



**ETUDE DES ZONES D'EXPANSION DE
CRUES SUR LES AFFLUENTS DE LA
SARTHE EN AMONT DU MANS
ET
ANALYSE DES POTENTIALITES DE
PRESERVATION ET DE GESTION**

RAPPORT FINAL



ASCONIT Consultants
Adresse Postale :
Parc Scientifique Tony Garnier
6/8 Espace Henry Vallée
69366 LYON Cedex 07
Tél : 04-78-93-68-90
Fax : 04-78-94-11-98
Email : contact@asconit.com



HYDRATEC ANGERS
7, rue de la Vilaine
49250 Saint-Mathurin-sur-Loire

VERSION DEFINITIVE ET VALIDEE
NOVEMBRE 2007

SOMMAIRE

1	COMPREHENSION DES ENJEUX.....	3
1.1	ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE RISQUE INONDATION ET SA PREVENTION DANS LE BASSIN.....	3
1.2	RAPPEL DE DEFINITIONS	4
2	HIERARCHISATION DES SOUS-BASSINS GENERATEURS DE CRUE	5
2.1	CRITERES GEOMORPHOLOGIQUES	6
2.2	CRITERES HYDROLOGIQUES.....	9
2.3	CRITERES d'OCCUPATION DU SOL.....	13
2.4	DETERMINATION DES BASSINS POTENTIELLEMENT GENERATEURS DE CRUE	15
2.5	ANALYSE COMPLEMENTAIRE APPORTEE PAR L'ETUDE DE COHERENCE DE LA MAINE	17
3	DEFINITION DES POTENTIALITES D'EXPANSION DE CRUE	19
3.1	CRITERES GEOMORPHOLOGIQUES	19
3.2	DETERMINATION DES ZONES D'EXPANSION DE CRUE POTENTIELLE	21
3.3	RECONNAISSANCES TERRAINS	22
4	EVALUATION ET EVOLUTION DE LA VULNERABILITE POTENTIELLE ET DES FACTEURS DE CRUE	24
4.1	CRITERES LIES A LA VULNERABILITE POTENTIELLE	25
4.2	CRITERES LIES A L'EVOLUTION POTENTIELLE DE LA VULNERABILITE	27
4.3	CRITERES LIES A L'EVOLUTION DES FACTEURS DE CRUE	28
4.4	POTENTIALITES DE VULNERABILITE	29
5	TABLEAU DES CRITERES & PONDERATION	31
6	ANALYSE DES POTENTIALITES DE PRESERVATION ET DE GESTION DES ZONES D'EXPANSION DE CRUES.....	34
6.1	OBJECTIF.....	34
6.2	ACTIONS CONCERNANT LE LIT MINEUR.....	35
6.3	ACTIONS DANS LE LIT MAJEUR	39
6.4	ACTIONS SUR LES VERSANTS.....	43
6.5	EXEMPLE DU BASSIN DU RANCE	45
6.6	REMARQUES SUR LES BASSINS DE RETENTION D'EAU PLUVIALE.....	46
6.7	HIERARCHISATION DES ACTIONS sur les zones d'expansion de crue potentielles ET ELEMENTS DE COUTS	47
6.8	LES MODALITES DE GESTION RAPPORTEES AUX ZONES D'EXPANSION DES CRUES VISITEES	50
7	CONCLUSION.....	51
8	GLOSSAIRE	53
9	LISTE DES CARTES	54

La démarche de mise en place d'un SAGE sur le bassin de la Sarthe Amont a été lancée en 2001 suite aux préconisations du SDAGE du bassin Loire-Bretagne afin d'avoir une politique globale cohérente en terme d'aménagement et de gestion des eaux, dont les enjeux sont :

- L'amélioration de la qualité des eaux de surface
- L'amélioration des ressources en eau « potabilisable »
- La lutte contre l'eutrophisation
- La protection des populations piscicoles
- La lutte contre les inondations

Actuellement le SAGE est dans sa phase de scénario stratégie qui a pour but d'analyser les atouts et les faiblesses des composantes socio-économiques qui structurent le bassin versant de la Sarthe Amont ; de dégager les tendances d'évolution et de hiérarchiser les programmes d'actions à l'échelle des unités de gestion piscicole.

Au cours de l'état des lieux, il est ressorti que la crue de 1995 a constitué un véritable traumatisme pour les inondés. Dès lors, une partie de la population a pleinement pris conscience du risque d'inondation sur le bassin. Les revendications à destination des élus présents dans le bassin semblent fortes en matière de lutte contre les inondations, d'autant plus que les zones inondables ont été identifiées sur une centaine de communes à la suite de l'Atlas de zones inondables élaboré par la DIREN Basse-Normandie et la Préfecture de la Sarthe.

Des actions locales (PPRI approuvés, anticipés, travaux de protection) ont déjà été mises en oeuvre dans un cadre plus élargi de cohérence par le biais de la mise en place d'un plan de prévention des inondations du bassin de la Maine (PPIBM). Des études sont également en cours telles que la faisabilité d'une retenue sèche au Gué Ory.

Notre travail s'inscrit en complément comme une étude technique complémentaire à l'état des lieux du SAGE devant apporter des réponses complémentaires à l'objectif « lutte contre les inondations » et de donner suite aux constats faits au cours de cette dernière étape :

- Existence de lieux emblématiques sur le bassin qui accentuent les positions des acteurs sur l'enjeu inondation ;
- Tensions sur le projet du Gué Ory qui concernent principalement les enjeux « qualité des eaux » et « gestion quantitative de la ressource en période de crue ».

Notre étude a pour objectif principal l'identification des zones d'expansion de crue dans le lit majeur des affluents de la Sarthe en amont du Mans avant de proposer différentes modalités de gestion en mesure de jouer sur les écoulements.

Pour aboutir à ce résultat, l'étude est divisée en 5 étapes successives :

1. Imprégnation du contexte et recueil des données
2. Identification des sous-bassins versants potentiellement générateurs de crue sur le bassin de la Sarthe amont
3. Evaluation de la vulnérabilité et de ses perspectives d'évolution
4. Hiérarchisation des potentialités d'expansion de crue sur les espaces environnant les principaux affluents de la Sarthe amont
5. Analyse des coûts de préservation, de restauration et de gestion

Cette démarche est similaire à celle qui avait été initiée sur le bassin voisin, l'Huisne, afin d'assurer une cohérence à l'échelle du bassin de la Maine.

1 COMPREHENSION DES ENJEUX

Pour s'imprégner du contexte local et faire un point sur l'état des connaissances en matière d'inondation sur le bassin, nous avons parcouru les études techniques suivantes :

- [EAU1] : Inondations et gestion des vallées alluviales, Etudes inter-agences de l'eau, Janvier 2001 ;
- [EPL1] : Etude 3P, étude des crises hydrologiques du bassin de la Maine, EPLoire, mars 2005 ;
- [BCEOM1] : Synthèse des protections contre les inondations du bassin de la Sarthe, BCEOM, novembre 1999 ;
- [BCEOM2] : Table ronde sur les inondations en Sarthe – synthèse des études existantes, BCEOM, août 2006 ;
- [DIREN1] : Atlas des zones inondables de la DIREN Basse-Normandie, 2005
- [IDEA-SO1] : Etat des lieux du SAGE de la Sarthe amont, IDEA recherche – Sogreah Consultants, décembre 2005 ;
- [IDEA-SO2] : Diagnostic global du SAGE de la Sarthe amont, IDEA recherche – Sogreah Consultants, octobre 2006 ;

1.1 ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE RISQUE INONDATION ET SA PREVENTION DANS LE BASSIN

En janvier 1995, l'Ouest de la France a connu de fortes inondations. La crue qui a été constatée sur le bassin de la Sarthe en amont de la confluence avec l'Huisne se classe, avec celles de 1930 et 1966, parmi les plus fortes observées au 20^{ème} siècle. Elle a entraîné d'importants dégâts qui ont été estimés à près de 69 millions d'euros dont 9,5 millions sur la partie amont de la Sarthe dans le département éponyme et hors agglomération du Mans. Elle a touché plus de 1000 habitations et activités économiques dans ce département.

Cet épisode désastreux fait aujourd'hui référence. On parle de « crue de référence » sur le bassin, avec une période de retour de 20 à 60 ans selon les secteurs.

Depuis de nombreuses études de lutte contre les inondations ont été réalisées sur la Sarthe aboutissant à des mesures de protections dites « locales » ou « éloignées » :

- Les mesures de protections « locales » correspondent à des actions locales de protection pour réduire l'aléa dans les zones inondées. Elles passent par un abaissement des lignes d'eau via une amélioration ponctuelle des écoulements ou par la protection de secteurs par endiguement.
- Les mesures de protections dites « éloignées » ont vocation à protéger à l'échelle du bassin en régulant les débits de crues. Elles se traduisent par la création d'ouvrages d'écrêtement de crues ou par le ralentissement dynamique des écoulements de la rivière principale dans le champ d'inondation.

Un projet suscite à l'heure actuelle de fortes tensions sur le bassin : il s'agit de la création d'un ouvrage d'écrêtement des crues par retenues sur le site du Gué Ory pour un coût d'investissement estimé entre 3,8 et 5,3 millions d'euros.

D'après l'étude [BCEOM2], le site du Gué Ory est potentiellement favorable à la création d'une retenue en raison de la superficie du bassin versant qui permettrait de stocker un important volume d'eau en fonction de la hauteur de la digue. Cependant les contraintes ont été estimées nombreuses et relativement fortes :

- Le site est sensible d'un point de vue écologique. Il est classé en Natura 2000, composé de ZNIEFF et appartient au parc naturel régional de Normandie-Maine ;
- en outre, les répercussions à l'amont seraient fortes puisque différents enjeux dont des habitations et une exploitation agricole seraient menacés. Des mesures compensatoires seraient à envisager.

De plus d'après l'étude [BCEOM1], la double vocation écrêtement et loisirs d'un tel ouvrage a été envisagée mais elle ne semble pas satisfaisante pour ses opposants car :

- elle aurait tout de même des répercussions négatives sur le milieu naturel ;
- l'efficacité hydraulique ne serait pas assurée en raison des modes de fonctionnement qui seraient appliqués.

Selon l'étude [BCEOM2], on peut lire que les crues sur le bassin de la Sarthe Amont se forment sur le haut du bassin, dans le département de l'Orne et que l'onde de crue se propage entre 24 et 36 heures jusqu'au Mans.

La rivière Sarthe n'est pas la seule responsable du phénomène de crue à l'aval du bassin. Ses principaux affluents (Merdeveau, Vaudelle, Bienne, Orne Saosnoise, Orthe) contribuent à hauteur de 50% du débit de pointe et du volume de crue au Mans.

Dans la lutte contre les inondations sur ce bassin l'impact de ces derniers n'est donc pas à négliger.

Notre étude n'est pas une redéfinition des zones inondables sur la Sarthe et ses affluents. Elle est un complément de l'atlas des zones inondables produit par la DIREN Basse Normandie et la Préfecture de la Sarthe. Nous nous appuyons donc sur ce travail pour avoir une réflexion cohérente et qui s'inscrit pleinement dans une démarche de gestion globale de lutte contre le risque inondation.

Nous reprecisons également que nous nous intéressons exclusivement aux affluents de la Sarthe, puisque peu d'études leur sont consacrées alors qu'ils ont une part non négligeable dans le risque en aval du bassin. La rivière Sarthe a quant à elle déjà fait l'objet de cartographies détaillées des zones inondables dans le cadre des plans de prévention des risques d'inondations (PPRI) :

- de Coulange-sur-Sarthe à Saint-Cénéri-le-Gérei : PPRI approuvé,
- de Saint-Léonard-des-Bois à Saint-Saturnin : PPRI en cours d'approbation,
- dans le territoire de Le Mans Métropole : PPRI approuvé

1.2 RAPPEL DE DEFINITIONS

Pour éviter toute ambiguïté et/ou mauvaise interprétation dans notre rapport nous rappelons la définition de la circulaire du 24 janvier 1994 relative à la définition des inondations et à la gestion des zones inondables. Elle répond à une demande politique avec les objectifs suivants :

- « *Interdire les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses où quels que soient les aménagements, la sécurité des personnes ne peut être garantie intégralement et les limiter dans les autres zones inondables ;*
- *Préserver les capacités d'écoulement et d'expansion de crues pour ne pas aggraver les risques pour les zones situées en amont et en aval ;*
- *Sauvegarder l'équilibre des milieux dépendant des petites crues et la qualité des paysages souvent remarquables du fait de la proximité de l'eau et du caractère encore naturel des vallées concernées ».*

Les zones d'expansion de crue « à préserver » sont les secteurs « non urbanisés ou peu urbanisés et peu aménagés » et où les crues peuvent stocker une grande quantité d'eau. « *Elles jouent un rôle déterminant en réduisant momentanément le débit à l'aval, mais en allongeant la durée de l'écoulement. Les crues peuvent ainsi dissiper leur énergie au*

prix de risques limités pour les vies humaines et les biens. Ces zones d'expansion jouent aussi le plus souvent un rôle important dans la structuration du paysage et l'équilibre des écosystèmes [...]. Il faut aussi éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés. Ces aménagements sont susceptibles d'aggraver les risques en amont et en aval. »

Cette circulaire est régulièrement confondue avec la loi L.211-12 du code de l'environnement. « *Des servitudes d'utilité publique peuvent être instituées à la demande de l'Etat, des collectivités territoriales ou de leurs groupements sur des terrains riverains de cours d'eau ou de la dérivation d'un cours d'eau, ou situés dans leur bassin versant, ou dans une zone estuarienne. Elles peuvent avoir pour objectif de créer des zones de rétention temporaire des eaux de crue ou de ruissellement, par des aménagements permettant d'accroître artificiellement leur capacité de stockage, afin de réduire les crues ou les ruissellements dans les secteurs situés en aval* ».

Dans le cadre de cette étude, nous cherchons bien à mettre en évidence au sein des zones inondables des secteurs pas ou peu urbanisés qu'ils seraient souhaitables de conserver en l'état, de restaurer, voire d'aménager afin de disposer d'espaces de « stockages naturels » des eaux en période de crue.

Notre définition des zones d'expansion de crue est donc celle de la circulaire du 24 janvier 1994 alors que le projet du Gué Ory répond plus à la loi L.211-12 citée précédemment.

2 HIERARCHISATION DES SOUS-BASSINS GENERATEURS DE CRUE

Cette première étape a pour vocation à identifier les sous-bassins versants potentiellement générateurs de crue sur le bassin de la Sarthe amont et sur lesquels une attention particulière doit être apportée notamment vis-à-vis des types d'occupations du sol qui tendent à accentuer le ruissellement.

La méthodologie adoptée est une analyse multicritère. Elle permet de hiérarchiser les sous-bassins, puisque des critères favorables à la génération de crues sont être mis en cohérence à l'échelle des zones hydrographiques et pondérés en fonction de leur importance dans la genèse du phénomène.

Les critères retenus sont les suivants :

- Pente longitudinale des cours d'eau
- Densité du réseau hydrographique
- Energie du bassin
- Forme du réseau hydrographique
- Perméabilité des couches géologiques
- Importance des secteurs faillés
- Recalibrage des cours d'eau
- Débits spécifiques de crue décennale
- Pluviométrie annuelle moyenne
- Nombre de jours de gel
- Proportion des surfaces imperméabilisées
- Proportion des terres labourables

- Proportion des surfaces toujours en herbe
- Proportion des surfaces boisées
- Proportion des surfaces remembrées
- Proportion des surfaces drainées

Suite à la lecture de l'état des lieux du SAGE on constate qu'il y a 7 sous-bassins identifiés comme étant générateurs de crues selon les dires d'experts :

- La Sarthe de sa source à l'Hoëne
- Le Sarthon et ses affluents
- La Sarthe du Sarthon à l'Hoëne
- La Sarthe de l'Ornette à la Vaudelle
- La Vaudelle et ses affluents
- La Sarthe de la Vaudelle à l'Orthe
- La Bienne de Rosay nord à la Sarthe

2.1 CRITERES GEOMORPHOLOGIQUES

2.1.1 Pente des cours d'eau

PERTINENCE

Les cours d'eau dont la pente est la plus forte génèrent des pics de crue plus intenses et se propageant rapidement, en raison des vitesses d'écoulement élevées, les potentialités d'expansion de crue de ces cours d'eau sont réduites, et cela accroît les risques d'inondation à l'aval.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Pour calculer la pente des cours d'eau nous avons rapporté la dénivelée du cours d'eau (différence entre l'altitude la plus haute et la plus basse) à sa longueur.

Etant donné que nous travaillons à l'échelle des bassins versants, il faut passer d'une information cours d'eau à une information bassin. Pour cela nous avons choisi de ne conserver pour le bassin que la pente la plus forte estimée pour un cours d'eau afin de ne pas lisser les résultats à travers une moyenne et d'accorder une grande importance à la topographie des bassins.

D'après la carte 1.1 on constate qu'il y a essentiellement quatre bassins qui se distinguent. Il s'agit de la Sarthe à sa source (M000), de l'Ornette (M010), de la Sarthe de la Pervenche à la Vésone (M002) et de la Sarthe de la Briante au Sarthon (M005), puisqu'il s'agit des bassins ayant les altitudes les plus importantes.

2.1.2 Densité du réseau hydrographique

PERTINENCE

La densité du réseau hydrographique est un facteur important à prendre en considération dans les phénomènes de génération de crue. Plus un réseau est dense au sein d'un bassin est plus la concentration des écoulements risque d'être importante à l'exutoire.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Tous les cours d'eau de chaque bassin ont été pris en compte dans le calcul de densité en excluant la rivière Sarthe, étant donné que nous nous intéressons à ses affluents.

Elle a été déterminée selon la loi de E.Horton ($\sum L / A$) qui correspond à la longueur totale des cours d'eau de tous les ordres du réseau hydrographique par rapport à la surface du bassin versant. On obtient un résultat exprimé en km.km².

Sur le périmètre du SAGE, on remarque une très forte densité de drainage pour les bassins en partie Ouest tels que le Sarthon (M006), l'Ornette (M010), la Vaudelle (M011), le Merdereau (M012), La Vésone (M003) et la Tanche (M002). La présence de ce chevelu hydrographique est aussi liée à la pluviométrie élevée que reçoit ce secteur (massif des Coëvrons) caractérisé par des terrains plutôt imperméables.

2.1.3 Energie des bassins versants

PERTINENCE

L'énergie du bassin traduit les variations de relief. Elle joue un rôle très important dans la transmission de crues et est en relation avec la forme des hydrogrammes. Plus l'énergie est importante, plus le bassin est propice à une accélération des écoulements et à leur concentration à son exutoire.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Un moyen de la quantifier est d'évaluer le relief ratio qui correspond à la dénivellation entre les deux côtes extrêmes du bassin et la distance à vol d'oiseau entre les deux points les plus éloignés du bassin dans l'axe du collecteur principal.

Pour mettre en place ce critère, nous avons déterminé le collecteur principal pour chaque bassin. Il correspond parfois au principal affluent de la Sarthe et de sa confluence avec la Sarthe jusqu'à l'exutoire, lorsque nous avons jugé que la Sarthe n'était pas systématiquement le collecteur principal. C'est notamment le cas pour les bassins de la Longuéve et de la Tanche.

Quatre bassins sont essentiellement mis en évidence : l'Ornette (M010), la Briante (M004), la Sarthe de la Briante au Sarthon (M005) et la Sarthe de la Bienne à l'Orthon (M020). L'Ornette est celui qui présente la plus forte énergie en raison d'une dénivellée très importante sur une courte distance.

2.1.4 Forme du bassin versant

PERTINENCE

La forme du réseau hydrographique a une influence majeure sur l'ampleur des phénomènes de crue. Plus un bassin est dendritique, ce qui correspond à une concentration des écoulements, plus les écoulements s'accumulent rapidement et augmentent les débits. Les pics de crue sont donc proches. Un bassin en arrête de poisson permettra au contraire d'étaler ses écoulements, en diminuant ainsi les risques en aval car les apports des affluents se font de manière progressive.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

La forme du bassin a été évaluée à travers l'allongement M du bassin versant, défini par $M = L/A^{0,5}$, L étant la longueur du plus long cheminement hydraulique, et A la superficie du bassin versant.

Sur le périmètre du SAGE on constate que les bassins dendritiques et potentiellement générateurs de crue sont l'Antonnière (M026), la Sarthe de la Bienne à l'Orthon (M020), le Merdereau (M011), l'Ornette (M010) et la Sarthe au Mans (M027).

L'importance de ce dernier est toutefois à relativiser puisqu'il s'agit d'un très petit bassin qui ne compte qu'un seul affluent de taille modeste (hormis la Sarthe).

2.1.5 Perméabilité des couches géologiques

PERTINENCE

Les différences de perméabilité des couches géologiques sur le bassin ont une grande incidence sur les écoulements et donc sur la hiérarchisation des bassins versants générateurs de crue. Plus une roche est imperméable comme celle du crétacé supérieur plus elle a tendance à favoriser les écoulements, contrairement à une roche perméable du quaternaire.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Pour déterminer la perméabilité des roches d'un bassin versant nous avons pris en compte la valeur de la roche la plus représentative sur le bassin. Aucun autre traitement particulier n'a été effectué.

Sur la zone d'étude on remarque que les bassins les plus imperméables sont situés au Sud et « datent » principalement du crétacé. Ce sont la Sarthe au Mans (M027), l'Antonnière (M026) et la Sarthe de l'Orne Saosnoise à l'Antonnière (M025).

2.1.6 Densité du réseau de failles

PERTINENCE

La présence de failles peut favoriser ponctuellement l'infiltration des écoulements.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Nous avons défini la densité du réseau faillé par bassin versant en faisant un ratio entre la longueur totale des failles et la superficie des bassins. On obtient un résultat exprimé en km.km².

Les secteurs les plus faillés sont situés au Nord-Ouest du bassin sur la Massif Armoricaïn.

2.1.7 Recalibrage des cours d'eau

PERTINENCE

Les recalibrages se traduisent généralement par des réductions du cheminement hydraulique et des augmentations de pente. Ainsi les cours d'eau recalibrés accélèrent les écoulements et accentuent significativement les pointes de débits en aval.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Les cours d'eau recalibrés ont été définis lors de la phase de diagnostic du SAGE. Toutefois la longueur de recalibrage n'était pas précisée. Etant donné qu'il s'agit de petits cours d'eau, nous sommes partis du principe qu'ils étaient réaménagés sur leur totalité. Etant donné que nous travaillons à l'échelle des bassins versants, nous avons choisi d'établir le pourcentage de cours d'eau recalibrés pour passer d'une information cours d'eau à une information bassin. Nous avons seulement tenu compte des principaux affluents de la Sarthe, tous les cours d'eau n'ont pas été pris en considération.

D'après la carte 1.2 on s'aperçoit que plus de la moitié des bassins ont fait l'objet de cette opération. L'impact n'est donc pas négligeable sur la naissance des phénomènes de crue. Les espaces concernés sont principalement dans le quart Nord-Est du bassin de la Sarthe Amont.

2.2 CRITERES HYDROLOGIQUES

2.2.1 Débits décennaux des cours d'eau

PERTINENCE

Le débit décennal est le débit de crue observée en moyenne une année sur dix. Ce paramètre permet de caractériser l'intensité des crues produites par un bassin versant. Plus un bassin enregistre des débits importants plus il contribue à la mécanique de la crue résultante sur la Sarthe. La notion de débit spécifique est aussi utilisée, en rapportant le débit décennal à la surface du bassin versant, pour pouvoir comparer entre eux chaque bassin versant.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Les bassins¹ issus de la BD Carthage de l'IGN et sur lesquels s'appuient les Agences de l'eau ne correspondent pas toujours au bassin versant d'un cours d'eau ; ils englobent souvent des apports latéraux à la Sarthe, ils regroupent parfois plusieurs petits affluents. Se pose alors la question de la définition du débit décennal pour certains bassins du découpage « Carthage ».

Nous avons retenu d'évaluer le débit décennal pour le cours d'eau principal du bassin « Carthage », à partir duquel on définit ensuite un débit spécifique, c'est-à-dire rapporté à la surface du bassin versant.

L'évaluation du débit décennal s'appuie sur le réseau de stations hydrologiques existantes, dont les données sont obtenues auprès de la Banque Hydro.

La Banque Hydro fournit pour ces stations le débit décennal, par ajustement des débits instantanés de crue selon une loi de Gumbel.

Pour estimer les débits décennaux de chaque bassin versant, deux cas se présentent :

- le bassin versant est équipé d'une station hydrologique,
- le bassin versant n'est pas jaugé, dans ce cas on recherche un bassin versant voisin présentant des caractéristiques aussi similaires que possibles (notamment sur la pluviométrie et la géologie).

Le débit décennal recherché est alors estimé par la formule de Myer comme suit :

$$Q = Q_0 \cdot (S/S_0)^{0,8}$$

avec : Q : débit à évaluer,

S : superficie du bassin versant contrôlé,

Q₀ : débit du bassin versant jaugé,

S₀ : superficie du bassin versant jaugé.

Le tableau ci-après précise les caractéristiques des stations existantes localisation :

Il existe aussi des stations sur la Sarthe à Saint-Cénéri le Gérei et Neuville-sur-Sarthe, mais les bassins contrôlés ne sont plus en rapport avec les affluents, elles ne sont donc pas exploitées.

¹ Le terme utilisé dans la BD Carthage est zone hydrographique.

Nomenclature	Identification	Aire (km ²)	Période	Q ₁₀ (m ³ /s)	Intervalle de confiance à 95 %
M0010610	La Sarthe au Mêle-sur-Sarthe	283	1993-2001	41	30 - 110
M0014110	L'Hoëne à la Mesnière [La Foulerie]	75.6	depuis 1979	8	7.1 - 9.8
M0064320	Le Sarthon [bief] à la Ferrière-Bochard	109	1971-1985	24	20 - 39
M0104010	L'Ornette à Saint-Pierre-des-Nids [Larray]	54	depuis 1992	18	16 - 25
M0105610	Le Terraçon à Saint-Pierre-des-Nids [Pont des Terr]	35	depuis 1994	9.4	7.9 - 14
M0114910	Le Merdereau à Saint-Paul-le-Gaultier [Chiantin]	118	depuis 1984	23	20 - 29
M0124010	La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier	89	depuis 1992	20	17 - 29
M0134010	L'Orthe à Douillet [le Joly]	126	depuis 1995	21	17 - 32
M0153010	La Bienne à Thoiré-sous-Contensor	104	depuis 1991	12	10 - 16
M0156510	La Saosnette à Thoiré-sous-Contensor	36	1991-2006	1.5	1.3 - 2.1
M0234010	La Dive à Mamers	19	1979-1985	0	-
M0243010	L'Orne Saosnoise à Montbizot [Moulin Neuf Cidrerie]	510	depuis 1967	46	41 - 54

Tableau 1 : Caractéristiques des stations hydrologiques

Le tableau ci-dessous liste les débits ainsi estimés pour chaque bassin, comprenant :

- le débit décennal du cours d'eau principal,
- la valeur de ce débit rapporté à la surface du bassin versant

Bassin (Carthage)	Aire (km ²)	Bassin versant du cours d'eau principal				Station hydrologique utilisée
		cours d'eau	Aire (km ²)	Q ₁₀ (m ³ /s)	l/s/km ²	
M000	141	La Sarthe (amont Hoene)	140	13.1	0.094	M0014110
M001	220	L'Hoene	77	8.1	0.105	M0014110
M002	118	La Tanche	61	6.7	0.111	M0014110
M003	103	La Vezone	102	10.6	0.104	M0014110
M004	215	La Briante	54	12.0	0.223	M0134010
M005	114	Le Cuissai	26	6.7	0.258	M0134010
M006	120	Le Sarthon	120	25.9	0.216	M0064320
M010	92	L'Ornette (confluence Sarthe)	89	24.1	0.271	M0104010 et M0105610
M011	188	Le Merdereau	145	27.1	0.187	M0114910
M012	93	La Vaudelle	93	20.8	0.223	M0124010
M013	140	L'Orthe	134	22.1	0.165	M0134010
M014	70	<i>apports latéraux à la Sarthe</i>		non défini	non défini	
M015	91	Le Rosay Nord	90	10.7	0.119	M0153010
M016	168	La Bienne	164	17.3	0.105	M0153010
M020	111	L'Ombon + L'Orthon	54 + 37	7.1 et 5.2	0.137	M0153010
M021	161	La Longueve	89	10.8	0.122	M0535010
M022	238	L'Orne Saosnoise (amont Dive)	236	24.8	0.105	M0243010
M023	101	La Dive	100	12.5	0.125	M0243010
M024	182	L'Orne Saosnoise (confluence Sarthe)	523	47.0	0.090	M0243010
M025	66	<i>apports latéraux à la Sarthe</i>		non défini	non défini	
M026	109	L'Antonniere	113	11.3	0.100	M0525210
M027	42	<i>apports latéraux à la Sarthe</i>		non défini	non défini	

Tableau 2 : Débits décennaux estimés

On note que le débit décennal n'est pas défini pour les trois bassins M014, M025 et M027, qui correspondent à des apports latéraux à la Sarthe sans affluent véritablement marqué.

De ce tableau, il ressort :

- les bassins des Coëvrons à l'Ouest, de part leur débit spécifique élevé ; ces bassins sont réputés très producteurs, car ils sont très arrosés, imperméables, et au relief plutôt accentué,
- le bassin de l'Orne Saosnoise, dont le débit spécifique est beaucoup moins élevé, mais qui constitue le principal affluent de la Sarthe en amont du Mans

2.2.2 Pluviométrie

PERTINENCE

La pluviométrie est un critère déterminant dans le phénomène de crue. Plus un bassin versant a de fortes précipitations plus les débits des cours d'eau sont susceptibles d'augmenter et d'entraîner des crues.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Sur le bassin ou à proximité il y a 33 stations pluviométriques pour lesquelles nous disposons des précipitations annuelles moyennes sur des périodes variables. Afin de pouvoir estimer la pluviométrie sur l'ensemble du bassin de la Sarthe Amont nous avons mis en place un modèle mathématique qui détermine en fonction de l'altitude de chaque station et de leurs résultats pluviométriques, les précipitations pour toutes les autres altitudes du bassin. L'intérêt de cette démarche est d'une part d'avoir une meilleure estimation qu'avec une interpolation et d'autre part d'estimer des marges d'erreurs.

En raison du climat océanique sur cette région, les versants Ouest du bassin sont généralement plus « arrosés ».

Afin de mettre en place un modèle qui soit le plus précis possible nous définissons les précipitations en fonction de l'altitude et de l'exposition des versants.

Les résultats montrent que le modèle² est fiable à 80%³. Cela signifie que 80% des précipitations estimées sur l'ensemble du périmètre du SAGE sont correctes. Cette estimation est suffisante pour valider le traitement.

Si l'on s'intéresse à la carte des résidus (ci-dessous), qui sont les écarts entre les précipitations réelles enregistrées sur les stations météorologiques et les précipitations théoriques on s'aperçoit qu'ils sont relativement minces.

D'une manière générale le modèle sur-estime les précipitations au centre du bassin notamment pour les stations d'Ancinnes, St Germain sur Sarthe, Maresche. Cela est vraisemblablement dû aux données disponibles qui seraient à étoffer et à l'influence probables d'autres facteurs. Nous ne cherchons pas à déterminer dans le cadre de cette étude les autres facteurs explicatifs puisque l'on s'éloignerait de l'objectif initial.

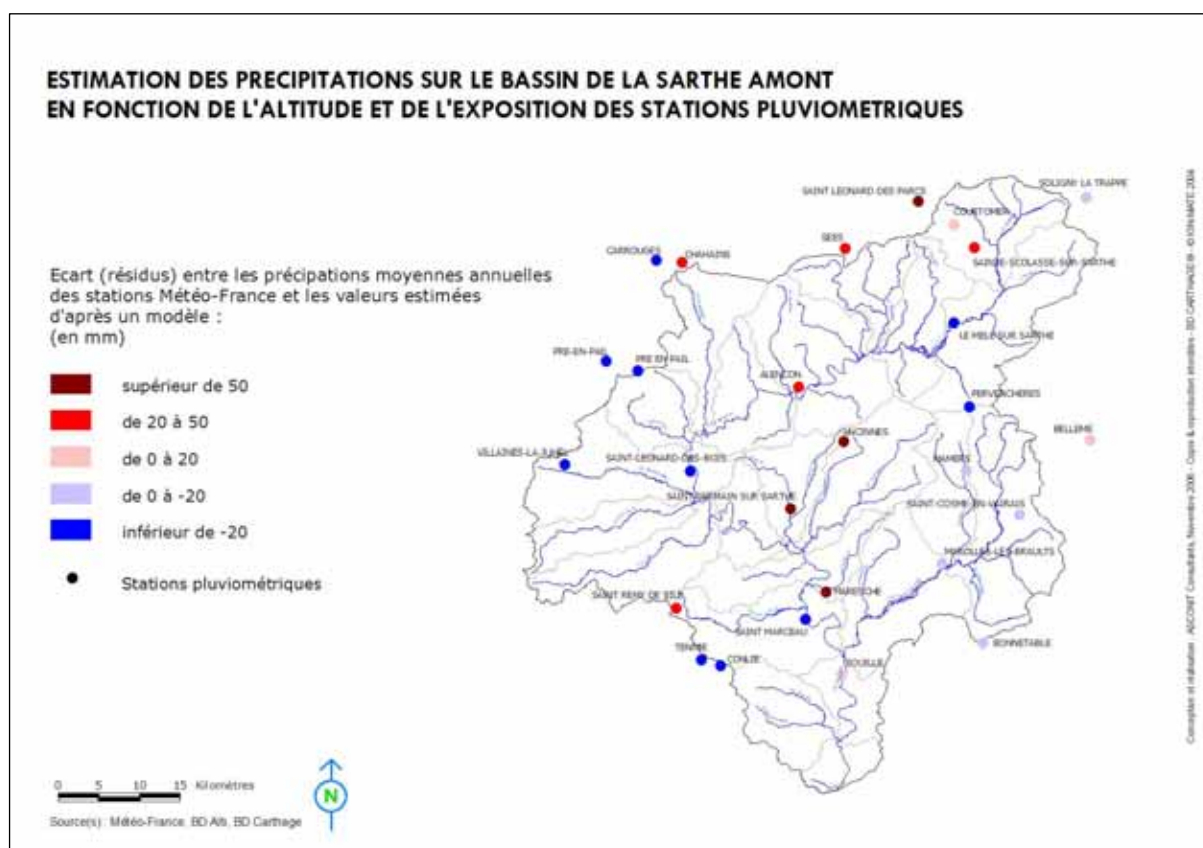
A l'inverse le modèle mathématique sous-estime les stations en périphérie et notamment celles à l'Ouest telles que Villaines la Juhel, Pré en Pail, Carrouges, St Leonard des bois, Tennie, Conlie, St Marceau. Toutefois les écarts maximums ne sont que de 20 mm.

² Le modèle est établi grâce à une régression multiple. Elle consiste à résumer l'information contenue dans une distribution statistique entre plusieurs variables, car il est rare qu'un phénomène Y s'explique par une seule variable X. Le coefficient de corrélation multiple auquel on aboutit indique l'intensité de la relation entre la variable expliquée, les précipitations et les variables explicatives, l'altitude et l'exposition des versants.

Le coefficient de corrélation multiple est de : $ry_{x1x2} = 0.89$

L'équation de la droite de régression est : $y = -0.0015x^2 + 1.5603x + 558.4$

³ Le coefficient de détermination est de : $r^2=0.8$



Carte des résidus

Afin de pouvoir intégrer ce paramètre dans l'analyse multicritère, nous établissons un indice pluviométrique sur chaque bassin versant puisqu'il s'agit de notre échelle de travail. En conséquence nous choisissons de calculer la moyenne des précipitations théoriques sur chaque bassin.

Si l'on observe la carte des résultats de la pluviométrie annuelle moyenne par bassin versant on constate que l'on peut séparer le bassin de la Sarthe Amont en deux parties. La séparation se fait par une ligne au centre orientée Nord-Est, Sud-Ouest. Les bassins Nord-Ouest sont nettement plus « arrosés » et notamment le secteur du Sarthon.

2.2.3 Durée des sols gelés

PERTINENCE DU CRITERE

L'imperméabilité des sols est un élément à ne pas négliger dans la détermination des bassins générateurs de crue. Plus un sol est imperméable, moins les infiltrations sont importantes, plus les ruissellements et les débits augmentent et plus les risques de crue sont conséquents. Le nombre de jours de gel est donc un critère à ne pas sous-estimer d'autant plus que les gelées ont été un facteur déterminant sur la crue de janvier 1995.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Nous avons traité des données Météo-France sur 17 stations météorologiques récupérées par le maître d'ouvrage.

Nous avons mis en place la même méthodologie que pour la pluviométrie. Cependant les résultats ne sont pas aussi pertinents. Nous nous sommes aperçu que la relation entre l'altitude et le nombre de jour de gel n'est pas significative⁴. Elle ne nous permet pas de mettre en place un modèle mathématique, puisque les résultats qui en résulteraient ne seraient valables qu'à 17%⁵. Il y a indiscutablement d'autres facteurs qui entrent en ligne de compte et qui sont difficiles à déterminer. En d'autre terme, l'altitude ne permet pas à elle seule de calculer le nombre de jour de gel.

L'objectif de l'étude n'est pas de mettre en évidence les facteurs influençant les jours de gel. Nous n'irons donc pas plus loin dans notre démarche. Ce critère ne sera pas retenu par manque d'information.

Toutefois, cette analyse nous a permis de constater une corrélation inversée. Le nombre de jours de gel diminue avec l'altitude. Ce constat serait à vérifier en intégrant d'autres stations. Mais il peut toutefois se justifier par des ensoleillements plus importants en altitude, qu'en fond de vallée et par des phénomènes d'inversion thermique.

2.3 CRITERES D'OCCUPATION DU SOL

2.3.1 Surfaces imperméables

PERTINENCE DU CRITERE

Les surfaces imperméabilisées, c'est-à-dire recouvertes de béton ou goudronnées accentuent les ruissellements en empêchant toute infiltration dans le sol, entraînant ainsi l'augmentation des débits des cours d'eau à proximité.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Pour ce critère nous avons considéré les types d'occupation du sol suivants, comme étant des surfaces imperméables (source : CORINE land cover 2000) :

- Zones urbanisées
- Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication
- Mines, décharges et chantiers
- Espaces verts artificialisés, non agricoles

Les données « CORINE land cover » sont issues d'un inventaire géographique de l'occupation biophysique des terres réalisé dans le cadre de la constitution d'une base de données européennes.

Elle est gérée par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) pour l'Europe et dont l'Institut Français de l'Environnement (IFEN) assure le relais en France.

Sur la carte 1.4 on constate que les zones les plus imperméabilisées sont les bassins de la Sarthe de la Vésone à la Briante (M004), la Sarthe de la Briante au Sarthon (M005), de la Bienne (M015), de la Dive (M023), de l'Antonnière (M026), la Sarthe de l'Orne Saosnoise à l'Antonnière (M025) et de la Sarthe au Mans (M027). Il s'agit des bassins contenant les principales agglomérations telles que Alençon et le Mans et leurs périphéries.

2.3.2 Terres labourables

PERTINENCE DU CRITERE

Les terres labourables par l'absence de couverture végétale permanente sont favorables au ruissellement et favorisent l'émergence du risque inondation. Ce facteur est accentué

⁴ Le coefficient de corrélation entre l'altitude et les jours de gel est de : $r = -0.41$

⁵ Le coefficient de détermination est de : $r^2 = 0.17$

par les tassements exercés par les engins agricoles et l'existence de phénomènes de battance. Ce facteur s'oppose directement à l'influence des surfaces toujours en herbe ou boisées.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Afin de pouvoir estimer la part des terres labourables dans chaque bassin versant nous avons dû procéder à un ratio en fonction des superficies communales, puisque l'information est communale.

Nous avons ramené les superficies de terres labourables communales à la surface des communes contenues dans chaque bassin versant. Cette méthode suppose que la répartition des terres est homogène sur l'ensemble du territoire. Ce n'est bien évidemment pas le cas, mais elle a néanmoins l'avantage de ne pas prendre toute la superficie communale en considération alors qu'une grande partie de la commune se situe sur le bassin voisin.

La carte 1.4 met en évidence 7 bassins qui ont entre 55 et 65% de leurs terres labourées ce qui constitue une portion très importante. Ils sont regroupés au centre du périmètre du SAGE. Il s'agit de la Sarthe de l'Orthon à l'Orne Saosnoise (M021), de la Sarthe de la Bienne à l'Orthon (M020), de la Bienne (M015 et M016), de la Dive (M023), de la partie aval de l'Orne Saosnoise (M024) et de la Vaudelle (M012). Ce sont essentiellement des bassins peu urbanisés et donc peu imperméabilisés.

2.3.3 Surfaces toujours en herbe

PERTINENCE DU CRITERE

Les surfaces toujours en herbe (ou STH) représentent une couverture végétale permanente instituant un frein modéré au écoulement, d'autant plus que leur surface est importante.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Nous avons utilisé la même méthodologie que pour les terres labourables, à savoir un ratio en fonction de la superficie communale dans chaque bassin versant.

Les prairies permanentes sur l'ensemble du SAGE sont d'une manière générale moins importantes que les terres labourables, puisque seulement 30 à 40% des bassins les plus « verts » tels que la Sarthe à sa source (M000), l'Hoëne (M001) et la Tanche (M002) ne sont concernés.

2.3.4 Surfaces boisées

PERTINENCE DU CRITERE

La forêt consomme plus d'eau par évapotranspiration qu'un autre couvert végétal et qu'à précipitations égales. Un bassin forestier donne donc des écoulements moindres à l'exutoire.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Les surfaces boisées ont été estimées d'après la base de données CORINE land cover 2000. C'est la typologie n°3 qui a été retenue :

- Forêts de Feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Forêts et végétation arbustive en mutation

Les surfaces boisées occupent une faible part de la superficie totale des zones hydrologiques contrairement aux terres labourables. On note qu'il y a seulement 20 à

30% de zones forestières dans les bassins les plus boisés comme celui de la Vésone (M003), de la Sarthe de la Vésone à la Briante (M004), du Sarthon (M006), de la Vaudelle (M013) et de la Bienne (M016).

2.3.5 Surfaces remembrées

PERTINENCE DU CRITERE

Le remembrement qui est un aménagement foncier rural consiste à regrouper des terres agricoles appartenant à un ou plusieurs propriétaires, mais divisées en petites parcelles ou dispersées. Il s'accompagne le plus souvent d'aménagement rural, comme par exemple l'alignement des chemins, l'arrachage ou la replantation de haies, ce qui favorisent les ruissellements.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Comme précédemment pour évaluer les surfaces remembrées par bassin versant nous avons fait un ratio par rapport aux superficies communales.

Approximativement le périmètre du SAGE peut être coupé en 2 selon une ligne Nord-Est, Sud-Ouest. La carte 1.5 met en évidence des bassins très fortement remembrés (plus de 80%) au dessus de cette ligne, comme la Sarthe à sa source (M000) ou l'Ornette, contrairement à d'autres qui ne sont concernés qu'à hauteur de 4 à 30% dans la partie Sud.

2.3.6 Surfaces drainées

PERTINENCE DU CRITERE

Le drainage peut être en mesure d'accroître le risque de voir les capacités des cours d'eau dépassées notamment lors d'intenses précipitations. Les influences du drainage sur le transfert des crues sont complexes et la prise en compte de ce critère doit être modérée.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

La répartition du drainage est en correspondance avec deux phénomènes : l'occupation du sol à usage agricole et la présence potentielle de zones humides. Les surfaces sont d'autant plus drainées que l'agriculture tend à s'intensifier ou s'axer autour des grandes cultures.

Les surfaces drainées sont modestes sur l'ensemble du périmètre du SAGE. Toutefois les plus fortes concentrations (de 15 à 22%) se situent à l'Est du territoire sur les bassins de l'Orne Saosnoise (M022 et M024), de la Dive (M023) et de la Sarthe de la Bienne à l'Orthon (M020). Il s'agit principalement de secteurs relativement moins pluvieux que la partie Ouest du SAGE en raison du climat océanique prépondérant dans la région.

2.4 DETERMINATION DES BASSINS POTENTIELLEMENT GENERATEURS DE CRUE

L'objectif de cette étude est de hiérarchiser les espaces selon des conjonctions de facteurs susceptibles d'influencer sur la capacité potentielle de génération de crue, sans pointer un état ou des acteurs qui seraient générateurs de crue. De ce fait il en découle non pas des mises à l'index de causalités, mais des espaces à surveiller où se porteront en priorité des propositions d'actions.

Pour cela nous parlons bien de **bassins potentiellement générateurs de crue**. Seule une étude hydraulique permettrait de déterminer l'implication réelle de chaque bassin.

Les résultats de l'analyse multicritère sont présentés sur la carte 1.6 et le tableau qui suit met en évidence pour chaque bassin ayant une contribution potentiellement élevée dans le phénomène, les facteurs qui se distinguent.

Les résultats sont conformes à ce qui a été présenté dans le diagnostic du SAGE. Les principaux bassins potentiellement générateurs de crue se situent à l'Ouest. Il s'agit d'une part du bassin du Sarthon et de l'Ornette. Leur poids est renforcé si l'on considère qu'ils font partis de la même entité puisque leur confluence avec la Sarthe n'est distante que de 3km environ.

Les bassins versants du Merdereau, de la Vaudelle et de l'Orthe forment aussi un deuxième ensemble en raison de leur confluence très rapprochée avec la Sarthe, d'autant plus que ces 3 secteurs présentent tous un risque potentiel élevé dans l'apparition du phénomène de crue.

Ce deuxième ensemble est directement en aval du premier qui présente les plus fortes probabilités. La conjonction des deux secteurs se traduit par une contribution majeure dans la formation des crues de la Sarthe, et peut donc présenter potentiellement de très forts risques en aval.

De manière plus « isolée » les bassins de la Sarthe à sa source et de la partie aval de l'Orne Saosnoise joue aussi potentiellement un rôle.

CODE	ZONE HYDROGRAPHIQUE	CRITERES
M010	Ornette	Débit Pluviométrie Pente des cours d'eau Densité Energie Remembrement Forme du réseau hydrographique
M006	Sarthon	Débit Pluviométrie Densité du réseau hydrographique Recalibrage Remembrement
M012	Vaudelle	Pluviométrie Débit Densité hydrologique Densité failles Surfaces boisées Terres labourables
M011	Merdereau	Débit Densité hydrologique Pluviométrie Forme du réseau hydrologique
M000	Sarthe à sa source	Pente des cours d'eau Recalibrage Pluviométrie Remembrement Densité hydrologique

Il apparaît que cette répartition est très hétérogène. Les affluents de l'ouest sont bien dotés. L'Orne Saosnoise est également suivie, ainsi que la Bienne. En revanche, les cours d'eau du nord-est, correspondant essentiellement à la partie normande du bassin de la Sarthe, sont généralement dépourvus de suivis ; seule l'Hoëne est équipée d'une station depuis 1979.

L'analyse ci-après est pour l'essentiel extraite de l'étude de cohérence du bassin de la Maine⁶. **Cette étude étant en cours de réalisation, les affirmations qui suivent sont considérées comme correctes sous réserve de validation de l'étude.**

Elle s'appuie sur une comparaison des volumes générés par les principaux épisodes de crues survenus depuis 1995. Les données de bases sont les hydrogrammes de crues observés aux stations hydrologiques évoquées précédemment, ainsi que la carte de répartition des précipitations.

Le tableau ci-dessous présente :

- les volumes de crues générés au droit des stations hydrologiques, sur les affluents et aussi sur la Sarthe : la station de Neuville représente la quasi-totalité des apports du bassin de la Sarthe amont,
- un bilan comparatif au niveau des principales entités géomorphologiques concernées

Description	Bassin versant (km²)	2004	2001	1999	1997	1996	1995						
L'Hoëne à la Mesnière (La Foulerie)	75.6	0.87	0.99	1.93	0.00	0.50	4.26						
La Sarthe au Mêle-sur-Sarthe	283		8.11	14.21	2.58	4.80	21.03						
La Sarthe à St-Cénéri-le-Gérei (Moulin du Désert)	908	29.27	39.11	54.38	15.39	21.14	82.47						
L'Ornette à Saint-Pierre-des-Nids (Larray)	54	2.09	2.47	3.48	1.58	1.69	5.98						
Le Terraçon à St-Pierre-des-Nids (Pont des Terriers)	35	1.23	1.46	2.95	1.04	1.17	4.88						
Le Merdereau à Saint-Paul-le-Gaultier (Chiantin)	118	3.47	4.58	7.59	3.12	2.92	13.85						
La Vaudelle à Saint-Georges-le-Gaultier	89	3.18	3.71	4.39	2.02	2.27	10.73						
L'Orthe à Douillet (le Joly)	126	3.25	5.05	5.99	2.98	2.26	11 (*)						
La Bienne à Thoiré-sous-Contensor	104	1.80	2.00	2.44	1.39	0.70	5.72						
La Saosnette à Thoiré-sous-Contensor	36	0.29	0.12	0.16	0.14	0.04	0.54						
L'Orne Saosnoise à Montbizot (Moulin Neuf Cidrerie)	510	8.89	15.27	17.35	6.37	5.30	28.91						
La Sarthe à Souillé	2700	81.56	120.12	157.39	50.20	51.14	238.98						
La Sarthe à Neuville-sur-Sarthe (Montreuil)	2716	78.06	123.62	151.88	54.59	57.25	247.06						
Bilans par entités, en hm3 et % du volume observé à Neuville-sur-Sarthe (Montreuil)													
Affluents mayennais (ouest)	15.5%	13.22	16.9%	17.27	14.0%	24.39	16.1%	10.73	19.7%	10.31	18.0%	46.45	18.8%
Sarthe amont de St-Cénéri-le-Gérei	33.4%	29.27	37.5%	39.11	31.6%	54.38	35.8%	15.39	28.2%	21.14	36.9%	82.47	33.4%
Orne Saosnoise	18.8%	8.89	11.4%	15.27	12.4%	17.35	11.4%	6.37	11.7%	5.30	9.3%	28.91	11.7%
La Bienne	3.8%	1.80	2.3%	2.00	1.6%	2.44	1.6%	1.39	2.6%	0.70	1.2%	5.72	2.3%
Le Mêle	10.4%	0.00	0.0%	8.11	6.6%	14.21	9.4%	2.58	4.7%	4.80	8.4%	21.03	8.5%
Hoëne	2.8%	0.87	1.1%	0.99	0.8%	1.93	1.3%	0.00	0.0%	0.50	0.9%	4.26	1.7%

De ce tableau, il ressort :

- **les affluents mayennais**, drainant le massif des Coëvrons plutôt bien arrosé et imperméable, ont une contribution au volume de crue de la Sarthe assez élevée : aux droits des stations hydrologiques, les bassins de l'Ornette, du Terraçon, du Merdereau, de la Vaudelle, et de l'Orthe représentent 15,5 % de la superficie du bassin de la Sarthe amont, leur contribution cumulée aux volumes de crue transitant à la station de Neuville-sur-Sarthe représente généralement 16 à 20 % des apports totaux du bassin de la Sarthe amont. Une seule crue fait exception (2001 : 14 %),
- d'après les données de St-Cénéri-le-Gérei sur la Sarthe, **la contribution de l'amont du bassin** aux volumes de crues est plutôt élevée au regard de la superficie de bassin concernée, mais de manière moins systématique que l'entité précédente. Les données de la station de la Mesnière sur l'Hoëne, seul affluent suivi dans ce secteur, font toutefois apparaître que la contribution de ce cours d'eau est plutôt faible, mais cela s'explique par le fait que la partie du bassin située en rive droite de Sarthe est plus arrosée que celle en rive gauche ; on peut

⁶ Maître d'ouvrage : Etablissement Public Loire.

alors considérer que les sous bassins de rive droite (Tanche, Vézone, Briante, Cuissai, Sarthon) sont plus producteurs que ceux de rive gauche (Hoëne, Erine, Pervenche, Chédouet)

- en revanche, **l'Orne Saosnoise et la Bienne** ont une contribution aux volumes de crues nettement inférieures au regard des superficies de leurs bassins versants.

L'analyse des données aux stations hydrologiques fait également apparaître :

- **les affluents de l'Ouest** (Ornette, Terraçon, Merdereau, Vaudelle, et Orthe) produisent leur pointe environ 1 à 2 jours avant la Sarthe à St-Cénéri-le-Gérei, le décalage varie de quelques heures à près de 1,5 jour,
- la pointe de **l'Orne Saosnoise** s'observe plus tard, et généralement quelques heures avant celle de la Sarthe à Montreuil (Neuville-sur-Sarthe) ; ainsi, la pointe de la crue de l'Orne Saosnoise est plutôt concomitante avec celle de la Sarthe.

Ces éléments d'analyse vont être pris en compte pour proposer une hiérarchisation des actions d'expansion de crues (voir § 6.7)

3 DEFINITION DES POTENTIALITES D'EXPANSION DE CRUE

Cette partie est fondamentale dans le déroulement de l'étude puisqu'elle permet de déterminer les zones potentielles d'expansion de crue. C'est-à-dire les espaces naturels non urbanisés ou non artificialisés que l'on pourra protéger ou restaurer afin de laisser « s'étaler » les eaux en crue pour préserver les zones soumises au risque inondation en aval.

Ces espaces sont obtenus en combinant différents critères favorables à leur définition via une analyse multicritère et par le biais d'une analyse spatiale sous SIG.

Nous nous contentons de présenter ici les critères retenus. En aucun cas, nous prenons en considération la vulnérabilité des milieux. Ce point fait l'objet de la prochaine partie.

3.1 CRITERES GEOMORPHOLOGIQUES

3.1.1 Zone altimétrique

PERTINENCE DU CRITERE

Ce critère est primordial puisqu'il permet d'isoler les espaces susceptibles d'être pris en considération de par leur altimétrie vis-à-vis du cours d'eau.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

L'objectif est de simplifier l'analyse et la représentation cartographique en dégageant les espaces à proximité des cours d'eau en terme de distance et de dénivelé et qui présentent un risque potentiel face aux inondations par débordement de cours d'eau.

Lors de la crue de janvier 1995, la plus forte hauteur d'eau a été constatée au Mans. Elle atteignait 3,21m.

Afin de garder une marge de « manœuvre » dans le traitement nous avons défini une zone altimétrique de 10 mètres au dessus de la rivière Sarthe et de ses principaux affluents. Etant donné l'orographie du bassin et la taille de ses cours d'eau, la limite de 10 mètres est suffisante. Il est difficile d'imaginer une crue de cette importance sachant que la crue de référence atteint 3 mètres.

Pour mettre en œuvre ce critère, chaque sous-bassin versant a été traité séparément pour tenir compte des lignes de crêtes et éliminer les artéfacts éventuels.

Si l'on se réfère à la carte 2.1 on voit rapidement la nette distinction entre les cours d'eau encaissés tels que le Sarthon, l'Ornette, le Merdereau, la Vaudelle, l'Orthe dans la partie Ouest du périmètre du SAGE et ceux évoluant plus en « plaine » comme l'Orne Saosnoise, la Vésone ou la Briante au Nord et à l'Est. Le constat est identique pour la rivière Sarthe, sa vallée est large en amont d'Alençon, elle se rétrécit fortement ensuite, pour s'élargir à nouveau après la confluence avec l'Orthe.

3.1.2 Formations alluviales et colluviales

PERTINENCE DU CRITERE

L'âge des couches alluviales est un bon indicateur de risque. Plus elles sont récentes et plus le risque de submersion est grand. Les couches colluviales ont aussi été prises en compte dans la mesure où des formations de versants peuvent recouvrir les couches alluviales à l'occasion notamment de glissements de terrain.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Sur le bassin de la Sarthe amont, se trouvent principalement les formations suivantes :

- Alluvions fluviales récentes (Fz)
- Alluvions fluviales anciennes : basse terrasse (Fy)
- Alluvions fluviales anciennes : moyenne terrasse (Fx)
- Alluvions fluviales anciennes : haute terrasse (Fw)
- Alluvions fluviales anciennes : très haute terrasse (Fv)
- Colluvions de versants indifférenciés (C)
- Limons des plateaux (LP)

Les alluvions les plus récentes se situent naturellement dans le lit de la rivière Sarthe sur une largeur relativement restreinte.

3.1.3 Pente des versants

PERTINENCE DU CRITERE

La détermination des pentes des versants est un critère important à étudier. Elles permettent d'identifier les espaces de faibles pentes et donc qui présentent un risque accru d'inondation. Il s'agit des mêmes espaces qui peuvent faire l'objet de zones d'expansion.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Le périmètre du SAGE a une altimétrie moyenne mais abrite des pentes qui peuvent être fortes (+30%) notamment dans la partie Nord-Ouest. Il s'agit des secteurs du Sarthon, de l'Ornette, de la Vaudelle, de l'Ornette et de la Sarthe à sa source.

Les zones de faibles pentes (inférieures à 3%) correspondent naturellement aux vallées des cours d'eau les plus larges. C'est notamment le cas de la partie aval de l'Orne Saosnoise, le Gandelee, le Rosay Nord, la Vésone ou la Tanche.

3.1.4 Zones humides potentielles

PERTINENCE DU CRITERE

Les zones humides ont un rôle majeur dans le cycle de l'eau puisqu'elles régularisent le régime des eaux, réalimentent les eaux souterraines. Elles constituent des écosystèmes très riches en terme de biodiversité et sont favorables au stockage des eaux et au ralentissement des écoulements. Elles sont un critère majeur pour la définition des zones d'expansion.

Elles sont aujourd'hui menacées et dégradées principalement en raison des activités anthropiques telles que le développement de l'urbanisation et les activités économiques. La détermination de certaines zones humides en tant que zones d'expansion de crue peut être un moyen de réduire le risque inondation et de préserver des espaces naturels sensibles.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Les données utilisées sont issues d'une étude menée par l'Institution Interdépartementale du bassin de la Sarthe amont. L'objectif était d'identifier des zones humides potentielles par l'indice de Beven-Kirkby. Nous parlons donc bien de zones potentielles et en aucun cas nous les avons nous-même identifiées.

Les zones humides potentielles se situent principalement dans des secteurs vastes et à faibles pentes. On distingue deux grandes zones, l'une en aval de la confluence de la Sarthe et de l'Hoëne jusqu'à Alençon et l'autre sur la partie aval de l'Orne Saosnoise.

3.1.5 Points de resserrement latéral du lit majeur

PERTINENCE DU CRITERE

Les ponts et autres ouvrages sont assimilés à des points de resserrements anthropiques et à ce titre les zones en amont sont en mesure d'être plus touchées par les crues en raison d'un effet « bouchon » créée par l'aménagement. Il en est de même pour les resserrements naturels liés à l'orographie du bassin en raison d'un encaissement des vallées.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Les resserrements naturels sont souvent en rapport avec la pente du lit : là où elle s'accroît se situe un resserrement naturel d'où une concomitance souvent observée de ces resserrements et des ouvrages. Les ponts sont généralement positionnés aux endroits où les rives se rapprochent.

Il y a en a de nombreux sur le Fay, la Vésone, le Sou, la Vandredre, le Cuissai et l'Ornette.

3.2 DETERMINATION DES ZONES D'EXPANSION DE CRUE POTENTIELLE

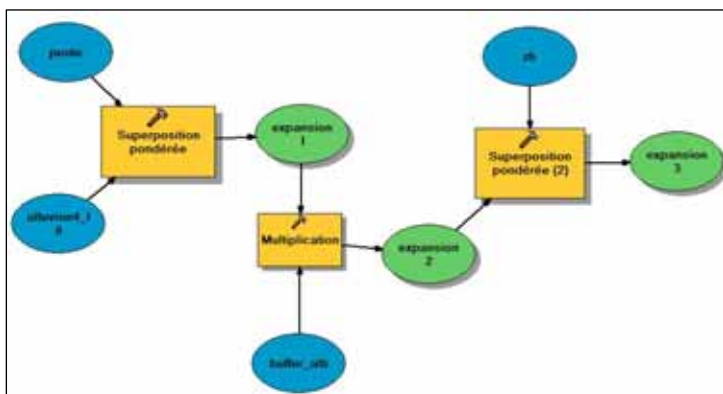
3.2.1 Description de la méthode

L'objectif de la démarche est de déterminer des zones où la probabilité de submersion est plus élevée qu'ailleurs en s'appuyant sur des critères simples. En aucun cas nous tentons de produire un atlas des zones inondables qui nécessite un travail à plus grande échelle. La carte de synthèse restitue donc ces zones avec une précision conditionnée entre autre par le MNT. Elle correspond à la composante aléa du risque inondation.

L'étude actuellement ne s'intéresse qu'aux principaux affluents de la Sarthe, toutefois nous ne l'avons pas exclu de l'analyse afin de vérifier la pertinence de nos résultats en les confrontant à l'atlas des zones inondables réalisé sur la Sarthe et ses affluents du département de l'Orne.

L'objectif de la validation est de s'assurer du résultat sur les espaces potentiellement inondables déterminés par les pouvoirs publics.

Les facteurs que nous privilégions pour traduire les zones à forte potentialité sont : l'âge des alluvions et les pentes. Une plus grande importance a été accordée à ce premier et le résultat se limite à la zone altimétrique de 10 mètres. Nous incluons ensuite dans le traitement les zones humides.



Le critère zone humide est utilisé après pour déterminer parmi les zones potentiellement inondables, celles dont les modalités de gestion tendront essentiellement vers la protection des milieux, notamment parce que nombre de zones humides ont disparu en raison de l'action anthropique.

Représentation schématique du traitement sous SIG

Nous précisons que les **zones de submersion potentielle ne tiennent pas compte des aménagements de protection** (digues, barrages, ouvrages divers...) qui existent sur le périmètre du SAGE, puisque nous ne disposons pas de cette information.

3.2.2 Présentation des résultats

Nous rappelons que nous nous intéressons dans cette étape seulement à la prédétermination des zones d'expansion potentielle sur les affluents de la Sarthe et sans tenir compte des bassins potentiellement générateurs de crue.

A l'heure actuelle, nous avons déterminé les zones potentielles de submersion sur l'ensemble du bassin (cf. carte 2.2). Cette analyse nous permettra lors de la prochaine étape de prédéterminer les zones potentielles d'expansion de crue en fonction entre autre :

- de l'occupation du sol au sein de ces zones
- de la morphologie générale du lit majeur
- de la répartition des bassins potentiellement générateur de crue

3.3 RECONNAISSANCES TERRAINS

Quatorze sites ont fait l'objet d'une visite. Ces quatorze sites ont été sélectionnés en fonction de leur pertinence pressentie (étendue, ...), et de sorte à être réparti sur chaque entité géomorphologique et sur chacun des trois départements. Les communes concernées ont été informées de ces visites et s'y sont souvent associées.

Les sites visités sont récapitulés dans le tableau ci-dessous, et une fiche correspondant à chaque site est donnée en annexe 2.

Ces sites constituent un échantillonnage établi uniquement pour l'organisation de ces quelques reconnaissances de terrain, ils ne constituent évidemment pas

les seuls secteurs à cibler pour la prescription d'actions de ralentissement dynamique.
--

zone	site	Cours d'eau	Dept	Commune
Tete de bassin	C1	Erine	61	La Mesnière, Buré
	C2	Erine	61	St-Quentin-de-Blavou, Coulimer, La Mesnière
	C3	Vézone	61	Neuilly le Bisson, Les Ventes de Bourse
	C4	Vézone	61	Essay, Les Ventes de Bourse
Zone centrale	D1	Briante	61	Colombiers
	D2	Briante	61	Colombiers
	D3	Bienne	72	Saosnes
	D4	Bienne	72	Grandchamp
Zone ouest	A1	L'Ornette	53	Pré en Pail, St-Pierre des Nids
	A2	Merdereau	53	Villaines la Juhel
Orne Saonoise	B1	Orne Saosnoise	72	St-Aignan - Marolles-les-Braults
	B4	Orne Saosnoise	72	St-Aignan - Dissé-sous-Ballon - Ponthouin
	B2	Orne Saosnoise	72	Mézières-sur-Ponthouin
	B3	Orne Saosnoise	72	Mézières-sur-Ponthouin, St-Mars sous Ballon, Congé-sur-Orne

Le but de ces visites était de :

- apprécier de visu l'aptitude des sites à l'expansion des crues,
- vérifier la présence ou l'absence d'enjeux vulnérables,
- recueillir les avis de la (ou des) Commune, lorsqu'elle était présente.

D'une manière générale, les sites présentent des caractéristiques similaires :

- notamment : un lit majeur occupé essentiellement par des prairies, souvent bien ouvertes, très peu de parcelles en culture ont été constatées, les sols sont généralement qualifiés argileux, plutôt imperméables,
- les lits mineurs présentent généralement un cours plus ou moins sinueux, quelques tronçons rectilignes peuvent parfois être présents, il en a été observé sur la Vézone et la Briante résultant de rectifications à une époque non connue, les berges sont souvent pourvues de ripisylve, au moins par tronçon ; peu de traces d'érosion ont été observées.

Sur l'ensemble des sites, il semble que les zones d'expansions effectives sont moins étendues que celles délimitées par l'analyse multi-critères.

Seul le site D3, sur la Biennne est différent car il s'agit d'une retenue d'eau permanente constituée par une digue barrant la vallée. Cet ouvrage est privé et utilisé pour l'alimentation d'une pisciculture à l'aval. La retenue amont semble affectée par un envasement très important.

Les entretiens avec les élus rencontrés font souvent ressortir :

- une vigilance de la Commune vis-à-vis de risques éventuels sur des biens bâtis en cas de surinondation ; souvent quelques hameaux sont présents dans le champs d'expansion de crues. La vulnérabilité de biens bâtis vis-à-vis d'éventuels dispositifs de surinondation a été clairement exprimée pour les sites : B3 (partie aval), C1, C2, C3, D1. Les surinondations des sites A2, B1 et D4 pourraient aussi présenter des risques pour des hameaux situés en amont.
- une sensibilité aussi vis-à-vis de l'impact d'une surinondation sur les usages des terrains concernés, qui sont souvent des prairies d'élevage. Pour l'un des sites (B4, sur l'Orne Saosnoise), il nous a été dit que les débordements chroniques actuels constituent une réelle gêne pour l'exploitant, et d'éventuels aménagements de surinondation ne sont évidemment pas souhaités.

Sur les 14 sites visités, seuls 4 à 5 sites semblent offrir des possibilités de surinondation sans risque majeur sur les enjeux environnants : A1, B2, B3 (partie amont), C4, D2. On ne peut toutefois être totalement affirmatif à ce stade, car des habitations ne sont jamais très loin, et dans l'emprise des zones d'expansion de crue définies par l'analyse multi-critères. Pour évaluer plus précisément les risques relatifs aux différents sites, ou confirmer leur absence, des investigations complémentaires apparaissent nécessaires, avec simulations s'appuyant sur des relevés topographiques précis des secteurs concernés.

Pour le cas particulier du site D3, des investigations spécifiques seraient à prévoir pour évaluer dans quelle mesure les exigences de l'exploitation piscicole (besoins d'eau en été impliquant le remplissage de la retenue en période hivernale) peuvent être conciliés avec la gestion des crues, notamment le fait de maintenir une réserve disponible pour l'écrêtement. L'efficacité du dispositif requerra certainement un désenvasement d'envergure de la retenue amont.

4 EVALUATION ET EVOLUTION DE LA VULNERABILITE POTENTIELLE ET DES FACTEURS DE CRUE

Le risque inondation résulte de la combinaison de l'aléa et de la vulnérabilité :

- L'aléa (en l'occurrence une crue) est un phénomène naturel d'un cours d'eau qui se matérialise par des caractéristiques telles que la hauteur de submersion, la vitesse d'écoulement et éventuellement la durée ;
- La vulnérabilité est définie par les types d'occupations du sol et leur sensibilité face aux inondations.

En d'autres termes le risque existe parce que des enjeux vulnérables à l'aléa sont présents sur les zones concernées.

Afin de pouvoir définir des zones d'expansion de crue potentielle sur le bassin il faut préalablement s'assurer que les zones retenues ne présentent aucune vulnérabilité. Il faut entendre ici le terme de vulnérabilité au sens territorial. C'est-à-dire en quoi les caractéristiques spatiales ou la présence d'enjeux représentent une vulnérabilité ?

Ainsi il est nécessaire selon les finalités de cette étude de recenser d'une part les enjeux bâtis situés en zone inondable et d'autre part d'avoir des éléments sur sa probable évolution.

Ce travail n'est pas une étude de la vulnérabilité telle qu'elle peut l'être dans le cadre de la mise en place d'un PPRi ou en utilisant la méthode d'inondabilité du CEMAGREF. Son principe repose sur une analyse multicritère avec l'utilisation d'indicateurs permettant d'alimenter une première réflexion par rapport à la vulnérabilité du territoire et à son évolution.

Les résultats de cette méthodologie tendent à souligner la vulnérabilité potentielle présente au sein de la zone d'étude altimétrique. L'utilisation du qualificatif de « potentielle » est rendue nécessaire par l'étendue de la zone d'étude, plus importante que celles des zones inondables.

4.1 CRITERES LIES A LA VULNERABILITE POTENTIELLE

4.1.1 Occupation du sol

PERTINENCE DU CRITERE

Les différences d'occupation du sol sont à la base des variabilités spatiales de la vulnérabilité aux inondations, en fonction de la valeur socio-économique de l'occupation.

Pour ce critère nous avons retenu les types suivants, issus de CORINE land cover 2000 (échelle 1/100000^{ème}) :

- Territoires artificialisés
- Territoires agricoles
- Forêts et milieux semi-naturels
- Zones humides
- Surfaces en eau

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

La cartographie de l'occupation du sol au sein de la zone altimétrique montre clairement que nous nous trouvons dans un territoire majoritairement agricole, avec des zones urbanisées mais dispersées comme Le Mans, Alençon, Bonnetable, Mamers, St Cosme en Vairais, Beaumont-sur-Sarthe, Fresnay-sur-Sarthe ou Le Mele-sur-Sarthe.

4.1.2 Bâti et densité de bâti

PERTINENCE DU CRITERE

Les éléments bâtis sous des formes diverses (habitats, activités économiques...) installés dans les vallées représentent la grande majorité des éléments vulnérables. Ce facteur est majeur puisqu'il transcrit une réalité géographique et non pas une éventuelle vulnérabilité comme la densité de population ou la proportion d'habitants en maison individuelle.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Afin de mettre en place ce critère nous avons digitalisé directement depuis le SCAN 25 le bâti. Une vérification a ensuite été faite à partir des orthophotoplans car ils sont plus

récents. Ce travail n'a été réalisé que dans le périmètre de la zone altimétrique déterminée précédemment.

Nous précisons qu'aucune distinction n'a été faite entre le bâti correspondant à de l'habitat individuel ou collectif du bâti lié à des activités économiques et commerciales, puisqu'il ne s'agit pas du but de l'étude.

Etant donné que nous sommes majoritairement en milieu rural le bâti est plutôt dispersé excepté en milieu urbain. Sur la partie Ouest du périmètre du SAGE au sein de la zone altimétrique sur les secteurs du Merdereau, de la Vaudelle, de l'Orthe et de l'Ornette le bâti se concentre essentiellement en tête de bassin contrairement aux autres où il est réparti de façon plus « homogène » sur l'ensemble des vallées. Dans la vallée de la Sarthe il ne semble pas plus dense que dans les vallées affluentes hormis à proximité des agglomérations comme Le Mans et d'Alençon. Une part importante se situe dans la vallée de l'Orne Saosnoise, principalement en raison de sa large étendue.

4.1.3 Densité de la population

PERTINENCE DU CRITERE

La densité communale qui correspond au nombre d'habitant par km² sur une commune est un indicateur de vulnérabilité. Plus une commune est dense et plus le nombre de personnes concernées par le risque inondation est important sur une même superficie.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

La densité a été estimée d'après le nombre d'habitants en 1999 par commune. On constate deux secteurs de concentration de la population qui dépassent les 150 habitants/km². L'un sur Alençon et l'autre sur Le Mans, qui sont les plus grosses villes dans le périmètre du SAGE. Sinon majoritairement la densité n'excède pas 55 habitants/km² et la vallée de la Sarthe n'est pas particulièrement plus dense que les vallées affluentes sauf en partie aval et à proximité des deux grandes agglomérations.

4.1.4 Proportion d'habitants en maison individuelle

PERTINENCE DU CRITERE

L'habitat en maison individuelle est un indicateur de vulnérabilité, car pour un même espace sensible, les maisons individuelles voient leurs occupants et leurs biens soumis à un risque plus grand que ceux en habitat collectif.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Sur le bassin du SAGE dans une très grande majorité des communes plus de 90% de la population réside en maison individuelle. Ceci s'explique par le côté rural du bassin. Sinon d'une manière générale les communes à plus forte densité ont une part moins importante au détriment de l'habitat collectif, puisqu'il s'agit essentiellement de milieu urbain comme Le Mans et Alençon.

Toutefois on remarque que certaines communes conjuguent à la fois une forte densité et une proportion d'habitants en maison individuelle élevée. Il s'agit notamment de Le Melesur-Sarthe, Conthe-sur-Sarthe, St Germain du Corbeis, Bourg-le-Roi, Ste Jamme-sur-Sarthe, La Milesse, La Chapelle St Aubin, St Pavace, Sarge Les Le Mans. On peut donc penser qu'il s'agit essentiellement d'un habitat pavillonnaire et on peut qualifier ces espaces de périurbain ou rurbain.

D'une manière générale, les espaces périurbains à forte densité pavillonnaire sont plus sensibles au développement de la vulnérabilité et sont donc à surveiller.

4.2 CRITERES LIES A L'EVOLUTION POTENTIELLE DE LA VULNERABILITE

4.2.1 Présence d'un PPRi

PERTINENCE DU CRITERE

Le plan de prévention au risque inondation est un outil majeur pour éviter l'aggravation de la vulnérabilité sur les zones inondables. Mais il n'est toutefois pas une garantie pour la préservation des champs d'expansion de crue en raison des politiques en matière d'aménagement du territoire.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Les communes couvertes par un PPRi dans le périmètre du SAGE sont toutes celles traversées par la rivière Sarthe en aval de la confluence avec l'Hoëne. On peut supposer que les PPRi concernent principalement ce cours d'eau et conclure sans trop s'égarer qu'il n'y a pas de PPRi concernant les principaux affluents de la Sarthe.

4.2.2 Evolution de la population

PERTINENCE DU CRITERE

Comme nous l'avons vu auparavant le nombre d'habitants est un facteur déterminant en terme de vulnérabilité. La croissance de la population est alors un indicateur primordial d'une augmentation potentielle de la vulnérabilité.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Sur l'ensemble du périmètre du SAGE, l'évolution de la population est disparate et il ne se dégage pas réellement de zone d'évolution, hormis dans la partie Ouest où il a une diminution dans les bassins de l'Orthe et de la Vaudelle. Globalement l'accroissement est modéré (entre 0 et 6%), hormis dans la partie Nord pour les communes de Cuissai, Cerise, Panon, Vidai et Le Chalange où elle est très forte (de 32 et 56%).

4.2.3 Evolution du nombre d'habitants en maison individuelle

PERTINENCE DU CRITERE

L'objectif est de comparer le taux d'habitants en maison individuelle pour les résidences principales datant d'avant 1982 et ce même taux pour les résidences construites à partir de 1982.

L'intérêt est d'estimer le phénomène de dédensification à travers l'augmentation de la part des habitants en maison individuelle selon leur date de construction. Le postulat de départ est que ce phénomène de développement des maisons, notamment à travers les lotissements récents (après 1982) est la cause dans de nombreuses communes nationales, d'une croissance de la vulnérabilité. Ainsi au sein d'une commune, cette vulnérabilité peut augmenter sans même que la population et donc la densité communale ne varie.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Seulement quatre communes sont concernées par les valeurs les plus fortes. Il s'agit de Le Mele-sur-Sarthe, d'Alençon, de Beaumont-sur-Sarthe et de Coulaines. Sinon d'une manière générale le rapport entre le taux d'habitants en maison individuelle pour les résidences principales datant d'avant 1982 et celui datant d'après 1982 est modeste, mais la tendance évolue tout de même vers un accroissement des logements en maison individuelle.

4.3 CRITERES LIES A L'EVOLUTION DES FACTEURS DE CRUE

4.3.1 Evolution des surfaces imperméables

PERTINENCE DU CRITERE

Comme nous l'avons déjà dit ultérieurement ces surfaces accentuent les ruissellements en empêchant toute infiltration dans le sol, favorisant ainsi l'augmentation des débits des cours d'eau et le risque inondation.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Pour mettre en œuvre ce critère nous avons utilisé les données d'occupation du sol de CORINE land cover pour les années 1990 et 2000. Nous nous sommes intéressés aux types suivants pour chaque sous-bassin :

- Zones urbanisées
- Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication
- Mines, décharges et chantiers
- Espaces verts artificialisés, non agricoles

Dans le périmètre du SAGE, les plus fortes évolutions (+20%) sont sur les bassins du Merdereau, le Rosay Nord et la Sarthe de la Bienne à l'Orthon et dans une moindre mesure sur la Sarthe de l'Orne Saosnoise à l'Antonnière, la Vésone et l'Hoëne. Sinon elles sont plus modérées sur le reste de la zone.

4.3.2 Evolution des surfaces toujours en herbe

PERTINENCE DU CRITERE

L'évolution des surfaces toujours en herbe, en modifiant la couverture du sol peut changer l'importance du ruissellement. Ainsi en cas de baisse massive des STH, on peut craindre une aggravation de la génération des crues.

PERTINENCE DU CRITERE

Afin de déterminer l'évolution entre 1988 et 2000, qui correspondent aux deux dernières années du recensement agricole, nous avons utilisé la même démarche que pour estimer la part des STH dans chaque bassin versant. Nous avons établi la superficie des STH par zone hydrographique en faisant un ratio en fonction des superficies communales dans chaque bassin. L'évolution a ensuite été évaluée au niveau des bassins.

Au sein du périmètre du SAGE, on s'aperçoit que tous les bassins versants sont concernés par une sensible voire très forte diminution des surfaces toujours en herbe. Le secteur de la Vaudelle a perdu la moitié de ses STH entre 1988 et 2000 et les bassins de l'Ornette, du Merdereau, de l'Orthe, de l'Orne Saosnoise amont et de la Sarthe de l'Orne Saosnoise à l'Antonnière entre 40 et 45%.

4.3.3 Evolution des terres labourables

PERTINENCE DU CRITERE

L'évolution des terres labourées, en modifiant la couverture du sol, peut entraîner une transformation du système de ruissellement. Ainsi en cas de hausse massive de ces espaces on peut craindre une aggravation de la génération des crues.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Pour pouvoir comparer les critères en eux nous avons eu recours à la même méthodologie que pour calculer l'évolution des STH.

Dans le bassin de la Sarthe Amont on note une augmentation des terres labourables sur l'ensemble des bassins versants. Le constat est cependant à nuancer entre des bassins comme la Vésone, Dive, Sarthe de l'Orne Saosnoise au Mans où l'évolution n'excède pas 7%, contrairement à d'autres où elle se situe entre 20 et 30% tels que sur la Sarthe à sa source, le Sarthon et le Merdereau.

Les forts accroissements de terres labourables se situent toutefois dans les territoires de l'Orthe, la Vaudelle, l'Ornette et la Sarthe de la Pervenche à la Vésone.

4.3.4 Evolution des surfaces drainées

PERTINENCE DU CRITERE

L'évolution du drainage peut conduire à une forte augmentation des écoulements et à un dépassement du seuil de capacité « de circulation » dans le lit mineur des cours d'eau, aboutissant ainsi à des débordements.

Comme nous l'avons déjà signalé, les influences du drainage sur les crues sont complexes et la prise en compte de ce critère doit être modérée.

METHODE & DESCRIPTION DES RESULTATS

Comme pour les facteurs précédents nous avons mis en place la même démarche pour estimer cette évolution.

Au sein du périmètre du SAGE on note des évolutions plus ou moins marquées entre les bassins. Elle est très forte sur les territoires du Rosay Nord, de la Dive et de la Sarthe de l'Orthe à la Bienne, puisqu'elle varie entre 65 et 97% contrairement au Sarthon, à la Longuève ou à la Sarthe de la Vésone à la Briante car elle ne dépasse pas 15%.

4.4 POTENTIALITES DE VULNERABILITE

4.4.1 Vulnérabilité potentielle

D'une manière générale sur l'ensemble du bassin du SAGE, la vulnérabilité potentielle est modeste, essentiellement en raison du caractère rural du territoire. Néanmoins cette affirmation est à moduler selon les espaces d'où l'intérêt que représente l'analyse multicritère dans une approche de classification et de hiérarchisation.

Les vulnérabilités les plus importantes se situent dans la vallée de la Sarthe au sein des principales communes : Le Mans, Alençon, Le Mele-sur-Sarthe et Fresnay-sur-Sarthe. Ceci est dû principalement à l'occupation du sol étant donné que l'on est en milieu urbain avec une présence de bâti et une densité plus importantes.

Hors vallée de la Sarthe, la zone vulnérable la plus vaste est sur la commune de Mamers car c'est une commune urbaine, à forte densité. Les facteurs sont les mêmes que pour les agglomérations citées précédemment. Sinon d'autres zones vulnérables majeures sont sur la Vésone, la Vandré, le ruisseau de la Croix, le Londeau, la Briante, le Sarthon, la Vilette, l'Orthon, la Longuève, l'Antonnière. Leur dispersion s'explique par le caractère rural des territoires. Mais elles correspondent généralement à une traversée des cours d'eau sur une partie des communes où la densité de bâti est plus importante. Le phénomène est renforcé en raison d'une part très importante voire totale de la proportion d'habitants résidant un maison individuelle.

Si l'on s'intéresse aux affluents qui présentent les risques les plus importants, il s'agit d'une part de l'Orne Saosnoise dans sa partie aval et la Briante avant son arrivée sur Alençon. Les vulnérabilités potentielles restent toutefois moyennes.

Le risque présenté par ce premier cours d'eau est relatif à la largeur de son lit majeur en partie aval. Il s'agit d'un milieu peu encaissé, de pente douce et où la rivière est composée de nombreux tressages.

La Briante avant de s'écouler dans la rivière Sarthe et d'arriver à Alençon traverse des communes fortement peuplées et qui forment « la couronne périurbaine » de l'agglomération. Malgré l'encaissement du cours d'eau qui lui confère un lit majeur plus étroit c'est essentiellement le côté « urbain » du territoire qui explique cette vulnérabilité plus importante que sur les autres affluents du bassin de la Sarthe amont.

Ces propos doivent être modérés puisque nous n'avons pas tenu compte des aménagements de protection qui peuvent exister sur le bassin. Des secteurs peuvent donc être moins vulnérables localement.

4.4.2 Facteurs d'évolution de la vulnérabilité potentielle

L'implication d'une dizaine de bassins versants dans le phénomène de génération de crue va plus évoluer mais de manière modérée par rapport aux autres en raison de la modification de l'occupation du sol. Ceci est relatif à la fois en raison de l'augmentation des surfaces imperméables, des terres labourées et des surfaces drainées et à la diminution des surfaces boisées et des surfaces toujours en herbe. Il s'agit des zones hydrographiques suivantes :

- Sarthe de la pervenche à la Vésone
- Ornette
- Vaudelle
- Merdereau
- Orthe
- Sarthe de l'Orthe à la Bienne
- Rosay Nord
- Sarthe de la Bienne à l'Orthon
- Dive
- Sarthe de l'Orne Saosnoise à l'Antonnière

Cette évolution ne permet pas de dire si ces bassins auront plus d'impacts au final que les autres, mais ils peuvent avoir un rôle plus important sans pour autant être les principaux bassins générateurs de crue, sauf pour les bassins de l'Ornette, Vaudelle, Merdereau et Orthe. Ceux-ci ont déjà été identifiés comme étant générateur de crue. Le bassin de la Dive qui conflue en amont avec le bassin aval de l'Orne Saosnoise qui a été identifié comme potentiellement générateur de crue peut renforcer plus nettement son implication.

On précise que cette estimation de l'évolution des bassins générateurs de crue ne prend en compte que des critères pour lesquels nous pouvons plus facilement appréhender leur évolution. Ces sont des facteurs que l'on peut qualifier « d'anthropiques ». Nous n'avons pas pris en compte ceux étant liés à la morphologie du bassin et à l'hydrologie. Leur évolution est nettement plus difficile et sensible à évaluer.

Cette observation est à considérer avec précaution puisque l'on a vu précédemment que ces facteurs ont une implication moindre par rapport aux critères « géomorphologiques et hydrologiques ».

Concernant la vulnérabilité on constate que d'une manière générale l'évolution est modérée et très localisée. Il ne se dégage pas de secteur où l'augmentation de cette vulnérabilité potentielle est nettement plus importante.

Si l'on recoupe la vulnérabilité potentielle qui a été estimée auparavant avec son évolution potentielle on s'aperçoit d'après la carte 5.1 que majoritairement la vulnérabilité modeste sur l'ensemble du territoire va évoluer faiblement à la fois dans la vallée de la Sarthe et dans celles de ses affluents. Cependant cette remarque est à nuancer localement.

Les espaces où les facteurs d'indication de l'évolution indiquent les changements les plus importants en terme de superficie sont ceux qui ont une vulnérabilité moyennement élevée mais pour laquelle l'évolution est moyennement faible. Elles se situent principalement dans la vallée de la Sarthe en partie aval sur les bassins de la Sarthe de la Bienne à l'Orthon et de la Sarthe de la confluence avec l'Orne Saosnoise au Mans. Sur les affluents le constat est identique notamment en tête de bassin sur l'Ornette, l'Orthe, la Dive, la Tanche et à l'aval sur l'Orne Saosnoise.

De façon très localisée, les territoires sous l'influence des facteurs où la vulnérabilité potentiellement moyenne évolue moyennement sont modestes et se trouvent majoritairement dans la vallée de la Sarthe sur les communes de St Christophe du Jambet et de Beaumont-sur-Sarthe. Au niveau des affluents elles se situent en tête de bassin sur l'Ornette et en aval de la Dive à Monce-en-Saosnois.

En se penchant sur les portions d'espaces où la vulnérabilité potentielle est élevée on distingue trois types d'évolution en fonction de nos critères. Elle est faible sur les communes de Le Mele-sur-Sarthe, d'Alençon, St Germain du Corbeis, Fresnay-sur-Sarthe et le Mans dans la vallée de la Sarthe et sur les affluents comme le Gandelee, l'Antonnière, l'Ile Ombron, l'Orthon, la Vilette, le Betz, le Londeau, la Vandre et l'Hoëne.

Elle est moyennement faible dans la vallée de la Sarthe de manière restreinte à Alençon et sur la Vésone, la Briante à Alençon, le Sarthon et à Mamers sur la Dive.

Dans la vallée de la Sarthe sur une petite portion du territoire des communes de Beaumont-sur-Sarthe et de Maresche l'évolution est moyenne.

Sur l'ensemble du périmètre du SAGE on ne rencontre aucun espace où la vulnérabilité risque d'évoluer fortement, elle reste modérée et elle évolue de façon plus modeste sur l'ensemble des affluents que dans la vallée de la Sarthe. Néanmoins certains se distinguent puisqu'ils présentent des risques « potentiellement plus importants » que les autres. Il s'agit de l'Orne Saosnoise, la Dive, l'Ornette, la Briante et la Vésone.

5 TABLEAU DES CRITERES & PONDERATION

Le tableau suivant récapitule tous les critères retenus étape par étape et présente la pondération entre chaque classe d'information pour un même facteur et entre les facteurs eux-mêmes.

ETAPE	CRITERES	PONDE- RATION	INDICE DE PONDERATION DE POTENTIALITE DE L'EXPANSION DE CRUE						Intervalle
			Nulle	Défavorable			Favorable		
			0	1	2	5	10	20	
HIERARCHISATION BASSINS GENERATEURS DE CRUE	pente longitudinale des cours d'eau	3		0 à 0.001	0.001 à 0.005	0.005 à 0.013	0.013 à 0.020	0.20 à 0.024	[... à ...[
	densité du réseau hydrographique (km.km ²)	3		0.21 à 0.35	0.35 à 0.6	0.6 à 0.85	0.85 à 0.98	0.98 à 1.12	[... à ...[
	energie du bassin	3		0.006 à 0.009	0.009 à 0.013	0.013 à 0.02	0.02 à 0.028	0.028 à 0.038	[... à ...[
	allongement bassin	3		2.5 à 3.1	2.1 à 2.5	1.9 à 2.1	1.4 à 1.9	0 à 1.4	[... à ...[
	perméabilité couches géologiques	5		q3, q2	j3, j2	e2g, j1, o, k, b2	e2, c1, s	c2	
	densité du réseau faillé (km.km ²)	2		0.22 à 0.39	0.12 à 0.22	0.05 à 0.12	0.01 à 0.05	0 à 0.01	[... à ...[
	pluviométrie (moyenne annuelle)	5		660 à 680	680 à 750	750 à 790	790 à 850	850 à 870	[... à ...[
	débits de crue (Q10 et Q10/A)	5		Non évalué	5.2 à 11.3	11.3 à 15	15 à 17.4	17.4 à 47	[... à ...[
	surfaces imperméabilisées (%)	1		0 à 1	1 à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 44	[... à ...[
	surfaces boisées (%)	1		20 à 30	15 à 20	10 à 15	5 à 10	0 à 5	[... à ...[
	terres labourables (%)	1		20 à 30	30 à 35	35 à 45	45 à 55	55 à 65	[... à ...[
	surfaces toujours en herbe (%)	1		30 à 40	25 à 30	20 à 25	15 à 20	10 à 15	[... à ...[
	surfaces drainées (%)	1		0 à 5	5 à 8.5	8.5 à 11	11 à 15	15 à 22	[... à ...[
	communes remembrées (%)	2		4 à 30	30 à 50	50 à 60	60 à 80	80 à 88	[... à ...[
recalibrage des cours d'eau (%)	3		0			30 à 50	50 à 100	[... à ...[

POTENTIALITES EXPANSION DE CRUE	zone altimétrie relative au cours d'eau	1	>10m					<=10m	
	formations alluviales et colluviales	6	LP		F, Fv	Fw, Fx, AC, C	Fy	Fz, Fyz	
	pente (%)	5	0	>10	5.5 à 10	2.5 à 5.5	1 à 2.5	0 à 1.5	[... à ...[
	zone humide	3					probabilité moyenne	probabilité forte	
	points de resserrement latéral des vallées	1	absence					présence	
VULNERABILITE POTENTIELLE	type d'occupation du sol (2000)	3		13 ; 32 à 52	14 ; 31	21 à 24	122	11 ; 121 ; 123 ; 124	
	bâti et densité du bâti	5	absence					présence	
	densité de population (hab/km ² en 1999)	1		0 à 25	25 à 55	55 à 90	90 à 150	150 à 2900	[... à ...[
	proportion d'habitants en maison individuelle (% en 1999)	1		38 à 75	75 à 85	85 à 90	90 à 95	95 à 100	[... à ...[
EVOLUTION VULNE- RABILITE	présence d'un PPRI	1	oui					non	
	évolution de la population (% 1990-1999)	3	-35 à 0	0 à 6	6 à 13	13 à 22	22 à 32	32 à 56	[... à ...[
	comparaison nombre d'habitants en maison individuelle avant 82	2		<0.9	0.9 à 1	1 à 1.05	1.05 à 1.2	>1.2	[... à ...[
EVOLUTION FACTEURS CRUES	imperméabilisation des surfaces (% 1990-2000)	1		0 à 1	1 à 6	6 à 11	11 à 20	20 à 27	[... à ...[
	évolution des surfaces toujours en herbe (% 1988-2000)	1		-25 à -15	-35 à -25	-40 à -35	-45 à -40	-51 à -45	[... à ...[
	évolution des terres labourées (% 1988-2000)	1		2 à 7	7 à 11	11 à 20	20 à 30	30 à 41	[... à ...[
	évolution surfaces drainées (% 1988-2000)	1		7 à 15	15 à 30	30 à 45	45 à 65	65 à 97	[... à ...[

Tableau 3 : Classification et pondération des critères étape par étape

6 ANALYSE DES POTENTIALITES DE PRESERVATION ET DE GESTION DES ZONES D'EXPANSION DE CRUES

6.1 OBJECTIF

L'objet de ce chapitre est de présenter les principes d'action envisageables pour gérer au mieux les phénomènes d'expansion de crue. Le concept que le SAGE souhaite promouvoir est celui du ralentissement dynamique. Le principe est de freiner les écoulements de crue et mobiliser les capacités d'amortissement, en respectant les différents équilibres dynamiques de l'hydrosystème : hydrodynamique sédimentaire, qualité des habitats biologiques, équilibre avec les nappes. Le concept du ralentissement dynamique est décrit dans l'ouvrage du Cemagref « *Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations* » dont on s'inspire largement ici. La stratégie peut s'articuler autour des trois idées suivantes :

- ralentir les eaux s'écoulant sur les versants,
- atténuer leur propagation dans les cours d'eau,
- favoriser ou restaurer la connexion avec le lit majeur : dérivation et étalement des écoulements, augmentation des infiltrations vers les nappes.

La stratégie analysée conformément au cahier des charges de l'étude consiste donc à favoriser les actions douces et diffuses, plutôt que la mise en place d'ouvrages lourds.

On évoque ci-après les types d'actions qui peuvent être envisagées pour répondre à l'objectif de prévention des inondations dommageables en zones vulnérables. Mais cette étude a évidemment ses limites : sans outil mathématique permettant de les simuler à l'échelle du bassin de la Sarthe amont, elle ne peut prétendre quantifier les effets de ces actions, ni les risques éventuels liés à des modifications de concomitance. Les seuils d'efficacités peuvent dépendre du contexte hydrographique local, de la morphologie de la vallée, des caractéristiques de l'ouvrage. Pour cette raison, nous préférons dans les paragraphes suivants relier l'efficacité des types d'actions évoqués ci-après à des types de crue (fréquente, moyenne, rare, exceptionnelle), plutôt qu'à des périodes de retour quantifiées ; ces types de crues peuvent être définis comme suit⁷ :

- crue fréquente : période de retour inférieure à 2 ans,
- crue moyenne : période de retour de l'ordre de 2 à 10 ans,
- crue rare : période de retour de l'ordre de 10 à 100 ans,
- crue exceptionnelle : période de retour supérieure à 100 ans.

Les éléments ci-après sont issus d'études ou de retour d'expérience sur d'autres bassins, mais la plus grande prudence doit toujours être observée quant à leur transposition, chaque bassin versant ayant ses spécificités.

On distingue ci-après les actions intervenant essentiellement sur le lit mineur, celles mobilisant le lit majeur, et aussi celles sur les versants dont le rôle peut être significatif.

⁷ Cemagref : *Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations*. 2004

6.2 ACTIONS CONCERNANT LE LIT MINEUR

6.2.1 Actions possibles

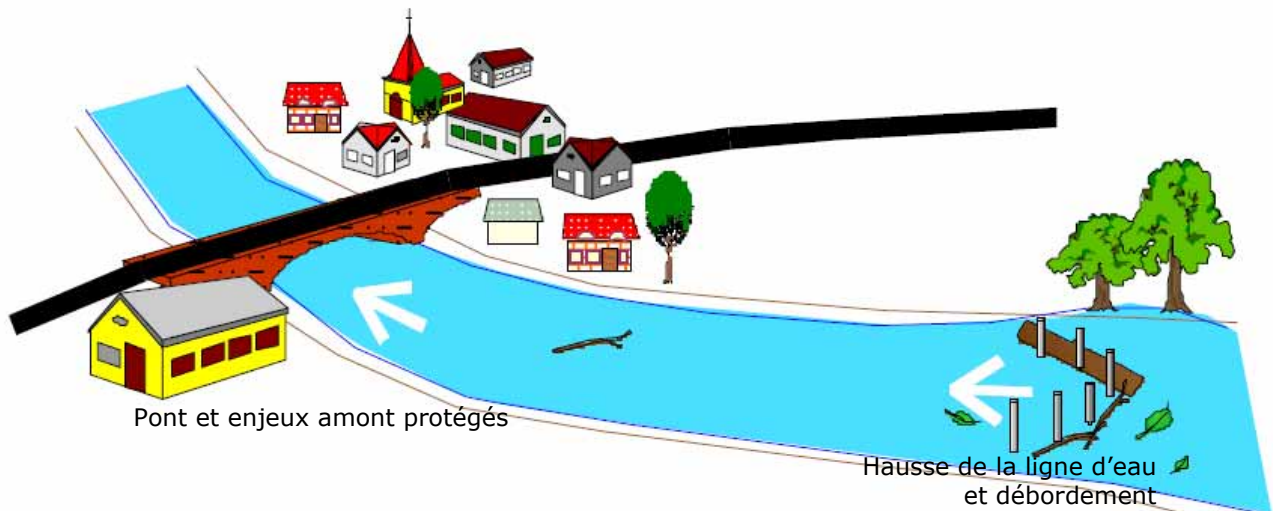
De nombreux petits cours d'eau ont fait l'objet de profondes modifications dans le passé, à l'occasion notamment d'opérations de remembrements, ou d'assainissements agricoles. Ces opérations ont été accompagnées de divers types de travaux visant à favoriser l'évacuation des eaux : recalibrage, rescindement, curage. En augmentant la capacité de transport du lit mineur, ces opérations ont réduit les fréquences de débordement.

Pour favoriser à nouveau les débordements pour les crues courantes ou moyennes, dans les secteurs où cela est possible sans porter atteinte à des enjeux vulnérables, les actions suivantes peuvent être préconisées :

- Renaturation, diversification des écoulements, recharge du lit en matériaux, réduction de la section d'écoulement ; il peut s'agir par exemple d'opérations de reméandrement de cours d'eau, dans des secteurs où celui-ci a été rectifié : le but est de redonner au cours d'eau son ancien tracé sinueux, dont les traces sont parfois bien visibles sur les photos aériennes : cas notamment du site C4 sur la Vézone, ainsi que du site D2 sur la Briante. Des actions de recharge du lit en matériaux, dans des cours d'eau fortement incisés, constituent également un moyen de renaturation avec réduction de la section d'écoulement, favorisant ainsi les débordements,
- arasements ponctuels de bourrelets de berges : ces bourrelets contribuent à favoriser l'écoulement dans le lit mineur ; des arasements locaux permettront de mobiliser le lit majeur plus tôt et plus fréquemment,
- maintien des atterrissements et de la végétation aquatique, qui contribuent à maintenir une certaine rugosité, et qui participent à l'équilibre général de l'hydrosystème,
- implantation ou renforcement de ripisylve, qui a pour effet d'augmenter la rugosité, voire de réduire la section d'écoulement, et donc de favoriser les débordements,
- gestion optimale des embâcles, avec la mise en place de pièges (pieux battus dans le lit, ou chaînes tendues en travers), qui en interceptant les flottants créeront un effet de bouchon favorisant localement les débordements. Le choix des sites d'implantation de ces dispositifs est à faire avec précautions, compte tenu des risques qui peuvent leur être associés : risque d'érosions de berges, risques de ruptures. Judicieusement placés, ils peuvent constituer un moyen de protéger un ouvrage situé plus en aval.



Ripisylve sur l'Orne Saosnoise



Fonctionnement d'un piège à embâcles

(Source : Cemagref : DIES IRAE, Diagnostic des effets d'une stratégie intégrée de ralentissement dynamique des écoulements sur le régime des crues)

6.2.2 Effets sur les crues

D'une manière générale, ces actions ont un effet de ralentissement sur les crues fréquentes, pas ou peu débordantes. En améliorant la connexion entre lit mineur et lit majeur, elles permettent leur écrêtement. Ces effets seront essentiellement locaux, à l'amont et à l'aval des secteurs où elles seront localisées.

A l'amont, ces actions se traduiront par un exhaussement du niveau d'eau, sur un linéaire variable en fonction de leur ampleur et aussi de la morphologie du cours d'eau et de la vallée.

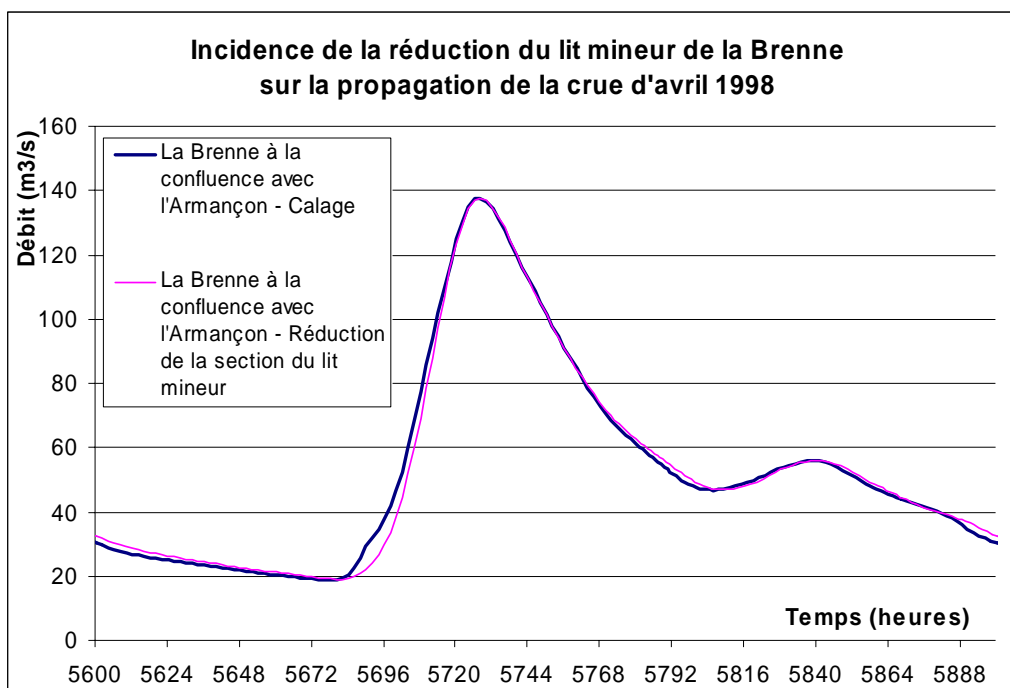
Les débordements qui en résulteront se traduiront sur l'aval immédiat par une baisse de niveau, là aussi très variable en fonction des cas.

En revanche, pour les crues rares ou exceptionnelles se traduisant déjà dans l'état actuel par des débordements généralisés, sollicitant donc déjà largement le lit majeur, ce type d'action n'apparaît pas de nature, seul, à introduire des gains significatifs.

Ce type d'action a été simulé dans le bassin de l'Armançon (départements 89 et 21) dans le cadre de *l'étude de la dynamique fluviale et des potentialités de régulation hydrologique de l'Armançon* (SIRTRAVA, Hydratec/Malavoi, 2006)

Des actions de ce type peuvent cependant être intéressantes à combiner avec certains aménagements en lit majeur évoqués dans le paragraphe suivant, de sorte à obtenir un ralentissement global de l'écoulement, par augmentation de la rugosité à la fois sur le lit mineur (par renforcement de la ripisylve par exemple) et le lit majeur (haies transversales, couvert végétal).

Une réduction d'un tiers de la section du lit mineur a été simulée sur un affluent de l'Armançon : la Brenne (bassin versant de 750 km²), pour une crue de période de retour 30 ans environ. Le test de réduction de section porte sur un linéaire de 20 km environ, jusqu'à la confluence. La figure ci-dessous donne les hydrogrammes à l'aval résultant des simulations avec et sans la réduction de section.



**Test d'une réduction du lit mineur de la Brenne (Côte d'Or),
crue 30 ans**

On observe un retard à la montée de la crue de quelques heures, ce retard est bien dû à la mobilisation anticipée du lit majeur du fait de la réduction de section. Mais ce décalage s'amenuise au fur et à mesure que le débit augmente, et on n'observe plus aucun effet sur la pointe de la crue, où le lit majeur est alors largement sollicité.

6.2.3 Exemples

Les exemples d'aménagements suivants peuvent être cités :

Travaux de reméandrements sur le Drugeon (affluent du Doubs) à Bonnevaux (25), en 1997. Cette opération est présentée dans un dossier de retours d'expérience d'opérations de restauration de cours d'eau de l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse⁸. Les travaux ont consisté à reprendre les anciens méandres du cours d'eau, qui étaient encore bien visibles, avec comblement total du tracé rectiligne. L'objectif de l'opération était la restauration du cours d'eau, et non la lutte contre les inondations ; le dossier RMC mentionne seulement l'amélioration de la capacité d'écrêtement des crues sur les secteurs reméandrés. Cette expérience permet cependant d'avoir des éléments de coût.

⁸ Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse : *Retour d'expérience d'opérations de restauration de cours d'eau et de leurs annexes, menées sur le bassin RMC, Biotec/Malavoi*, juin 2006.



Tracé du Drugeon avant (violet) et après restauration (bleu)

Source : Agence de l'Eau RMC : *retour d'expérience d'opérations de restauration de cours d'eau et de leurs annexes*. Biotec/Malavoi

Travaux de reméandremments sur le Colostre (affluent du Verdon), Alpes de Hautes-Provence. Cette opération est également présentée dans le dossier RMC. Les travaux ont consisté en la réhabilitation d'anciens méandres sur environ 10 km. Là aussi l'objectif de l'opération était la restauration du cours d'eau, et les impacts sur la dynamique des crues n'ont pas été évalués. A noter qu'ici le chenal rectiligne n'a pas été comblé. L'intérêt de cet exemple, comme le précédent, est de fournir des éléments de coûts.

6.2.4 Cas des barrages en lit mineur

Les barrages de relèvement des niveaux d'eau dans les rivières sont souvent perçus comme des ouvrages contribuant au ralentissement des crues. Ces ouvrages, généralement d'une hauteur de l'ordre de 1 ou 2 mètres ont généralement été construits pour l'usage de la force hydraulique ou pour les prélèvements destinés à l'irrigation.

Le relèvement du plan d'eau à l'amont de l'ouvrage pour les débits ordinaires se traduit par un abaissement des vitesses d'écoulement. Pour les crues courantes, se produisant une ou plusieurs fois par an (crues fréquentes), ces ouvrages contribuent ainsi à ralentir leur propagation. Toutefois, lorsque le débit augmente, la chute d'eau ou *perte de charge* due à l'ouvrage diminue, et l'effet de ralentissement s'amenuise. Pour les crues rares ou exceptionnelles, susceptibles d'être dommageables, ces ouvrages sont généralement noyés ; on n'observe plus de dénivellation marquée du niveau d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage, ce qui signifie que l'ouvrage ne joue alors aucun rôle sur la propagation de la crue : l'écoulement à l'amont n'est plus freiné.

L'effet des barrages sur les écoulements de crue s'apparente ainsi à celui des autres aménagements en lit mineur précédemment évoqués. Cependant, ces ouvrages présentent l'inconvénient de modifier profondément le milieu aquatique pour les écoulements ordinaires : discontinuité de la ligne d'eau, cloisonnement piscicole, écoulement lentique au lieu de lotique, entraînant une élévation de température et une baisse de l'autoépuration, et au final une diminution de la qualité du milieu aquatique. Au-delà du maintien des usages actuels liés aux ouvrages existants, la création ou la reconstitution de nouveaux ouvrages de ce type n'apparaît pas comme une solution efficace pour l'expansion des volumes de crues, et ne serait par ailleurs pas opportune compte tenu des objectifs de la directive cadre sur l'eau qui visent notamment à atteindre le bon état écologique des cours d'eau à l'horizon 2015.

6.3 ACTIONS DANS LE LIT MAJEUR

On a vu dans le paragraphe précédent que les actions sur le lit mineur ont un effet limité aux petites crues, et ne sont pas de nature à modifier la dynamique des crues plus rares et dommageables, largement débordantes, ce qui conduit à envisager les actions possibles dans le lit majeur.

6.3.1 Végétation dans le lit majeur

Il est possible de jouer sur la nature et la densité de la végétation du lit majeur pour ajuster sa rugosité et donc accélérer ou ralentir les écoulements de crue. Ceci peut être envisagé près du lit mineur, là où les débordements sont les plus fréquents, mais également sur des surfaces plus importantes pour les crues fortes (Cemagref, rapport DIES IRAE).

Des parcelles cultivées sans couverture végétale (période d'interculture, ou culture non levée) offrent peu de résistance à l'écoulement en lit majeur. A l'inverse, des terrains fortement végétalisés (bois, taillis, ...), avec des coefficients de Strickler 2 ou 3 fois plus faibles, vont freiner les écoulements, entraînant une surélévation du niveau d'eau, et donc une expansion un peu plus forte. De plus la présence de végétation favorise l'infiltration. S'il s'agit d'un espace boisé, l'évapotranspiration peut contribuer à réduire les effets des crues (par exemple : 1 hectare de peupleraie consomme 30 à 40 m³ d'eau par jour)

6.3.2 Petits obstacles transverses

Des obstacles transversaux à la vallée, constitués de haies plutôt denses, de talus, de fossés, ou d'une combinaison de ces trois éléments, sont de nature à constituer un frein aux écoulements dans le lit majeur lorsque celui-ci contribue à leurs propagations, et donc à favoriser le stockage de l'eau. Les écoulements étant freinés, les hauteurs de submersion augmentent, ainsi que la durée d'inondation ; ce phénomène favorise donc aussi les infiltrations vers les nappes souterraines, selon la perméabilité des sols, ce qui contribue à atténuer le volume de la crue transféré vers l'aval.

L'efficacité de ce type de dispositif est difficile à appréhender. Elle dépend fortement de la morphologie de la vallée : plus la part du débit de crue transportée par le lit majeur est élevée, plus l'effet de frein des haies sera important. A l'inverse des précédents, ces aménagements sont de nature à agir sur les crues largement débordantes, fortes à exceptionnelles. Pour qu'une efficacité puisse être ressentie, de tels aménagements doivent évidemment être généralisés à l'échelle du bassin versant considéré, ou du moins d'une grande partie de celui-ci.

Si les conditions favorables à une telle opération sont réunies, comme dans l'exemple cité ci-dessous, alors les pointes de crues peuvent subir un écrêtement significatif, et l'eau atteint alors des niveaux moins élevés au droit des enjeux aval.

La mise en œuvre de ce type d'opération peut être délicate, du fait notamment des contraintes foncières. Elle suppose évidemment l'absence d'enjeux (habitations, ...) dans les zones destinées à être surinondées. La morphologie du bassin versant doit être prise en compte : la mise en œuvre sera plus aisée dans un bassin versant de forme allongée et caractérisé par une vallée principale, que dans un bassin de forme compacte avec une hydrographie très ramifiée.

D'une manière générale, l'augmentation de la couverture végétale va dans le même sens : augmentation de la rugosité, ralentissement des écoulements, et augmentation de l'infiltration.

EXEMPLES :

Le seul exemple concret, avec des estimations chiffrées de gains, trouvé dans le cadre de l'étude se rapporte à la vallée de la Lèze (affluent de l'Ariège, 09 et 31). Le Syndicat Mixte de la Vallée de la Lèze (SMIVAL) porte un programme de lutte contre les inondations incluant un projet d'implantations de haies transversales épaisses, tous les 300 à 500 mètres, couvrant une superficie cumulée de 35 ha. Le projet s'étend sur l'ensemble de la vallée qui draine un bassin versant très longiforme. Selon une modélisation effectuée dans le cadre des études, ce

projet doit permettre d'écrêter d'un tiers le débit centennial. C'est donc une efficacité très forte qui est attendue, et il est important de noter que celle-ci est liée au caractère généralisé du projet. La morphologie du bassin versant caractérisé par une vallée principale sans ramification importante, facilite la mise en œuvre de ce projet.

6.3.3 Remblais routiers ou ferroviaires

L'idée première évoquée au début de ce chapitre est de promouvoir les actions douces et diffuses plutôt que des ouvrages lourds. Cependant, les voies de communication traversent souvent les vallées sur des plateformes en remblai, parfois très élevés ; aussi, à l'occasion d'un projet de nouvelle infrastructure, l'opportunité de concevoir une plateforme en remblai ayant un rôle écrêteur peut-elle être saisie. Cela suppose naturellement l'absence d'enjeu notable dans la cuvette amont.

L'ouvrage aura alors un effet d'écrêtement optimal sur le type de crue pour lequel il est dimensionné.

La plateforme doit alors être conçue comme une digue capable de supporter une hauteur d'eau pouvant atteindre une dizaine de mètres comme dans l'exemple ci-dessous. Pour cette raison, l'utilisation de remblais routiers existants est généralement difficile voire impossible, sauf à mettre en œuvre des adaptations importantes.

Cependant, ce type de solutions n'est pas à envisager comme une compensation à la réduction des zones d'expansion des crues par l'implantation de nouvelles infrastructures. Autant que faire se peut, rappelons-le, la préservation des zones d'expansion des crues naturelles est la priorité numéro 1. Et il serait inopportun de justifier la construction de nouvelles infrastructures lourdes dans le bassin au seul motif de lutter contre les inondations.

EXEMPLES :

Déviations de la RN.26 à L'Aigle (61)

La nouvelle voie franchit la vallée encaissée du Grû, ruisseau affluent de la Risle, par un remblai dont la hauteur atteint environ 12 mètres au dessus du fond de vallée, dont 10 mètres utiles mis à profit pour l'écrêtement des crues. Une retenue sèche est ainsi créée, sollicitée uniquement en période de crue. Les ouvrages comprennent un pertuis de fond qui assure l'écrêtement des crues jusqu'à une période de retour 100 ans, et un déversoir de sécurité qui protège l'infrastructure contre une crue décennennale.

Selon la DDE, une tranche de stockage de hauteur 1 à 3 mètres est sollicitée pour les crues ordinaires. En cas de crue centennale, la superficie inondée à l'amont s'élève à près de 10 ha.



Photographie : DDE - Orne

Franchissement de la vallée du Gru par la déviation de la RN.26 à L'Aigle (Source : DDE.61).

Chemin rural à Saint-Jean-de-Luz : réhaussement du chemin, protections en enrochements, ouvrage de régulation en BA. Stockage 24000 m³.



Source : SETRA / CETE-Méditerranée / CETE Sud-Ouest

6.3.4 Réhabilitations de zones inondables

L'idée est de rouvrir aux inondations des secteurs qui en ont été protégés dans le passé (par exemple pour faciliter les usages agricoles), en aménageant des organes permettant leur remplissage et leur vidange. Le principe peut aussi s'appliquer à d'anciennes gravières.

L'effet local est lié à l'importance relative des volumes en jeu. Il sera optimum pour le type de crue pour lequel le dispositif est défini, s'amenuisant pour les crues supérieures.

EXEMPLES :

La communauté urbaine Valenciennes-Métropole conduit un programme de réhabilitation de trois zones d'expansion de crue sur l'Hogneau, la principale couvre 40 hectares. Les travaux sont en cours.

Le SYMAGE mène un projet de réhabilitation d'une zone d'expansion de crue de 60 ha, répartis en deux casiers, sur le Mamoul (affluent de la Dordogne, département du Lot). L'étude hydraulique du projet est en cours.

On peut aussi citer le projet d'aménagement de la Bassée entre Bray-sur-Seine et Montereau (77), conduit par l'IIBRBS (Institut Interdépartemental des Barrages Réservoirs de la Seine), mais il s'agit là d'un projet de grande envergure visant à remobiliser la vallée de la Seine dans ce secteur, soustraite aux inondations depuis la canalisation à grand gabarit du fleuve pour la navigation. Les enjeux sont la protection de la région parisienne. Ce projet prévoit la mise en œuvre de pompes pour mobiliser les casiers de surstockage.

6.3.5 Micro-retenues

La multiplication de petites retenues sèches de stockage, de 1 à 3 mètres de hauteur, sur le petit chevelu à l'échelle d'un bassin versant pour écrêter les crues, peut être une alternative intéressante à la création d'un grand barrage sur le cours d'eau principal, avec des impacts limités sur les contextes environnemental et socio-économique.

Il peut s'agir de l'aménagement ou du renforcement de petites retenues existantes, en tenant compte de leurs usages actuels (constitution de réserve d'eau, activité économique liée à la retenue...) et/ou de la création de nouveaux ouvrages.

Ce type d'aménagement a un effet de laminage variable selon le type de crue :

- pour le type de crues pour lequel il est conçu, l'effet sera optimal : les apports au droit de l'ouvrage seront écrêtés au débit prévu, entraînant le remplissage de la retenue, qui sera vidangée progressivement sur la base du débit d'écrêtement,
- pour des crues de période de retour inférieure : l'écrêtement sera moindre, voir nul si le débit de crue est inférieur au débit d'écrêtement de l'ouvrage,
- pour des crues de période de retour supérieure, l'écrêtement devient nul à partir du moment où l'ouvrage est plein.

En cas de crue multiple ou de longue durée, l'ouvrage peut également être saturé et avoir pour seul effet de retarder certaines inondations, sans les empêcher.

Cependant différents contre-exemples situés dans le bassin de la Maine (Huisne, Oudon) montrent la difficulté opérationnelle à mettre en place de telles solutions de manière efficace et intégrée.

6.3.6 Plans d'eau existants

Le bassin versant de la Sarthe amont est caractérisé par la présence de nombreux plans d'eau, 6500 dénombrés totalisant une superficie de 9,7 km². L'utilisation des plans d'eau existants en optimisant leur gestion peut s'inscrire dans les actions de ralentissement dynamique.

Cela suppose que ces plans d'eau soient notamment dotés d'ouvrages de fond permettant par exemple de libérer leur réserve (partiellement ou totalement) avant l'arrivée d'un événement météorologique annoncé.

En revanche, la création de nouveaux plans d'eau sur les cours d'eau paraît désormais difficile à envisager, dans la mesure où cela introduirait des altérations supplémentaires sur le fonctionnement hydrologique et écologique du cours d'eau, en opposition avec les objectifs de la directive cadre sur l'eau.

6.4 ACTIONS SUR LES VERSANTS

Les versants ne constituent évidemment pas des zones d'expansion de crue potentielles, toutefois leur gestion peut influencer sur la genèse des ondes de crues. L'objet de ce paragraphe est d'évoquer les actions qui permettent de modérer celles-ci.

Le facteur essentiel dans la formation des ondes de crue est le ruissellement ; l'idée est donc de définir les dispositifs permettant de le freiner et de le réduire.

6.4.1 Occupation des sols et pratiques culturales.

La couverture végétale est un facteur qui permet de limiter le ruissellement, grâce à l'infiltration et aussi l'évapotranspiration, qui est significative notamment en milieu forestier (plusieurs dizaines de m³/ha/jour).

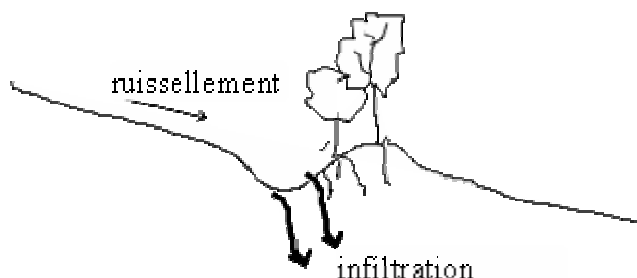
Les sols cultivés sont plus favorables au ruissellement. Pour limiter les ruissellements, les pratiques suivantes sont préconisées :

- exécution des divers travaux (notamment labours, ...) perpendiculairement à la pente,
- limiter les tassements des terrains,
- maintenir les versants abrupts en prairies,
- maintenir un couvert végétal pendant les intercultures longues, augmentation des surfaces toujours en herbes.

6.4.2 Structures transverses légères

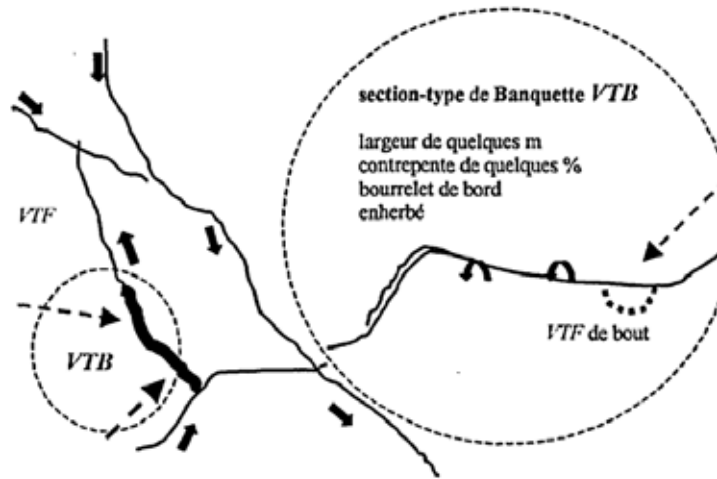
Des petits aménagements, souvent inscrits dans les pratiques locales, constituent des obstacles linéaires interceptant les lignes de ruissellement. Ces dispositifs, par exemple fossés, haies, talus, ou murs soutenant les terrasses, permettent de retarder l'arrivée de l'eau dans les thalwegs. Ces dispositifs limitent également l'érosion en versant, et ont d'autres effets positifs : par exemple l'effet brise vent et la dénitrification associée aux haies, la rétention des pesticides favorisant leur dégradation naturelle dans le cas de banquettes enherbées (CEMAGREF).

Ce type d'aménagement, en interceptant les ruissellements face à la pente, permet d'allonger les temps de parcours, réduire les vitesses, et donc retarder l'évacuation de l'eau vers le thalweg. Comme les précédents, ces aménagements en freinant les écoulements sont aussi de nature à favoriser les infiltrations dans le sol.



6.4.3 Structures transverses lourdes : banquette diffusante

Il s'agit de structures larges de plusieurs mètres, et pouvant être longues de plusieurs dizaines ou centaines de mètres, strictement horizontales en longueur et en légère contre pente en largeur, permettant l'infiltration et la diffusion des écoulements. Elles présentent une emprise importante, mais peuvent éventuellement être cultivées avec précaution. Leur implantation doit être soigneusement étudiée, afin d'éviter les sols déstabilisables par les infiltrations recherchées. Selon le Cemagref, ces structures sont d'un bon rapport coût efficacité.



Source : CEMAGREF, *Aménagements réducteurs des crues en petits bassins versants.*

6.4.4 Chemins forestiers

Les chemins forestiers, notamment dans les massifs au relief marqué, contribuent souvent à la concentration des écoulements. Les préconisations du CEMAGREF pour enrayer ce phénomène sont les suivantes :

- éviter d'ouvrir des chemins en suivant les plus grandes pentes,
- mettre en œuvre des dispositions permettant de disperser les écoulements interceptés par les chemins.

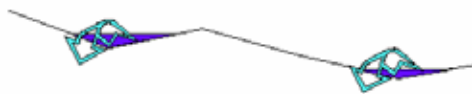
profil en travers :

laisse circuler le ruissellement



profil en long :

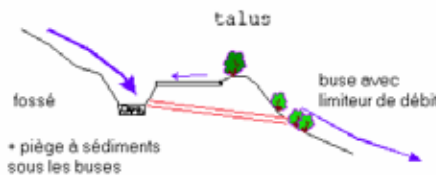
concentre les écoulements en pied des pentes fortes



a) sans disposition adaptée, le chemin peut concentrer les écoulements

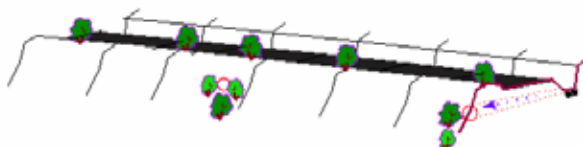
profil en travers :

le ruissellement est intercepté



profil en long :

le trop-plein est évacué par les buses sur une surface empierrée-embroussaillée



b) modifications proposées pour ralentir et disperser les écoulements

Aménagements proposés sur routes et chemins forestiers

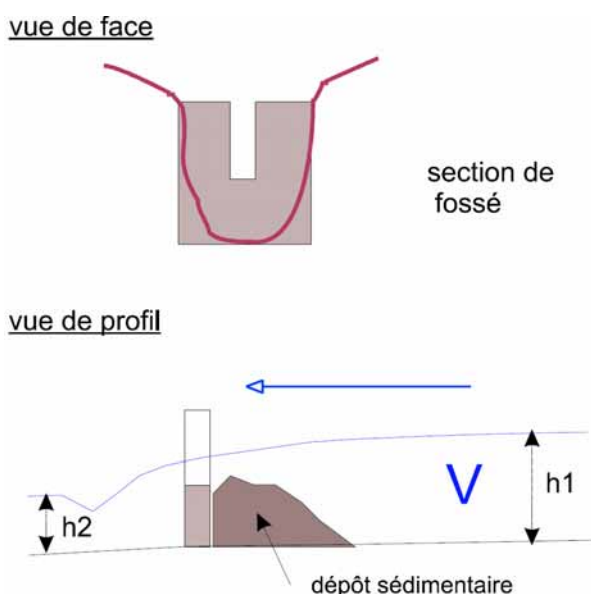
(Source : Cemagref – *Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations*)

6.4.5 Rôle du drainage et utilisation des fossés d'assainissement

L'effet du drainage sur la formation des crues est complexe. Le rabattement de nappe dû aux drains permet au sol sous-jacent d'être disponible pour capter de l'eau de pluie, et d'introduire ainsi un effet tampon, donc retardateur. Mais les drains peuvent aussi avoir pour effet de diminuer l'infiltration vers les nappes profondes, affaiblissant ainsi leur recharge ; dans ce cas les volumes finalement évacués à l'aval des parcelles sont augmentés. A noter toutefois que pour les crues exceptionnelles, les ruissellements de surface sont dominants, et le réseau de drainage n'a alors pas d'influence significative sur le débit en sortie de parcelle.

Toutefois, le drainage est souvent accompagné d'un système d'assainissement constitué de larges et profonds fossés évacuant rapidement l'eau vers l'aval, suivant un parcours plus court que le cheminement originel naturel ; l'onde de crue propagée vers l'aval peut ainsi s'en trouver aggravée, notamment en cas d'épisode exceptionnel saturant les sols.

Souvent, ces fossés d'assainissement, qui sont parfois de petits cours d'eau rescindés et recalibrés, peuvent être mobilisés pour le ralentissement dynamique, en y organisant le rétention de l'eau, en aménageant des passages sous buse sous-dimensionnés ou des dalots-meurtrières : en limitant localement la débitance, on peut ainsi mobiliser le volume disponible dans le fossé.



6.5 EXEMPLE DU BASSIN DU RANCE

Par ailleurs, il y a lieu de citer aussi l'exemple du bassin du Rance (affluent du Tarn, département de l'Aveyron). Il s'agit d'une opération dite « petits bassins versants » dans le cadre d'un contrat de plan état-région associant les syndicats d'aménagement hydraulique de la vallée du Rance, la Région Midi-Pyrénées, et la DIREN. Le bassin versant est d'environ 430 km².

Cette opération associe des actions qui se classent dans les différents types évoqués précédemment :

- aménagements transverses en versant (haies, talus-levées, fossé perché, banquette de diffusion,
- structures de pieds de versant (micro-réservoirs),
- aménagements de micro-talweg en versant (végétalisation, seuils),
- structure mixte versant / lit mineur (bief latéral),
- aménagements de lits mineurs en talweg (limiteurs de débit, seuils, pièges à embâcles,
- aménagements de lits majeurs inondables (fossés « inondrains »).

Cette opération, qui implique des contraintes foncières, était basée sur la mobilisation des riverains, notamment pour ce qui concerne l'entretien des dispositifs situés sur leurs terrains.

Sur ce point, le bilan semble mitigé, d'après le Syndicat du Rance.

D'après le Syndicat du Rance, cette opération n'a pas fait l'objet d'évaluation de l'efficacité sur le ralentissement des crues, qui est du reste un exercice difficile en l'absence de stations de suivis hydrologique sur le bassin versant.

Elle permet cependant d'avoir des éléments de coûts.

6.6 REMARQUES SUR LES BASSINS DE RETENTION D'EAU PLUVIALE

Les bassins de rétention d'eau pluviale ont pour but de remédier aux effets négatifs de l'imperméabilisation induite par l'extension de l'urbanisation.

L'urbanisation et l'imperméabilisation associée se traduisent par une augmentation des ruissellements, qui nécessitent la création par la collectivité de réseaux appropriés pour les évacuer. Ces réseaux sont généralement dimensionnés pour l'évacuation d'un orage décennal.

L'urbanisation a pour effet :

- d'augmenter les volumes ruisselés du fait de l'imperméabilisation et de la réduction de l'infiltration,
- de réduire fortement les temps de concentrations : les eaux ruissellent sur des surfaces et dans des collecteurs peu rugueux, les vitesses sont beaucoup plus élevées qu'en milieu rural, il en résulte des débits de pointes plus élevés et survenant plus tôt.

Les événements générateurs des plus forts débits, pour une période de retour donnée, sont caractérisés par une durée de l'ordre de temps de concentration ; ce sont en général des épisodes pluvieux de type orage d'été.

Lorsque les bassins versants urbanisés ont pour exutoire un petit cours d'eau dont le bassin versant présente une superficie comparable, l'hydrologie de ce cours d'eau s'en trouve profondément modifiée.

La réglementation impose de remédier aux effets de l'imperméabilisation, c'est-à-dire à l'augmentation des volumes de ruissellements qui en résulte :

- à l'échelle communale, les collectivités doivent procéder à la délimitation des secteurs où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et maîtriser le débit et l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellements (article L2224-10 du code général des collectivités territoriales),
- à l'échelle d'un projet d'aménagement soumis aux procédures d'autorisation ou de déclaration prévues aux articles L214-1 et suivants du code de l'environnement, le projet doit s'accompagner de mesures compensatoires des impacts qu'il occasionne.

Ces mesures compensatoires comprennent généralement des bassins de rétention, accompagnés quelques fois de puits d'infiltration. S'il est souvent difficile d'infiltrer les volumes excédentaires, les bassins de rétention permettent à défaut d'étaler dans le temps l'évacuation des volumes ruisselés vers le milieu naturel. Ces ouvrages peuvent avoir différentes formes : bassins de retenue à sec ou en eau, en surface ou enterrés, noues, collecteurs surdimensionnés, chaussées et parkings réservoirs, ... Les bassins versants sont généralement de quelques hectares, et les bassins de rétention présentent une capacité de l'ordre de quelques centaines ou milliers de m³.

En règle générale, ces bassins sont dimensionnés de sorte à ne pas aggraver la situation actuelle en termes d'écoulement, au droit du point de rejet, en général sur la base d'une pluie décennale de quelques heures généralisée sur la zone d'étude.

A l'échelle du bassin versant de la Sarthe, on sait que les fortes crues sont générées par des événements météorologiques de type océanique, caractérisés par une intensité moindre⁹, mais

⁹ L'intensité désignant la quantité de précipitation par unité de temps.

par une durée très longue, ou se succédant à intervalles rapprochés pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois. Les bassins de rétention, communément appelés bassins d'orages, ne sont pas optimisés pour ce type d'événements.

6.7 HIERARCHISATION DES ACTIONS SUR LES ZONES D'EXPANSION DE CRUE POTENTIELLES ET ELEMENTS DE COUTS

6.7.1 Par secteur géographique

Compte tenu de l'analyse effectuée notamment au § 2.5, il ressort a priori deux entités géomorphologiques sur lesquelles il semble intéressant d'envisager l'étude d'actions de ralentissement dynamiques des crues :

- la tête de bassin, correspondant au secteur d'Alençon et son amont, plus préférentiellement les sous bassins de rive droite de Sarthe qui sont a priori plus producteurs car plus arrosés, les principaux étant la Tanche, la Vézone, la Briante, le ruisseau de Cuissai, et même le Sarthon,
- le bassin de l'Orne Saosnoise, moins producteur, mais dont les pointes de crues se superposent assez bien à celles de la Sarthe.

Concernant le secteur des bassins de l'ouest (affluents mayennais), on a vu qu'il est très productif et très réactif, produisant des pointes de crue précédant généralement celle de la Sarthe. Afin d'éviter leurs resynchronisation, l'action essentiellement préconisée pour ce secteur est la préservation des zones d'expansion existantes, afin de ne pas augmenter la vulnérabilité à l'aval des confluences, en particulier du secteur de Fresnay-sur-Sarthe.

Concernant la zone centrale, constituée des bassins versants intermédiaires, il est difficile de définir des modalités de gestion à caractère général. A minima il pourra être préconisé le préservation des zones d'expansion de crues existantes

6.7.2 Par type d'action

La hiérarchisation des types d'action ne peut être faite que par site, car il faut tenir compte des spécificités de chacun d'eux.

D'une manière générale, en outre des mesures de conservation, les préconisations par site viseront en priorité à pallier aux caractéristiques des sites allant à l'encontre du ralentissement dynamique :

- là où le cours d'eau a été rectifié : opérations de renaturation avec reméandrage, afin de faciliter les débordements et bien utiliser les potentialités du lit majeur pour l'expansion des eaux,
- là où les berges sont dénudées : implantation de ripisylve qui contribuera à freiner les écoulements,
- là où le lit majeur est très ouvert, implantation de haies supplémentaires, et/ou renforcement du couvert végétal, ce qui contribuera à freiner les écoulements et favorisera les infiltrations dans le sol.

Le tableau 1, page 49, récapitule les différents types d'action qui peuvent être préconisés.

Ponctuellement, un type d'action particulier pourra être préconisé s'il s'agit de compenser une modification clairement anthropique ; par exemple reméandrer un tronçon de cours d'eau rectifié dans le passé.

Les tableaux suivants synthétisent, par secteur, les caractéristiques des principaux sites d'expansions de crues potentiels recensés, et précisent pour les sites visités les actions qui peuvent être préconisées.

Outre ces actions d'aménagements, on peut aussi citer des actions de sensibilisation qui peuvent constituer une priorité :

ACTIONS DE SENSIBILISATION :

- sensibilisation aux pratiques culturelles qui permettent de freiner ou atténuer les ruissellements en versant,
- sensibilisation des maîtres d'ouvrages d'infrastructures afin que puissent être saisies les opportunités de combiner les franchissements de vallées avec une retenue d'écrêtement.

SUIVI HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT :

On a évoqué l'utilité qu'il y aurait à mettre en œuvre des simulations sur modèle pour évaluer les effets des actions d'aménagements : ce type d'étude est un exercice délicat en l'absence de suivi hydrologique permettant de caler les modèles, ce qui est notamment le cas sur la partie normande du bassin versant : en amont de St-Cénéri-le-Gérei, seule l'Hoëne est équipée d'une station. Nous pensons qu'il y aurait intérêt à mettre en place rapidement un réseau d'observation des débits sur ce secteur, en équipant notamment les principaux affluents : la Tanche, la Vézone, la Briante, le Sarthon (la station de la Ferrière-Bochard a été fermée en 1985), l'Erine. Il serait également intéressant de remettre en service la station du Mêle-sur-Sarthe.

	TYPE	OBJECTIF VISE	FONCTIONNEMENT	FAISABILITE TECHNI QUE	FAISABILITE ECONO MIQUE	ESTIMATION DE COUT	INDICATEUR SUIVI	INCONVENIENTS	EFFICACITE
Lit mineur, Berges	Développer la ripisylve	Ralentir, retarder	Freine par augmentation de la rugosité	+++	++	8 €/ml	Linéaire, densité en pieds		+
	Reméandrer	Retarder	Allongement de parcours	++	+	50 à 500 €/ml	Linéaire, taux de réduction de section	Emprise foncière	++
	Arasements ponctuels bourrelets	Laminer, retarder	Anticipe les débordements	+++	+++	faible	Nombre d'unités	Mobilisation éventuellement précoce du majeur	+
	Pièges à embâcles	Eviter embâcle indésirable	Localise là où acceptable	++	++		Nombre d'unités	Exige adhésion, entretien	+
	Maintien atterrissements	Ne pas accélérer		+++	+++	0			+
	Réduction de section	Ralentir, retarder	Transfert de débit vers le majeur, plus lent	Délicate	+		Linéaire, taux de réduction	Risques d'érosion de matériaux apportés	++
Lit majeur	Haies transverses	Freine, filtre, rallonge	Intercepte, guide	+++	++	4 à 8 €/ml	Linéaire, densité en pieds	parcellise	++
	Talus/levées transverses	Freine	Intercepte, guide	+++	+++	1 €/ml	Linéaire, hauteur		+
	Développer le couvert végétal	Ralentir, laminer	Freine par augmentation de rugosité	++	+	Haies épaisses : 3 €/m2	Surface, type de couvert (rugosité)	Emprise foncière	++
	Réhabilitation zones inondables	Laminer	Mobilisation de surfaces autrefois inondable	++	++	10 000 €/ha	Surface	Impacts sur usages des terrains	++
	Micro retenue	Laminer	Stockage temporaire	+		1 à 5 €/m3	Surface inondée, volume stockage	Emprise foncière, impacts	++
Versant	Occupation des sols	Ralentir, infiltrer	Freine par augmentation de la rugosité, infiltre	+++	++		Surface		++
	Haies	Freiner, filtrer	Freine	+++	+++	4 à 8 €/ml	Linéaire, densité en pieds	Parcellise	++
	Talus-levée	Dériver, rallonger	Intercepte, guide	+++	+++	1 €/ml	Linéaire, hauteur	Parcellise, entretien	++
	Fossé perché	Dériver, rallonger	Intercepte, guide	+++	+++	3 €/ml	Linéaire	Parcellise, entretien	++
	Banquette diffusante	Diffuser	Intercepte, infiltre, guide	++	++	5 €/ml	Surface	Emprise, risque d'effondrement, entretien	++
	Dispositions sur chemins forestier	Diffuser	Intercepte, guide	++	++		Linéaire	entretien	++
	dalots meurtrières.	Ralentir, laminer	Stocke puis évacue	++	++		Nombre d'unités	Exige adhésion, entretien	++

Tableau 1 – Récapitulation des types d'action

6.7.3 Eléments de coûts

Le tableau ci-dessus donne quelques éléments de coûts unitaires sur la base d'opérations réalisées, ou en cours d'étude, dans d'autres bassins. Ces éléments sont donnés à titre indicatif, il faut être prudent quant à leur transposition pour estimer des opérations en l'absence d'étude technico-financière.

On complète ci-après ces éléments par les coûts de quelques exemples d'opérations réalisées ou à l'étude en France.

VALLEE DU DRUGEON (25)

- Opération : reméandrement du cours d'eau sur 4 km,
- Maître d'ouvrage : Communauté de Communes du Plateau de Frasne et du Val du Dugeon
- Coût : 0,23 M€
- Travaux réalisés en 1997.

VALEE DU COLOSTRE (04)

- Opération : réhabilitation de 13 méandres,
- Maître d'ouvrage : Fédération des Alpes de Haute-Provence pour la pêche et la protection du milieu aquatique,
- Coût : 65 000 €,
- Travaux réalisés en 2000-2001

VALLEE DE LA LEZE (09 – 31)

- Opération: aménagements de haies transversales en lit majeur de 5 mètres d'épaisseurs, tous les 300 à 500 m sur 50 km, 35 ha cumulés,
- Maître d'ouvrage : SMIVAL
- Coût estimé : 1 M€,
- Etudes en cours.

VALLEE DE L'HOGNEAU (59)

- Réhabilitation de trois zones d'expansion de crues, 40 ha,
- Maître d'ouvrage : Valenciennes Métropole
- Coût estimé : 0,3 M€
- Travaux en cours.

BASSIN DU RANCE (12) : éléments partiels OPBV

- fossés de diversion (3591 m), fossé inondant drainant (500m), banquettes diffusantes (1294m), plantations de haies (3364 m),
- Maître d'ouvrage : Syndicats Intercommunaux d'Aménagement Hydraulique
- coût total : 40 000 €
- travaux réalisés de 1997 à 2000

6.8 LES MODALITES DE GESTION RAPPORTEES AUX ZONES D'EXPANSION DES CRUES VISITEES

Une série de 5 tableaux se trouvant dans les annexes contient un rapprochement entre les modalités de gestion étudiées et les sites visités. Cependant, il s'agit d'exemples d'actions, à titre d'information, et **il appartiendra aux acteurs locaux concernés de définir plus précisément les mesures à mettre en place.**

7 CONCLUSION

Dans l'esprit des SAGE et de la gestion intégrée de l'eau, cette étude a permis de prédéterminer 45 zones d'expansion de crues potentielles réparties sur l'ensemble du territoire du SAGE de la Sarthe amont. Sur ces 45 espaces, 14 ont bénéficié d'une visite de terrain, condition *sine qua non* pour élaborer des propositions de gestion.

La surface cumulée des 14 zones visitées correspond approximativement à plus de 600 Ha et celle des 45 zones prédéterminées à 1500 Ha. Théoriquement, on pourrait donc estimer qu'en cas d'aménagement avec imperméabilisation des terrains et construction de retenues de 1 m de hauteur, la capacité de stockage pourrait être de 15 millions m³.

Néanmoins ce raisonnement n'a aucune pertinence:

- tout d'abord les coûts à envisager en généralisant une telle mesure seraient prohibitifs,
- d'autre part les impacts sur le milieu naturel et le territoire pourraient être très importants et incompatibles avec les enjeux locaux de préservation environnementale,
- de plus notre étude souligne que le bassin n'est pas homogène dans la génération des écoulements
- enfin la généralisation de tels aménagements seraient en totale contradiction avec les objectifs du SDAGE Loire Bretagne de 1996.

Les 7 objectifs vitaux du SDAGE de 1996 :

- gagner la bataille de l'alimentation en eau potable
- poursuivre l'amélioration de la qualité des eaux de surface
- retrouver des rivières vivantes et mieux les gérer
- sauvegarder et mettre en valeur les zones humides
- préserver et restaurer les écosystèmes littoraux
- réussir la concertation, notamment avec l'agriculture
- savoir mieux vivre avec les crues.

Mais le risque d'inondation est réel notamment sur l'agglomération du Mans comme l'ont montré les crues récentes. Il est donc nécessaire de gérer le risque d'inondation en:

- associant l'aval, qui est soumis au risque, et l'amont, où se génèrent les crues, dans les efforts à consentir pour gérer le risque d'inondation,
- en associant mesures structurelles et mesures non structurelles¹⁰
- en favorisant la sensibilisation au risque et à sa prévention que ce soit dans les zones soumises au risque mais aussi dans les espaces amont du bassin.

Cette étude spécifique au sein du processus d'élaboration du SAGE Sarthe amont a permis de mettre en relief la présence d'un certain nombre d'espaces inondables, préservés de toute urbanisation.

Ensuite elle a souligné les différences au sein du bassin versant de la Sarthe à l'amont du Mans que nous avons divisé en quatre sous-ensembles au regard de leurs

¹⁰ Pour des compléments d'information sur les mesures non-structurelles voir article de N. Pottier, Maître de conférence à l'université de Versailles.

<http://www.h2o.net/magazine/dossiers/infrastructures/gestion/inondations/francais/mesures.htm>

caractéristiques dans la génération des crues. Du croisement de cette détermination de zones d'expansion de crues potentielles (numérique et visites de terrain), et de cette distinction au sein du bassin versant de la Sarthe amont ont émergés une série de préconisations de gestion. (Voir les tableaux synthétiques).

Mais la première mesure à prendre est avant toute chose la préservation des espaces identifiés de l'urbanisation et de l'imperméabilisation pour:

- garder des capacités d'étalement et de laminage et a fortiori éviter une accélération des écoulements
- éviter d'aggraver la vulnérabilité sur des espaces inondables

Pour ce faire, nous soulignerons 3 points:

- la responsabilité des communes sur lesquelles se localisent ces zones notamment dans la gestion de l'urbanisme et de l'occupation des sols,
- la nécessité de démarches de concertation dès lors qu'il s'agit d'intervenir de quelque manière que ce soit,
- l'utilisation des différents outils réglementaires disponibles pour préservation locale des espaces (hors PLU): Natura 2000, Arrêté de biotope, Espaces naturels sensibles du département, etc.

Pour conclure, on mettra en exergue l'importance des processus de concertation et de co-construction dans le cadre de la mise en oeuvre des modalités de gestion. Pour ce faire, les acteurs du SAGE pourront se pencher sur l'expérience menée sur le val de Bréhémont en Touraine visant la mise en place d'une démarche de planification concertée pour la prévention du risque d'inondation dans le cadre du programme européen Freude am Fluss¹¹.

¹¹ <http://www.freudeamfluss.eu/fre/D%25E9marche%2Bde%2BPlanification%2BConcert%25E9e.php>

8 GLOSSAIRE

Aléa : manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique d'occurrence et d'intensité données.

Analyse multicritère : démarche qui permet de classer différentes portions d'un territoire en leur affectant une mesure de potentialité, de risque, d'adéquation ou de sensibilité en fonction d'objectifs et par combinaisons de critères d'évaluation.

Analyse spatiale : démarche géographique qui a pour objectif de comprendre les logiques, les causes, les conséquences et l'identification de phénomènes sur un territoire.

Bassin versant : il correspond au territoire sur lequel les eaux de ruissellement se concentrent pour constituer un cours d'eau.

BD Carthage : Base de données cartographique sur les réseaux hydrographiques.

BD Ortho (orthophotoplan) : photo numérique prise par avion à l'échelle du 1/5 000 ème.

Digitalisation : étape qui consiste à numériser une information géographique.

Enjeu : ensemble des personnes et des biens (ayant une valeur monétaire ou non monétaire) pouvant être affectés par un phénomène naturel ou des activités humaines.

MNT : Modèle numérique de terrain

Période de retour : durée théorique moyenne, exprimée en année, qui sépare deux occurrences d'un phénomène donné, si l'on considère une période de temps suffisamment longue.

PPRi : Plan de prévention au risque inondation

Prévention : ensemble des dispositions à mettre en oeuvre pour empêcher, sinon réduire, l'impact d'un phénomène naturel prévisible sur les personnes et les biens.

SCAN 25 : image numérique issue de la carte papier TOP25 de IGN à l'échelle du 1/25000 ème.

SIG : Système d'informations géographiques

Vulnérabilité : exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux.

9 LISTE DES CARTES

CARTES DE DETERMINATION DES BASSINS GENERATEURS DE CRUES

- *ETAPE 1-1* : Critères participant à la hiérarchisation des bassins versants générateurs de crues et liés à la géomorphologie.
- *ETAPE 1-2* : Critères participant à la hiérarchisation des bassins versants générateurs de crues et liés à la géomorphologie.
- *ETAPE 1-3* : Critères participant à la hiérarchisation des bassins versants générateurs de crues et liés à l'hydrologie.
- *ETAPE 1-4* : Critères participant à la hiérarchisation des bassins versants générateurs de crues et liés à l'occupation du sol.
- *ETAPE 1-5* : Critères participant à la hiérarchisation des bassins versants générateurs de crues et liés à l'occupation du sol.
- *ETAPE 1-6* : Hiérarchisation des bassins versants générateurs de crues sur le bassin de la Sarthe Amont.

CARTES DE DETERMINATION DES POTENTIALITES D'EXPANSION DE CRUES

- *ETAPE 2-1* : Critères participant à la définition des potentialités d'expansion de crues et liés à la géomorphologie.
- *ETAPE 2-2* : Prédétermination des zones potentielles de submersion et d'expansion de crues dans le bassin de la Sarthe Amont par analyse spatiale.

CARTES DE DETERMINATION DE LA HIERARCHISATION ET DE L'EVOLUTION DE LA VULNERABILITE POTENTIELLE

- *ETAPE 3-1* : Critères participant à la définition de la vulnérabilité potentielle et liés à l'occupation du sol et à la démographie.
- *ETAPE 3-2* : Détermination de la vulnérabilité potentielle sur le bassin de la Sarthe Amont par analyse spatiale.
- *ETAPE 3-3* : Hiérarchisation et évolution de la vulnérabilité potentielle aux inondations sur le bassin de la Sarthe Amont.

CARTE DE SYNTHESE

- *ETAPE 6-1* : Zone d'expansion potentielle, vulnérabilité et préconisations de gestion à l'échelle des secteurs générateurs de crue.