine.

C'est donc des volumes de crue plutôt modestes qui peuvent être écrêtés sur les autres bassins (Sarthe 13,1 Mm<sup>3</sup>, Huisne 4,4 Mm<sup>3</sup>, Loir 14,6 Mm<sup>3</sup>).

L'analyse d'une crue récente (1995) met en évidence que les volumes possibles de stockage sur les hauts bassins de la Sarthe et de l'Huisne (17,5 Mm<sup>3</sup>) et du Loir (14,6 Mm<sup>3</sup>) ne sont pas à l'échelle des valeurs qu'il conviendrait de stocker pour obtenir des abaissements significatifs.

Pour la crue de 1995, on peut estimer d'une manière très théorique que pour abaisser les niveaux de 35 cm à la station de SPAY (Le Mans), il aurait fallu écrêter les débits de 22 Mm<sup>3</sup> environ et de 55 Mm<sup>3</sup> pour abaisser les niveaux d'environ 65 cm.

Pour le Loir de la même manière pour abaisser les niveaux de 25 cm à la Flèche, il aurait fallu écrêter les débits de 10 Mm<sup>3</sup> environ et de 33 Mm<sup>3</sup> pour abaisser les niveaux de 35 cm.

Pour chacune des deux rivières c'est environ 70 Mm<sup>3</sup> qu'il conviendrait de stocker pour améliorer d'une manière très significative les niveaux à SPAY (Le Mans) et à la Flèche.

Pour être exhaustif, signalons cependant que la crue de 1995 était d'une fréquence rare (temps de retour environ 60 ans à SPAY et 50 ans à la Flèche) et, qu'elle était en outre très pénalisante eu égard aux problèmes de stockage par sa durée qui a atteint environ 10 jours.

### **6.3.2 Levées de terre transversales**

Les levées de terres transversales font partie des méthodes plutôt douces d'aménagement. Cependant, l'effet de celles-ci sur l'écrêtement des crues est moindre que les retenues de stockage.

Elles présentent, néanmoins, des avantages non négligeables :

- ouvrages passifs ne nécessitant pas d'intervention pendant la crue,
- facilité de mise en oeuvre,
- intégration environnementale aisée,

- faible coût,
- ...

**En outre, elles ont tendance à retarder les crues du Loir et de la Sarthe ce qui va dans le bon sens au niveau de "l'horloge hydraulique" de la ville d'Angers.**

Le chargé d'étude suggère aux futurs maîtres d'ouvrage d'initier rapidement un examen approfondi des sites potentiels en vue de la réalisation de ces aménagements.

Il conviendra de ne pas omettre d'affiner ou de lancer les études hydrauliques de détail avant la réalisation d'aménagements et de mesurer les conséquences sur l'amont et l'aval.

L'impact sur la fluviomorphologie méritera une attention particulière. Il conviendra d'apprécier les dépôts qui pourront apparaître derrière les levées transversales ainsi que les éventuelles érosions dans le lit mineur.

Les levées transversales augmentent les hauteurs de submersion à leur amont immédiat. La réalisation de tels ouvrages passera donc par une large négociation et sans doute l'établissement de conventions avec les propriétaires fonciers concernés.

### **6.3.3 Protections locales**

L'étude s'est plus particulièrement focalisée sur 16 agglomérations comme préconisé dans le cahier des charges.

Il apparaît nettement que des situations peuvent être améliorées moyennant des investissements qui n'ont pas tous été chiffrés mais ne semblent pas excessifs.

Chaque commune qui réalisera des protections constatera une amélioration localement. Cependant il ne faudra pas omettre de s'assurer que les conditions d'écoulement ne sont pas aggravées à l'aval par la réduction des zones d'expansion des crues.

Si cela était le cas, les levées transversales pourraient, dans des zones non vulnérables, pallier l'inconvénient des protections locales sur l'aval.