

Plans de prévention
des risques naturels
(PPR)

Risques d'inondation

guides



GUIDE MÉTHODOLOGIQUE



Plans de prévention des risques naturels (PPR)

Risques d'inondation

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

Cet ouvrage, réalisé à l'initiative de la direction de la prévention, des pollutions et des risques (DPPR), de la direction de l'eau (DE) et de la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction (DGUHC), a été élaboré et rédigé par *Gérald Garry (DGUHC) et Edmond Graszak (DPPR, puis DGUHC)*, avec la participation de *Thierry Hubert (DPPR) et Patrice Guyot, puis Jean-Luc Roy (DE)*.

Il s'appuie sur les réflexions menées en 1996 par un comité de pilotage présidé par Jean-Noël Godard (DE), constitué de MM. Agier (DDE Bouches-du-Rhône), Charrier (DDE de l'Indre-et-Loire), Degardin (CERTU), Garry (DAFU), Graffe (DDE de l'Indre-et-Loire), Grassin (DAFU), Graszak (DPPR), Guyot (DE), Norotte (CERTU), Noyelle (DPPR), Thomazeau (CERTU), et Savouyaud (IPS'EAU), et dont le CERTU a assuré le secrétariat.

Les auteurs remercient les personnalités qui ont bien voulu apporter leur contribution active à ce document en participant aux différents groupes de travail thématiques, en faisant part de leurs observations, dont il a été largement tenu compte, et en contribuant à l'iconographie.

Photographie de couverture : Inondation de la Marne en 1983 (Seine-et-Marne).
Source : Ministère de l'Équipement, service technique de l'urbanisme

En application de la loi du 11 mars 1957 (article 41) et du Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans l'autorisation expresse de l'éditeur. Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif et collectif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre.

PRÉFACE

Une grande partie du territoire national est soumise à des inondations qui résultent principalement de la montée lente des eaux dans les régions de plaine, de la formation rapide de crues consécutives à des averses violentes ou du ruissellement pluvial en milieu urbain ou rural. Ces phénomènes sont déterminés par l'importance des précipitations, par la concentration des eaux et par la configuration des bassins versants, mais ils peuvent aussi être aggravés par les activités humaines.

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

La répétition d'événements catastrophiques au cours des dix dernières années a conduit à renforcer la politique de prévention des inondations. Les principes ont été énumérés dans une circulaire interministérielle du 24 janvier 1994 et précisés dans une nouvelle circulaire du 24 avril 1996 visant les dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zone inondable.

Les plans de prévention des risques naturels (PPR), institués par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, représentent un outil bien adapté pour mettre en œuvre ces principes :

- ils sont réalisés par bassins de risque, à partir d'une approche globale et qualitative des phénomènes, qui correspond le plus souvent à une échelle pluricommunale ;
- ils couvrent les domaines de l'utilisation du sol, de la construction, de l'exploitation des sols et de la sécurité publique ;
- ils proposent des mesures appropriées à l'importance des risques et proportionnées à l'objectif de prévention recherché ;
- ils doivent être conduits avec une grande transparence, en recherchant la concertation la plus large possible avec l'ensemble des acteurs locaux de la prévention des risques, en particulier les élus communaux.

Pour accompagner l'élaboration des PPR, qui est conduite sous l'autorité du préfet de département, la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction et la direction de la prévention des pollutions et des risques ont réalisé une série de guides méthodologiques avec le concours de représentants des administrations, d'experts et de bureaux d'études. Ces guides comprennent un ouvrage général et des ouvrages spécifiques par risque. Le premier, paru en août 1997, présente les PPR, précise les conditions de leur élaboration et tente de répondre aux nombreuses questions susceptibles d'être soulevées. Les autres, comme ce document consacré aux inondations qui a été préparé avec la direction de l'eau, explicitent pour chaque type de risque les méthodes d'analyse des phénomènes, de cartographie des aléas, d'évaluation des enjeux et proposent une démarche pour établir le zonage réglementaire et définir les prescriptions qui s'y attachent. Ces guides sont principalement conçus pour aider les services déconcentrés de l'État à constituer les pièces techniques et réglementaires des PPR. Ils s'appuient largement sur la pratique et les acquis de chacun, et seront bien entendu enrichis des retours d'expérience qui découleront de leur application.

Les références techniques et réglementaires présentées par ce guide paraissent désormais suffisantes pour traiter l'essentiel des questions posées par les inondations. La poursuite de la réalisation du PPR est un impératif dont chacun reconnaît aujourd'hui l'importance. Son succès repose désormais sur la mobilisation de toutes les compétences disponibles et sur la force de conviction des préfets et de leurs services.



Paul SCHWACH
 directeur, adjoint
 au directeur général
 de l'urbanisme, de l'habitat
 et de la construction



Philippe VESSERON
 directeur de la prévention
 des pollutions et des risques,
 délégué aux risques majeurs



Pierre ROUSSEL
 directeur de l'eau

SOMMAIRE

Introduction

La prévention des inondations et les PPR

<u>Un</u> contexte en évolution	13
<u>Une</u> nouvelle politique de prévention	14
<u>Les</u> principes généraux des PPRI	16

Description des phénomènes et des risques d'inondations

<u>Les</u> principales composantes du risque d'inondation	23
<u>Les</u> inondations lentes (ou inondations de plaine)	25
<u>Les</u> inondations rapides	26
<u>Les</u> inondations par ruissellement urbain	26
<u>Les</u> types particuliers d'inondations	27
<u>Les</u> phénomènes retenus dans le cadre des plans de prévention des risques d'inondation	29

Méthode d'analyse et de cartographie des risques

<u>Le</u> cadre des études de risques	31
<u>La</u> conduite des études d'aléas	36
<u>L'</u> évaluation des enjeux	59

Élaboration du dossier du PPR inondations

<u>Caractéristiques</u> du PPR	67
<u>La</u> note de présentation	69
<u>Le</u> plan de zonage réglementaire	71
<u>Le</u> règlement	76

ANNEXES

<u>Les apports de la cartographie hydrogéomorphologique</u>	87
<u>Les inondations par ruissellement pluvial urbain</u>	89
<u>Les inondations par les torrents</u>	91
<u>Les inondations en zones fluvio-maritimes</u>	97
<u>Les inondations par remontées de nappes</u>	99
<u>Textes de référence</u>	103
Glossaire	111
Sigles	113
Principales références bibliographiques	115
Index des documents et illustrations	119

INTRODUCTION

Le territoire national est particulièrement soumis aux risques d'inondation qui représentent environ 80 % du coût des dommages imputables aux risques naturels. Le réseau hydrographique français est assez dense. Il correspond à un linéaire de l'ordre de 280 000 kilomètres de cours d'eau bien répartis sur l'ensemble du pays. Aussi existe-t-il peu de secteurs géographiques qui ne soient pas concernés par ces risques : un recensement effectué en 1998 par la direction de la prévention des pollutions et des risques du ministère de l'Environnement permet d'estimer qu'aujourd'hui, une commune française sur trois environ (14 000) est susceptible d'être inondée, en partie ou en totalité (carte 1).

Les inondations ne sont pas un fait nouveau. Elles ont marqué toutes les époques, et la mémoire humaine a conservé le souvenir des plus importantes d'entre elles (la Seine en 1910, le Tarn en 1930, etc.), qui se sont parfois succédées à quelques années d'intervalle en séries tragiques (la Loire en 1846, 1856, 1866). Plus près de nous, une succession de crues importantes et dommageables sont survenues sur l'ensemble de la métropole : le Grand-Bornand en 1987, Nîmes en 1988, Vaison-la-Romaine en 1992, une grande partie de la France en 1993, la vallée du Rhône en 1993-1994 (avec l'inondation de la Camargue) et toute la moitié nord du pays en janvier 1995. Ces événements se sont traduits, ces dernières années, par la mort d'une centaine de personnes et plusieurs milliards de francs de dégâts annuels (document 1 et tableau 1), sans oublier les milliers de sinistrés touchés dans leur vie quotidienne dont certains ont subi des séquelles psychologiques importantes et durables.

Le bilan et l'analyse des catastrophes montrent globalement un accroissement préoccupant de la vulnérabilité qui résulte de plusieurs facteurs :

- l'urbanisation et l'implantation d'activités humaines dans les zones inondables. Les anciens s'installaient généralement à proximité de l'eau par nécessité, notamment lorsque leurs activités l'imposaient. Mais l'urbanisation récente, surtout l'extension spatiale des villes après la Deuxième Guerre mondiale et plus largement dans les années 1980, s'est faite en grande partie dans ces secteurs attractifs, souvent sans conscience de leur vulnérabilité. En parallèle,

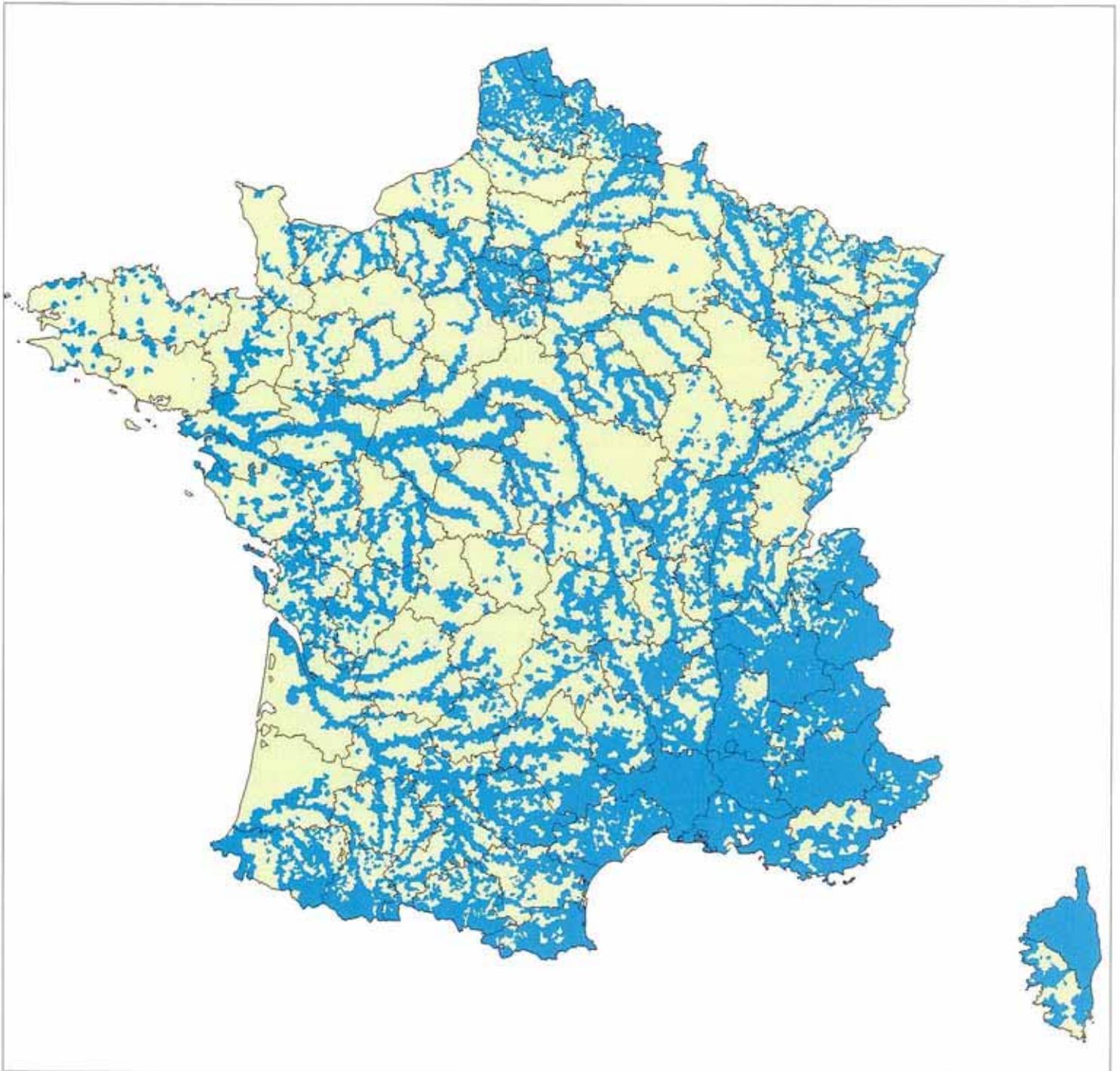
Document 1

Dommages consécutifs aux inondations

D'après les statistiques établies par la Caisse Centrale de Réassurance, les inondations ont représenté en France, entre 1982 et 1997, 68 % du nombre des catastrophes naturelles (les mouvements de terrain 30 %), et elles ont mobilisé 80 % des remboursements effectués dans le cadre des dossiers traités par la Commission interministérielle au titre des « Cat'Nat' ». Encore ce chiffre ne rend-il que partiellement compte de la réalité des dommages. Pour avoir une vision plus complète de leur ampleur, il faut également ajouter :

- les dommages directs assurables mais non indemnisés : franchise, abattement pour vétusté, etc.
 - les dommages indirects assurables mais non indemnisés : pertes d'exploitation consécutives à l'interruption du trafic (usines non ravitaillées, pertes de denrées périssables contenues dans les chambres froides, etc.)
 - les biens non assurables, tels que les équipements publics.
-

Carte 1. Communes métropolitaines soumises à des inondations



Source : ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, DPPR, SDPRM

Tableau 1 Coût des indemnisations dues aux inondations entre 1982 et 1997

Exercices de survenance	Désignation	Coût du marché
82/83	Tempête/inondations	3.500 MF
88	inondation octobre (Nîmes)	1.900 MF
90	inondations de février	1.200 MF
92	inondations de septembre (Vaison)	1.600 MF
93	inondations de septembre/octobre	2.000 MF (E)
93/94	inondations de décembre/janvier	1.700 MF (E)
94	inondations de novembre (Nice)	800 MF (E)
95	inondations de janvier/février	2.600 MF (E)
95	inondations de septembre (cyclones DOM)	800 MF (E)
96	inondations de décembre	500 MF (E)
97	inondations de juin en Normandie	400 MF (E)
Total estimé 1982/97		17.000 MF (E)

MF : Millions de francs ; (E) : estimation
Source : Caisse Centrale de Réassurance

l'augmentation du niveau de vie, le développement des réseaux d'infrastructure (transports, énergie, télécommunications, eau) ont accru dans des proportions notables la valeur globale des biens et la fragilité des activités exposées. On estime ainsi qu'une crue semblable à celle de 1910 en région parisienne produirait dans les conditions actuelles d'occupation des sols 70 milliards de francs de dégâts, contre l'équivalent de 8 milliards de nos francs à l'époque, en dépit de la réalisation de barrages-réservoirs (document 2) ou d'aménagements plus locaux, comme les endiguements, stations de pompages, vannes anti-crues et bassins de retenue ;

- la diminution des champs d'expansion des crues. Consécutive à la consommation d'espaces par l'urbanisation et les infrastructures de transport, et aggravée par l'édification de digues ou de remblais, elle a réduit l'effet naturel d'écrêtement des crues qui est bénéfique aux secteurs habités situés en aval des cours d'eau ;

- l'aménagement quelquefois hasardeux des cours d'eau, conçu sans respecter leur fonctionnement global. Cet aménagement était destiné, soit à répondre à des objectifs étrangers à la lutte contre les inondations (prélèvement de granulats en lit mineur, protection des berges), soit au contraire à favoriser un écoulement rapide, pour diminuer le risque d'inondation loca-

Document 2

Rôle des barrages-réservoirs de la Seine vis-à-vis de la protection contre les inondations

L'idée de créer de grands barrages-réservoirs sur le bassin de la Seine a germé au XIX^e siècle pour accompagner le développement urbain. Elle s'est affirmée après les grandes crues de 1910 et 1924 avec la volonté d'assurer trois fonctions principales : la rétention des eaux pour réduire les débits de crues, la production hydroélectrique et l'alimentation en eau.

Aujourd'hui, des ouvrages importants, qui sont gérés par l'institution interdépartementale des barrages-réservoirs du bassin de la Seine, régulent par stockage et restitution différée le régime hydraulique des rivières en amont de la Seine afin de diminuer l'impact des crues sur les hommes, les biens et les activités exposés. Jusqu'à présent, ils ont joué leur rôle à plusieurs reprises, par exemple au moment des crues répétées de la Seine, de l'Yonne et de la Marne en février, mars et début avril 1978.

Cependant, leur efficacité est généralement limitée : ils sont éloignés de l'agglomération parisienne et ne peuvent contrôler que l'amont ; ils ne règlent

pas le problème des affluents, quelle que soit leur taille ; ils mettent plusieurs jours à restituer leur stock et ne peuvent pas toujours absorber deux crues consécutives ; leur capacité de stockage est très inférieure au volume estimé des grandes crues, comme celle de 1910 qui a charrié plus de 4 milliards de m³ à Paris.

Enfin, à ces difficultés, s'ajoute celle de la complémentarité des usages. En effet, l'écrêtement des crues voudrait que l'on conserve les réservoirs disponibles une partie de l'année tandis que le soutien d'étiage suppose un remplissage rapide pour pallier le risque de manque d'eau, à la fin de l'hiver et au printemps, c'est-à-dire au moment où les crues sont les plus probables.

Il faut donc prendre en compte cette complexité et l'intégrer dans la réflexion globale de la prévention, en cessant de croire que ces grands barrages représentent une protection absolue et définitive contre les crues.

lement, sans se soucier des conséquences en amont ou en aval (document 3). Ainsi déviées, rescindées, rectifiées, recalibrées, surcreusées, enrochées, endiguées, beaucoup de rivières ont été transformées de fait en canaux accélérant les crues vers l'aval (sans oublier les conséquences préjudiciables de ces pratiques, notamment sur la qualité de l'eau, la tenue des berges, la baisse du niveau des nappes alluviales et l'altération des milieux aquatiques) ;

- certains types d'utilisation ou d'occupation des sols sur les pentes des bassins versants, qui favorisent une augmentation du ruissellement, un écoulement plus rapide et une concentration des eaux, pouvant contribuer à aggraver les crues. Dans l'état actuel des connaissances, cet effet est surtout perceptible ponctuellement, sur de petits bassins versants, et lors d'événements pluvieux d'intensité moyenne ou répétés. Lors de pluies exceptionnelles saturant rapidement les sols, par contre, les conséquences des aménagements sont moins évidentes. Les aménagements ou activités principalement mis en cause sont l'urbanisation, qui engendre l'imperméabilisation des sols, et certaines pratiques agricoles telles que la culture des vignes dans le sens de la pente, le désherbage des versants, la suppression de haies, la mise en culture des prairies, le comblement d'émissaires naturels, le recalibrage de fossés en milieu rural, etc. Certaines de ces pratiques ont d'ailleurs d'autres effets négatifs, comme l'érosion des sols agricoles.

Document 3

Conséquences de l'aménagement du Rhin sur les crues du fleuve

L'aménagement du Rhin, s'est traduit par trois grands types d'actions :

- l'endiguement d'environ quatre-cinquième des surfaces inondables naturelles ;
- la construction de lotissements et de voies de communication dans les zones d'expansion des crues ;
- le raccourcissement du cours du fleuve.

Il a eu pour conséquence d'aggraver les crues qui atteignent un niveau plus élevé et s'écoulent plus rapidement. Les ondes de crues du Rhin et celles de ses affluents tendent maintenant à se superposer, renforçant ainsi le potentiel de dommage. Par exemple, le retrait de 130 km² de surfaces inondables naturelles sur le Rhin supérieur dû à l'aménagement de chutes entre 1955 et 1977, a réduit de moitié (de deux jours à un seul jour) la durée

de l'écoulement de la pointe de crue entre Bâle et Karlsruhe. Les crues du Rhin supérieur coïncident de ce fait avec les pointes de crues du Neckar, de la Nahe, et de la Moselle qui normalement passent avant.

Une étude de l'université de Kaiserslautern montre que l'augmentation des surfaces occupées par les lotissements, l'industrie et les voies de circulation dans le bassin du Rhin a provoqué depuis 1950 une hausse des niveaux de hautes eaux sur le Rhin moyen de 15 à 20 cm. Dans certains cas, l'aménagement du Rhin supérieur entre Bâle et Baden-Baden entraîne une hausse des niveaux de crue pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres.

Source : Commission internationale pour la protection du Rhin : constat et stratégie pour le plan d'action contre les inondations, Coblenz, décembre 1995.

Face à cet accroissement du risque, seule une action volontaire paraissait appropriée, fondée sur le constat que la prise en compte des inondations dans l'aménagement et le développement du territoire ne peut se limiter à une approche trop locale, sectorielle et à court terme, mais qu'elle suppose une politique globale de prévention des risques naturels. Une série de mesures a donc été définie en janvier 1994, qui a notamment conduit, par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, à la création d'un nouvel outil réglementaire, le PPR.

Le guide général, paru en août 1997, présente les grands principes techniques et réglementaires qui président à l'élaboration des PPR.

Le présent guide vient préciser les spécificités de mise en œuvre des PPR pour les risques d'inondation. Il a pour principal objectif d'apporter aux services instructeurs les éléments de référence indispensables pour comprendre la finalité du PPR et en constituer le dossier. À cet effet, il est organisé en quatre chapitres :

- il rappelle tout d'abord l'évolution récente et le contexte actuel de la politique de prévention des risques d'inondation en précisant le rôle du PPR dans ce dispositif et sa place vis-à-vis des autres outils de gestion des eaux (contrats de rivières, SAGE) et du territoire ;

- il décrit ensuite les conditions naturelles et anthropiques à l'origine de la formation des crues et des risques d'inondation et définit les principaux types d'inondation auxquels nous sommes confrontés ;
- puis il indique les outils et techniques d'analyse et de cartographie des risques. Il développe en particulier la méthode préconisée pour étudier les aléas, qui doit intégrer une suite logique d'approches complémentaires, depuis l'analyse hydrogéomorphologique jusqu'à la modélisation hydraulique, menées en tant que de besoin jusqu'à ce que le niveau de connaissance des phénomènes potentiels corresponde aux attentes. Il précise également les enjeux à identifier ;
- enfin, il explicite les conditions techniques et juridiques d'élaboration des pièces du dossier : le rapport de présentation, le zonage réglementaire et le règlement.

LA PRÉVENTION DES INONDATIONS ET LES PPR

Un contexte en évolution

Parallèlement aux graves événements du début des années 90, plusieurs faits nouveaux ont contribué à renforcer la politique de prévention des inondations.

- La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 élargit le champ de réflexion et d'action à l'échelon du bassin versant, en imposant une approche globale et intégrée dans la gestion de l'eau. Une telle approche, qui s'appuie sur la mise en place d'un outil de planification, le SAGE (schéma d'aménagement et de gestion des eaux), doit permettre l'émergence d'une réelle solidarité des acteurs de la gestion de l'eau à l'échelle d'un bassin. En ce qui concerne les inondations, cette solidarité doit se traduire de manière opérationnelle, notamment par une meilleure répartition des volumes des crues, en ralentissant et stockant les eaux dans les zones les moins vulnérables pour protéger les lieux habités. En traitant les problèmes d'inondation, les actions ainsi mises en œuvre doivent participer

simultanément à l'amélioration des autres objectifs de la gestion et de l'usage de l'eau (qualité et quantité de la ressource, milieux aquatiques, usages de loisirs, etc.).

- Le progrès de la diffusion des connaissances en écologie a mis en évidence l'importance considérable du rôle positif joué naturellement par certaines composantes d'un hydrosystème, notamment les zones humides, tant dans la diminution des risques d'inondation dommageable que dans la gestion de la ressource en eau, en qualité comme en quantité. La protection de ces « infrastructures naturelles » à haute valeur patrimoniale apparaît ainsi comme un choix permettant d'éviter des investissements extrêmement difficiles et coûteux pour la collectivité (document 4).

- La France s'est engagée dans une politique de développement durable à la suite de la conférence de Rio de 1992. Elle a intégré un principe de précaution important dans la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, qui affirme que « l'absence de

Document 4.

Rôle et intérêt économique des zones humides

Les zones humides remplissent plusieurs fonctions à l'état naturel :

- le maintien et l'amélioration de la qualité de l'eau, en agissant comme un filtre épurateur (elles favorisent les dépôts de sédiments, la dégradation biologique des polluants et la dénitrification) ;
- la régulation des régimes hydrologiques, en fonctionnant comme une éponge : elles ralentissent le ruissellement au moment des pluies et restituent l'excès d'eau en période de sécheresse. Elles peuvent ainsi diminuer l'intensité des crues et soutenir les étiages des rivières ainsi que les nappes phréatiques superficielles ;
- la constitution d'un réservoir de diversité biologique. Elles produisent de la nourriture pour de nombreuses espèces, et favorisent leur survie et leur reproduction. La productivité biologique y est nettement plus élevée que dans les autres milieux ;
- la régulation des microclimats, par effet d'évaporation.

Les enjeux socio-économiques des services rendus par les zones humides sont donc considérables vis à vis :

- de la qualité des eaux. En Louisiane (USA), l'économie réalisée grâce à la présence d'une zone

humide a été évaluée à 8 000 F/ha par an (coût de remplacement par une station d'épuration). En France, la nappe d'eau située sous les zones humides du val de Saône, destinée à l'alimentation en eau potable, représente 57,5 Mm³. La mise en culture intensive de ces terrains rendrait obligatoire la dépollution de la ressource en eau pour un coût de 30 à 72 MF/an ;

- du stockage des crues. Le remplacement de la zone inondable de la Bassée (entre Nogent/Seine et Bray/Seine) par un barrage de capacité équivalente induirait un investissement de 650 millions à 2 milliards de francs. De même, la substitution des zones humides de la moyenne vallée de l'Oise par un barrage de soutien des étiages représenterait un coût de 1,7 milliard de francs ;

- de la production biologique, de la pêche, de la chasse, de la production des roseaux, et du tourisme. Elles permettent de fournir aux économies locales des ressources s'élevant à plusieurs milliards de francs et plusieurs milliers d'emplois.

La préservation des zones d'expansion des crues, qui constituent une part importante des zones humides, n'est donc pas synonyme d'entrave au développement économique, bien au contraire.

Source : Dossier d'information *Entre terre et eau : agir pour les zones humides*, ministère de l'Environnement, décembre 1996

certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable ».

- Dans le domaine juridique, en matière de risques naturels majeurs, on constate que sous la pression des victimes et des assureurs, la justice recherche plus fréquemment la responsabilité d'élus ou de fonctionnaires, tant dans les autorisations délivrées que dans le défaut de prévention des catastrophes.

C'est dans ce contexte qu'a été réorientée la politique de la France en matière de prévention des risques naturels.

Une nouvelle politique de prévention

Le comité interministériel du 24 janvier 1994 a décidé le lancement d'une nouvelle politique de prévention des risques naturels comprenant :

- un programme de prévention des inondations visant à sauvegarder les vies humaines, à réduire, ou au moins ne pas aggraver le coût des dom-

mages potentiels des inondations, et à préserver les fonctions des zones inondables, qui constituent un service rendu à la collectivité. Ce programme porte notamment sur la modernisation des systèmes de surveillance et d'alerte, l'entretien et la restauration des cours d'eau et sur une nouvelle gestion des zones inondables ;

- un nouveau document réglementaire de prise en compte des risques dans l'aménagement, le PPR.

Les conditions de gestion des zones inondables

Le 24 janvier 1994, une circulaire Intérieur/Équipement/Environnement relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables a défini ainsi les objectifs à atteindre :

- 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 des crues pour ne pas aggraver les risques dans les zones situées en amont et en aval ;

- sauvegarder l'équilibre des milieux dépendant des petites crues et la qualité des paysages sou-

Document 5.

Les atlas des zones inondables

Les atlas des zones inondables ont pour objet de rappeler l'existence et les conséquences des événements historiques et de montrer les caractéristiques des aléas pour la crue de référence choisie, qui est la plus forte crue connue, ou la crue centennale, si celle-ci est supérieure.

Réalisés à partir des informations disponibles sur des tronçons entiers de vallées, ils sont actuellement constitués au minimum de deux cartes, en principe dressées sur un fond de plan topographique IGN au 1/25 000, quelquefois agrandi au 1/10 000. Ils comprennent :

- une carte informative des phénomènes historiques (carte 2) ;

- une carte des aléas (carte 3).

Mais plusieurs atlas complètent ces informations par une analyse hydrogéomorphologique des vallées, qui fait l'objet d'une carte spécifique ou dont les résultats sont intégrés à la carte historique, et par une carte des enjeux (carte 4).

Ces atlas sont d'abord destinés à sensibiliser et à informer les élus, décideurs, responsables socio-économiques, de l'étendue et de l'importance des inondations, et à les responsabiliser quant au rôle qu'ils doivent ou peuvent jouer dans la prévention du risque. Ils constituent un premier élément de base visant à faire prendre conscience à chacun de l'échelle à laquelle le phénomène doit être appréhendé et traité, en mettant notamment en évi-

dence les zones inondables peu ou pas urbanisées qui contribuent au ralentissement des crues et à la protection des secteurs situés plus en aval.

Sans qu'il soit nécessaire d'entreprendre des études détaillées ou nouvelles, l'atlas représente le plus souvent un outil directement utilisable dans certaines décisions en matière d'aménagement durable du territoire. La volonté de préserver strictement les zones d'expansion des crues, par exemple, doit pouvoir être traduite à travers les choix sectoriels qui sont opérés localement dans les domaines de l'agriculture, de l'environnement, de l'urbanisme, des transports, de l'équipement, ou du tourisme. L'information contenue dans les atlas doit par conséquent être adaptée pour être reprise, au moins dans les documents régissant l'occupation des sols des communes concernées, ou dans une procédure PPR, afin de rendre rapidement inconstructibles les zones d'aléa fort et les zones inondables peu ou pas urbanisées. Pour cette raison, il est désormais demandé d'élaborer les cartes des atlas suivant les mêmes principes que les cartes techniques des PPR à partir des recommandations du chapitre « Méthodes d'analyse et de cartographie des risques ».

Il faut souligner que l'atlas est la traduction cartographique d'une réalité. Il ne peut donc pas faire l'objet de négociations. Par ailleurs, pour qu'il puisse être pris en compte par tous, y compris par les particuliers, il doit être connu et diffusé de la manière la plus large possible, par tous les moyens en vigueur.

vent remarquables du fait de la proximité de l'eau et du caractère encore naturel des vallées concernées.

Ces objectifs conduisent à appliquer trois grands principes :

- le premier principe conduit, à l'intérieur des zones inondables soumises aux aléas les plus forts, à interdire toute construction nouvelle et à saisir toutes les opportunités pour diminuer le nombre des constructions exposées ; dans les zones où les aléas sont moins importants, à réduire la vulnérabilité des constructions qui pourraient être autorisées ; d'une façon générale, à inciter les autorités locales et les particuliers à prendre des mesures adaptées pour protéger les habitations existantes ;
- le second principe amène à contrôler strictement l'extension de l'urbanisation dans les zones d'expansion des crues, et à veiller à ce que les constructions qui pourraient être autorisées soient compatibles avec les impératifs de la protection des personnes, de l'écoulement des eaux, et avec les autres réglementations ;

- le troisième principe consiste à éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés. En effet, ces aménagements sont susceptibles d'aggraver les risques en amont et en aval.

Ces principes se traduisent de la manière suivante :

- les secteurs peu ou pas urbanisés constituent des zones naturelles d'expansion des crues. Ils doivent être totalement préservés, afin de conserver, voire d'améliorer les services qu'ils rendent à la collectivité. Il en résulte que seules des activités compatibles avec l'inondation peuvent y être autorisées ;
- les espaces déjà urbanisés ne devront plus s'étendre en zone inondable ni se densifier dans les secteurs les plus dangereux. La priorité doit être accordée à la protection des lieux habités et à la diminution de la vulnérabilité des personnes et des biens.

La circulaire décline également les modalités pratiques d'application de ces principes, en demandant la réalisation prioritaire d'atlas de zones inondables sur les vallées exposées aux inondations de plaine (document 5, cartes 2, 3 et 4), et en annonçant un

Tableau 2. Dispositif global de prévention

Objectifs	Moyens	Types de mesures
Prendre en compte le risque dans les décisions des particuliers, des communes, dans les projets d'aménagement du territoire, en vue de préserver les zones d'expansion des crues et celles où existe un danger grave pour les vies humaines.	Identifier les risques et diffuser l'information auprès des personnes concernées.	Information préventive : DDRM, DCS. Réalisation et diffusion d'atlas de zones inondables. Inscription dans les documents d'urbanisme (porter à connaissance, POS).
Sauvegarder les vies humaines dans les secteurs les plus exposés	Exproprier les biens en cas de menace grave pour des vies humaines exposées au risque de crue torrentielle.	Mise en œuvre de la procédure d'expropriation pour risque naturel majeur (art. 11 de la loi du 2 février 1995) si les mesures de sauvegarde et de protection sont plus coûteuses que les indemnités d'expropriation.
Protéger les vies humaines dans les secteurs habités. Diminuer la vulnérabilité des hommes et des biens aux inondations. Atténuer les conséquences humaines et économiques d'une crue dans les zones déjà urbanisées.	Prendre des mesures individuelles ou collectives de prévention pour les secteurs déjà aménagés. Réaliser des travaux de mise en sécurité des personnes et des biens (travaux de protection, dispositifs d'alerte locaux, aménagement de zones refuges, etc.).	Action volontaire des citoyens et des collectivités dans le cadre de leurs responsabilités : travaux réalisés par les particuliers, les syndicats, les collectivités et leurs groupements, avec l'aide de l'État (plan décennal de restauration des cours d'eau). Travaux imposés par les maires dans le cadre de leurs pouvoirs de police. Mise en place de dispositifs d'alerte, d'évacuation par les communes. Prescriptions imposées par l'État au moyen d'un PPR.
Préserver les zones inondables de l'extension de l'urbanisation.	Intégrer le risque dans les documents régissant l'occupation des sols.	Action volontaire des collectivités concernées (révision des POS, R. 111-2). Action spécifique de l'État (PPR, R. 111-2).
Diminuer l'intensité de l'aléa dans les zones habitées tout en améliorant la gestion de l'eau. Préserver et restaurer les fonctions et les qualités environnementales des cours d'eau et des zones inondables.	Améliorer la gestion des écoulements et des volumes des crues à l'échelle des bassins, en les ralentissant et en les stockant dans les zones qui le tolèrent le mieux.	Mesures prises le plus souvent à l'initiative de groupements de collectivités locales avec l'aide de l'État (plan décennal de restauration des cours d'eau) : – restauration des capacités d'écoulement des cours d'eau ; – restauration, voire amélioration des capacités de stockage des zones inondables non urbanisées ; – diminution et ralentissement des ruissellements et des écoulements (techniques alternatives en assainissement pluvial urbain, replantation de haies, bonnes pratiques agricoles, mesures agri-environnementales, constitution de capacités de stockage en amont).

programme spécifique d'identification des zones soumises à des crues torrentielles ou au ruissellement pluvial urbain. Les cartographies qui en résultent doivent servir de base pour établir les règles générales de la gestion des zones inondables au travers des outils juridiques et réglementaires existants.

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles

Pour les inondations, le plan de prévention des risques, qui a pour objet de réglementer de manière pérenne les usages du sol dans les zones concernées par des risques, s'insère dans le dispositif actuel de prévention qui vise également l'information des populations, la protection des vies humaines, ainsi que l'entretien et la restauration des cours d'eau (tableau 2) :

- il intervient, après l'identification des aléas et des enjeux, pour prendre en compte le risque dans l'aménagement des zones exposées, en définissant des mesures d'interdiction et des prescriptions adaptées ;
- mené conjointement ou à la suite de l'établissement des documents d'information préventive¹, il marque la volonté de l'État d'accompagner les actions de sensibilisation et de porter à connaissance du risque d'inondation ;
- élaboré en même temps ou en préalable à la réalisation de travaux de protection contre les inondations, il garantit que l'amélioration apportée par ces travaux n'aura pas pour conséquence un accroissement de l'occupation des sols, donc de l'exposition au risque, dans les zones ainsi défendues.

Il permet en outre de préserver le « capital d'inondabilité » que représentent les zones d'expansion des crues, dans l'attente de leur restauration éventuelle (remise en communication avec le lit mineur par exemple), voire de leur aménagement pour en accroître les capacités de stockage (en réalisant des casiers par exemple).

Les principes généraux des PPR inondation

Avant d'entrer dans les modalités d'élaboration des PPR inondation, il est important d'insister sur la nécessité d'inscrire le plan dans une politique globale de prévention, de définir les secteurs d'intervention prioritaire, d'agir par tronçons de vallée plutôt que par commune et de situer la démarche dans une culture globale du risque qui favorise l'appropriation du risque par les différents acteurs.

S'inscrire dans une politique globale de prévention

Le PPR sera d'autant plus efficace, et les populations d'autant mieux préparées à en accepter

les orientations, que le sens de la démarche dans laquelle il s'insère apparaîtra clairement.

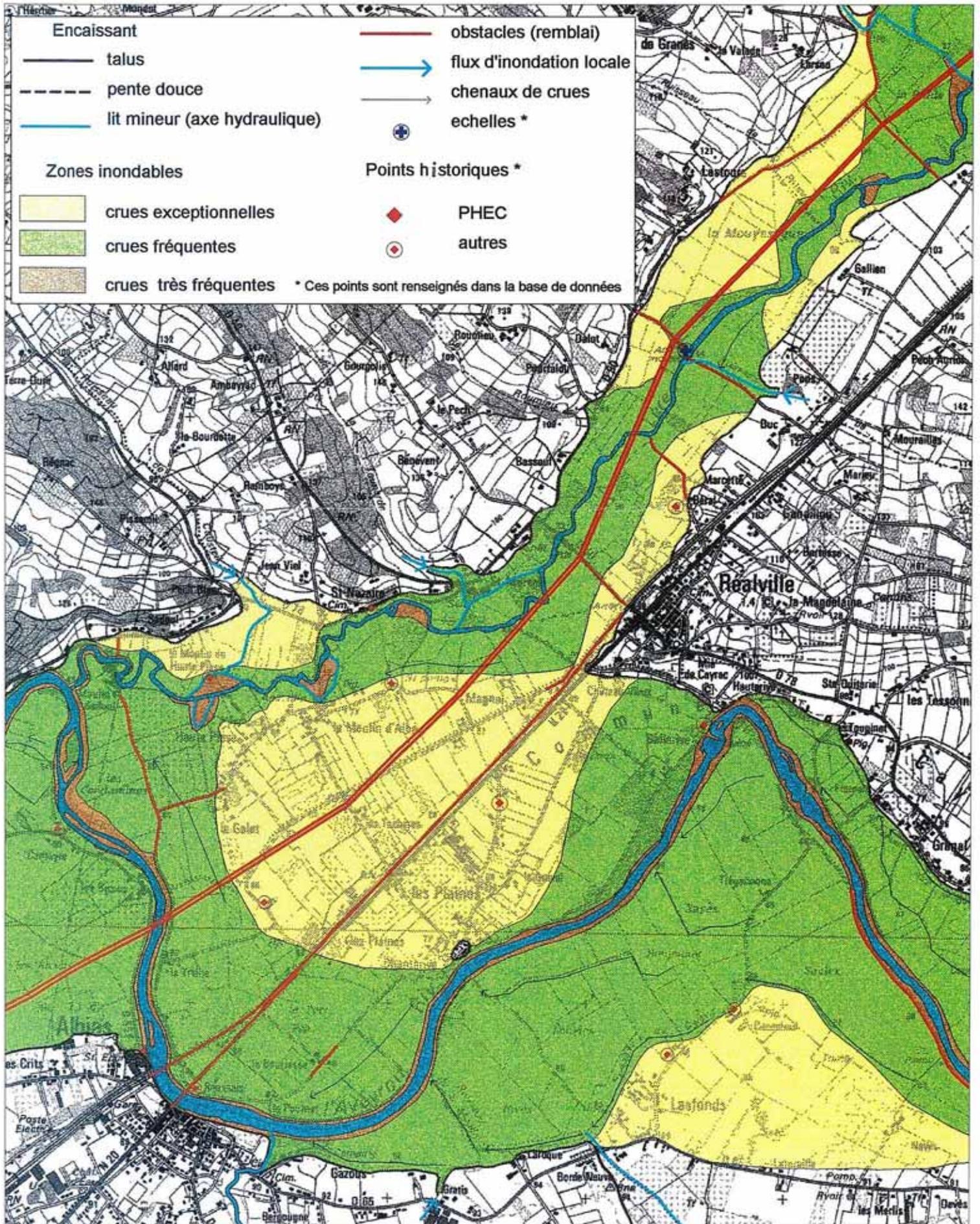
L'État n'est pas le seul acteur de la prévention, et il ne saurait s'afficher comme tel. Si, à travers le PPR, il vise à intégrer la prise en compte du risque dans les documents régissant l'occupation des sols, il n'a pas vocation à se substituer aux populations, aux associations de propriétaires, aux collectivités ou leurs groupements, pour définir une stratégie de protection, même à travers les mesures collectives de prévention qu'il pourrait prescrire dans le PPR. Néanmoins, par sa vision générale, il est à même d'inciter les acteurs du bassin versant à se fédérer pour réfléchir, préparer, puis mettre en œuvre les actions nécessaires. Une telle action collective peut alors se traduire dans l'élaboration d'un document de planification tel que le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE).

Aussi est-il indispensable de coordonner du mieux possible les différentes actions entreprises et de rassembler toutes les informations disponibles, y compris au sein même des services de l'État :

- les études globales existantes, entreprises pour définir l'aménagement d'un bassin, doivent pouvoir être utilisées pour améliorer les études d'aléas et la connaissance du risque. Elles doivent également permettre d'identifier les zones non inondables, en particulier dans les secteurs alluviaux (terrasses anciennes), qui sont susceptibles techniquement d'accueillir d'éventuelles extensions urbaines sans contrainte majeure ;
- les informations recueillies par les services d'annonce de crues et de secours doivent également être accessibles à ceux qui sont en charge des études d'aléas et de la définition des mesures de prévention du PPR ;
- les mesures édictées par le PPR et les projets de protection des lieux habités contre les crues doivent être rendus cohérents : un PPR visera ainsi à garantir l'inconstructibilité de zones qu'il est prévu de rendre de nouveau inondables dans le cadre de travaux de prévention. De même, si des travaux sont envisagés pour améliorer la protection d'une zone particulièrement dangereuse, le PPR veillera à ne pas y autoriser une densification de la population qui viendrait annuler les effets positifs du projet en termes de vulnérabilité globale ;
- en parallèle aux discussions sur le projet de PPR, il est important de pouvoir mettre en évidence auprès des populations le fait que d'autres actions de prévention sont prévues à l'échelle du bassin ou du versant : amélioration de l'alerte et de l'information des citoyens en temps de crise, études globales, travaux visant à ralentir les crues, etc. Ces éléments permettent d'élargir le débat : il est plus facile d'accepter certaines contraintes quand on est capable de les situer dans un dispositif qui s'inscrit dans un plus vaste territoire, et qui est globalement avantageux ;

¹ Dossiers départementaux des risques majeurs (DDRM), dossiers communaux synthétiques (DCS), documents d'information communale sur les risques majeurs (DICRIM).

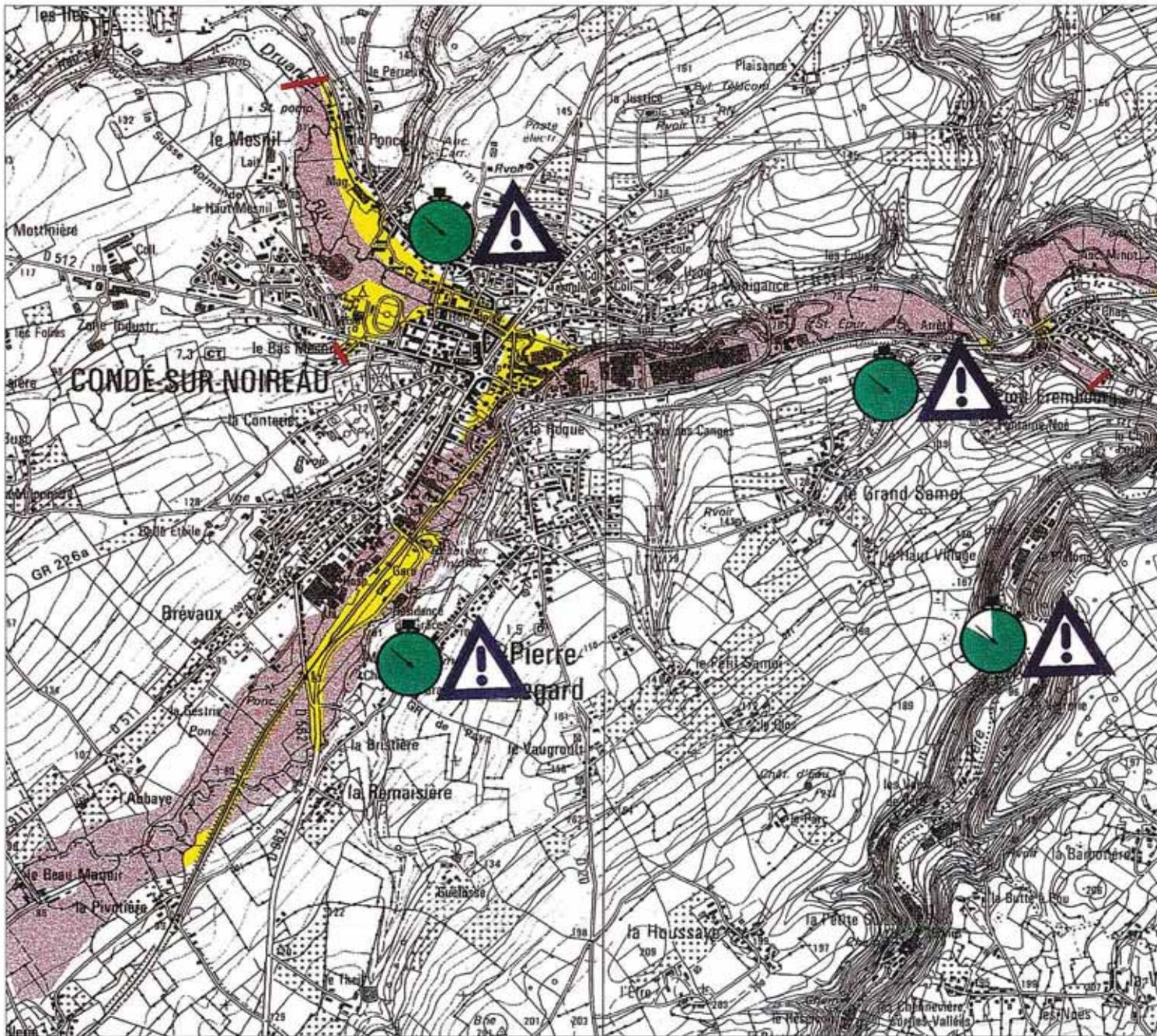
Carte 2. Carte informative de l'atlas des zones inondables du bassin de l'Aveyron



Source : DIREN Midi-Pyrénées, SOGREAH



Carte 3. Carte des aléas de l'atlas des zones inondables de la vallée du Noireau (Calvados)



 Zone alluviale aménagée

Zone inondable :

 Hauteur d'eau supérieure à 1 m

 Hauteur d'eau inférieure à 1 m

 Limite de zone d'étude

0 250 500 m



Source : DIREN Basse-Normandie

Durée au-dessus de la biennale :



très longue



longue



moyenne



brève



très brève

Intensité de la crue :



forte



assez forte



moyenne

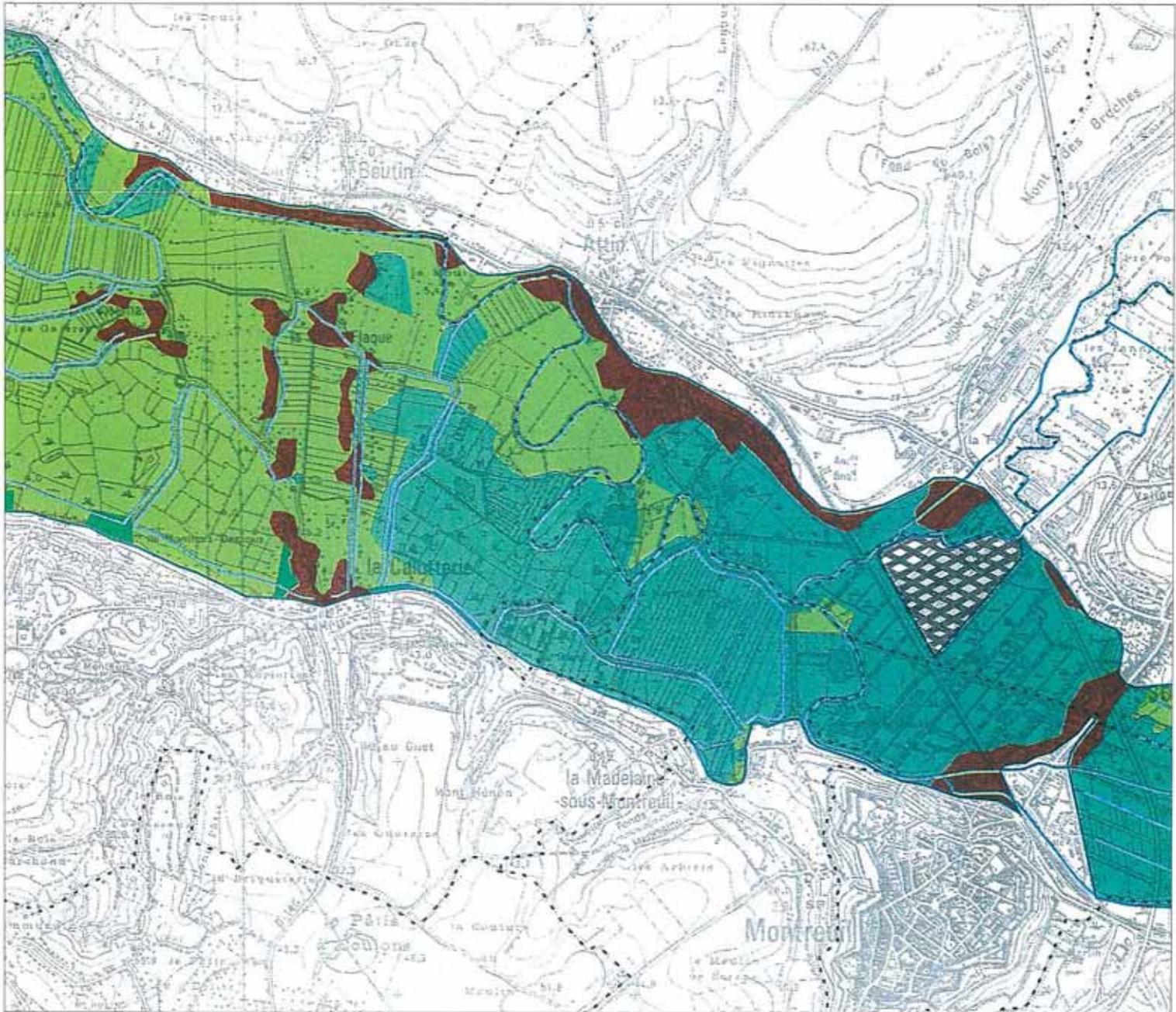


assez faible



assez faible

Carte 4. Carte des enjeux de l'atlas des zones inondables de la vallée de la Canche (Pas-de-Calais)



Occupation du sol en 1991



Source : DIREN Nord Pas-de-Calais

0 300 600 m

- le PPR succédera avec profit à l'information préventive. En effet, une connaissance partagée des aléas, et une information sur le niveau des risques encourus, notamment à travers les atlas de zones inondables, est un bon préalable pour permettre aux populations et aux acteurs concernés de s'approprier l'information et de prendre progressivement conscience de la nécessité d'agir. Une fois la logique de prévention comprise, il doit être plus aisé de faire accepter les contraintes qu'elle requiert.

Agir par tronçon de vallée plutôt que par commune

À la lumière des expériences passées, il convient d'insister sur le fait que les plans de prévention des risques doivent s'inscrire dans une stratégie de prévention des inondations à l'échelle d'un bassin versant ou d'un tronçon important de vallée. En conséquence, le PPR ne vise pas uniquement à traiter ponctuellement certains secteurs urbanisés. Il sera au contraire d'autant plus efficace qu'il permettra, au-delà des agglomérations, d'établir, à l'image des anciens PSS, une réglementation homogène sur des tronçons importants de vallée dans les zones rurales et périurbaines où des surfaces considérables de zones d'expansion des crues peuvent être assez facilement préservées des constructions, des remblaiements ou des endiguements. À cet égard, le PPR constitue l'un des rares outils réglementaires à la disposition de l'État pour intervenir sur ces deux derniers types d'aménagement.

Définir les secteurs d'intervention prioritaire

Le programme d'élaboration pluriannuel des PPR est préparé par le préfet après une concertation entre les services de l'État concernés qui se tient au sein de la cellule d'analyse des risques et d'information préventive (CARIP). Les maires doivent être informés de ces travaux le plus en amont possible.

Le programme s'appuie sur le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) disponible dans chaque département, sur les atlas des zones inondables lorsqu'ils existent, et sur les différents recensements et études de risques naturels réalisés au cours des dernières années, dont beaucoup n'ont pas encore donné lieu à la prescription de PPR. Les arrêtés de constatation de l'état de catastrophe naturelle, notamment pour les communes qui en ont bénéficié à plusieurs reprises, doivent également être pris en compte dans le choix des priorités. Enfin les « avis d'experts » constituent une source d'information intéressante.

Le travail commence par l'identification d'une liste de bassins de risque, qui représentent l'échelle privilégiée pour la réalisation des études techniques, puis se poursuit par celle des PPR, hiérarchisés en fonction de l'intensité du risque auquel sont (seront) soumis les personnes et les biens

existants ou futurs, et qu'on peut repérer à partir des situations suivantes :

- des zones inondables déjà urbanisées, dans lesquelles s'appliquent les dispositions de la circulaire du 24 avril 1996 ;
- des zones d'aléas fort potentiellement urbanisables, où il est indispensable d'interdire des constructions ;
- des zones inondables, ou potentiellement réinondables, peu ou pas urbanisées, qui constituent un capital d'inondabilité à préserver, même si les enjeux y sont faibles ;
- des secteurs soumis à une pression foncière importante caractérisée par des projets d'aménagement à court terme, du mitage, ou des remblaiements difficilement contrôlés ;
- des projets d'endiguement qui ne seraient pas justifiés par une urbanisation existante à protéger.

Les anciens documents, qui valent aujourd'hui PPR, doivent nécessairement être révisés, notamment certains PER et R. 111.3 dans la mesure où ils ont été établis sur des principes antérieurs à la circulaire du 24 janvier 1994 et sont significativement en retrait de la politique actuelle de gestion des zones inondables. Il en est de même de la plupart des PSS qui reposent sur un système déclaratif et une gestion au coup par coup des autorisations qui a largement montré ses limites (document 6).

Développer une démarche de concertation et d'appropriation du risque

La conduite des PPR doit être menée avec les différents acteurs (services de l'État et élus) dans un contexte de compréhension et de confiance mutuelles afin d'aboutir à une appropriation des risques par les intéressés. Pour y parvenir, le PPR ne doit pas être appréhendé isolément, mais en le situant dans une culture générale des aléas et des risques, ce qui suppose de l'aborder par quelques entrées déterminantes :

- le développement de la « culture du risque », qui permet de comprendre les logiques (d'indemnisation, d'interdiction du risque, de présomption d'invulnérabilité, de responsabilité) et les attitudes des acteurs ;
- l'identification des acteurs représentatifs des services de l'État et des collectivités locales ;
- la reconnaissance du niveau auquel peuvent se situer les réponses au problème de la prévention des risques et la possibilité de les faire évoluer vers un niveau plus élevé ;
- le processus d'appropriation, qui permet aux acteurs de prendre à leur compte la responsabilité de l'action et des décisions.

Cette démarche doit être mise en œuvre aux différentes étapes de la procédure.

Document 6

Passer du PSS au PPR

Les plans de surfaces submersibles, institués par le décret-loi de 1935, couvrent approximativement 6 000 kilomètres de cours d'eau. Ils valent plans de prévention des risques depuis la loi du 2 février 1995. Le décret du 5 octobre 1995 relatif aux PPR a maintenu en vigueur les textes fondant le régime particulier des PSS, tant que les PSS n'ont pas fait l'objet d'une révision pour devenir PPR en tant que tels (il n'est pas possible de superposer un PPR à un PSS sur le même territoire).

Destinés à préserver les conditions d'écoulement des eaux, essentiellement dans un but de navigation, les PSS délimitent le plus souvent deux zones :

- une zone A, dite de « grand écoulement » où la plupart des aménagements sont interdits (zone correspondant à des crues fréquentes) ;
- une zone B, dite « d'écoulement complémentaire », où la constructibilité est soumise à déclaration préalable auprès du service de la navigation. Le plus souvent, la constructibilité est permise sous réserve de dispositions constructives.

Du fait de ce régime de déclaration « au coup par coup », sans interdiction générale dans les zones B, les PSS n'ont pas permis aux services instructeurs d'appréhender les effets cumulés importants de projets individuels qui, pris isolément, avaient le plus souvent un impact négligeable. Les champs d'expansion des crues ont pu ainsi être « mités » et

leur capacité d'écrêtement des eaux diminuée. Par ailleurs, il apparaît bien souvent que les secteurs couverts par des PSS sont loin d'englober la totalité de la zone inondable et la zone B est rarement définie pour une période de retour supérieure ou égale à 100 ans.

Il est donc indispensable de réviser progressivement les PSS existants pour en renforcer le champ géographique et les prescriptions. Toutefois, la suppression du régime déclaratif « au coup par coup » impose de définir des prescriptions plus claires fonctionnant en « tout ou rien » au vu du contexte local : le PPR interdira certains aménagements, ou les autorisera sous des conditions explicitement définies. Or, une nouvelle traduction des prescriptions dans cet esprit se révèle difficile pour certains aménagements visés par les PSS (plantations, clôtures) dont l'objectif est d'assurer le libre écoulement des eaux. Pour ces raisons, il est nécessaire de bien déterminer s'il y a réellement intérêt à les réglementer dans le cadre d'un nouveau PPR, et dans ce cas, de définir avec précision les prescriptions qui leur sont applicables.

Compte tenu des capacités de stockage des crues localement considérables en bordure de fleuves couverts par des PSS, il peut apparaître prioritaire dans certaines zones d'engager sans tarder la révision de ces PSS, qui ne permettent pas une préservation suffisante des enjeux.

DESCRIPTION DES PHÉNOMÈNES ET DES RISQUES D'INONDATIONS

Les principales composantes du risque d'inondation

Le risque d'inondation est la conséquence de deux composantes :

- la présence de l'eau, qui s'écoule habituellement dans son lit mineur, mais qui peut aussi en sortir occasionnellement pour recouvrir une partie ou la totalité du fond de la vallée (lit majeur) ;

- la présence de l'homme, qui s'installe dans l'espace alluvial progressivement façonné par le cours d'eau, pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités. Cette occupation humaine joue un double rôle : d'une part, elle constitue le risque en exposant des personnes et des biens aux inondations, d'autre part, elle aggrave l'aléa et le risque, en amont comme en aval, en modifiant les conditions d'écoulement de l'eau.

Nous décrirons d'abord les éléments qui engendrent la formation d'une crue et d'une inondation, puis nous présenterons les différentes conséquences des inondations, enfin, nous évoquerons les facteurs aggravants du risque.

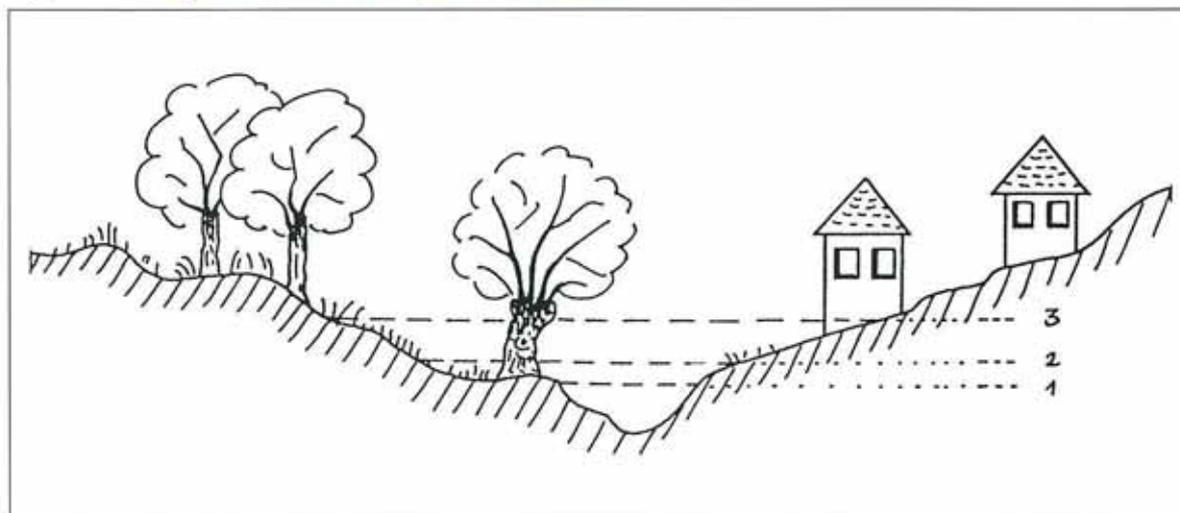
Les conditions de formation d'une crue et d'une inondation

DÉFINITIONS

Il est utile, au préalable, de retenir une définition pour chacun de ces deux termes dont il existe, suivant les auteurs (géographes, hydrologues, etc.) diverses acceptations. Retenons que :

- **une crue** correspond à une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau au-delà d'un certain seuil auquel toute analyse doit faire référence. Elle est décrite à partir de trois paramètres : le débit, la hauteur d'eau et la vitesse du courant. En fonction de l'importance des débits, une crue peut être contenue dans le lit ordinaire, dénommé lit mineur du cours d'eau, ou déborder dans son lit moyen ou majeur (figure 1). Par ailleurs, les caractéristiques des précipitations (extension, intensité, durée) et des bassins versants peuvent donner lieu, selon les cas, à trois types de crues caractérisées en fonction du mode de propagation de l'onde de crue : les crues simples (pluies intenses de courte durée affectant généralement l'ensemble du bassin), les crues multiples (précipitations se succédant à un intervalle de

Figure 1. L'organisation d'une plaine alluviale



1. la rivière reste dans son lit mineur ; 2. elle déborde sur la rive gauche dans le lit moyen ; 3. elle s'étale dans le lit majeur.

temps inférieur au temps de réponse le plus long du bassin, ou pluies de longue durée), et des crues complexes, juxtaposant les deux types de crues précédents (le Gers en 1977) ;

- **une inondation** désigne un recouvrement d'eau qui déborde du lit mineur ou qui afflue dans les talwegs ou les dépressions. Cette définition, plus large que celle retenue habituellement par les hydrologues, permet d'ajouter aux phénomènes classiques que sont les débordements d'un cours d'eau, directs ou indirects (contournement d'un ouvrage, fonctionnement d'un déversoir), d'autres manifestations comme les remontées de nappes (Marne, Moselle, etc.), les ruissellements résultant de fortes pluies d'orages sur des petits bassins versants (mise en charge des talwegs en milieu urbain), les inondations par rupture d'ouvrages de protection (brèches dans les digues), ou encore les inondations estuariennes résultant de la conjonction de fortes marées, de situations dépressionnaires et de la crue des fleuves (Bordeaux, Quimper).

LE PROCESSUS CONDUISANT AUX CRUES ET AUX INONDATIONS

Comprendre le processus à l'origine des crues et des inondations suppose d'analyser les différents facteurs concourant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un cours d'eau :

- **l'eau mobilisable** : il peut s'agir de la fonte de neiges ou de glaces au moment d'un redoux, associée au non à des pluies (le Doubs en février 1999 à Besançon), de pluies répétées et prolongées de régime océanique, qui affecteront plutôt un grand bassin versant comme celui de la Loire ou de la Seine, ou d'averses relativement courtes mais intenses qui pourront toucher la totalité de la superficie de petits bassins versants de quelques kilomètres carrés ;

- **le ruissellement** : il dépend de la nature du sol et de son occupation de surface. Il correspond à la part de l'eau qui n'a pas été interceptée par le feuillage, ni restituée à l'atmosphère par évaporation, et qui n'a pas pu s'infiltrer, ou qui resurgit très rapidement après infiltration et écoulement hypodermique ou souterrain. Il sera donc d'autant plus faible que la couverture végétale sera dense (arbres, herbes et tapis d'humus) et que les sols seront profonds et non saturés par des épisodes pluvieux récents. Inversement, l'imperméabilisation des sols due à l'urbanisation (infrastructures, constructions) le favorisera. Par ailleurs, l'intensité de la pluie joue aussi un rôle non négligeable en créant, au-delà d'une certaine valeur, un film d'eau à la surface du sol, qui va conduire à un écoulement maximum ;

- **le temps de concentration (ou durée caractéristique)** : il est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau ayant le plus long chemin hydraulique à parcourir parvienne jusqu'à l'exutoire. Il est donc fonction de la taille et de la forme

du bassin versant, de la topographie et de l'occupation des sols. Un changement de pratique agricole, par exemple, tel que le remplacement d'une prairie par une vigne (avec drainage des eaux de pluie sur les pentes) ou par des cultures de maïs contribuera à un écoulement plus rapide et diminuera par conséquent le temps de concentration des eaux vers l'émissaire ;

- **la propagation de la crue** : l'eau de ruissellement se rassemble dans un axe drainant où elle forme une crue qui se propage vers l'aval ; le débit de pointe de la crue est d'autant plus amorti et sa propagation ralentie que le champ d'écoulement est plus large et que la pente est plus faible ;

- **le débordement** : il est consécutif à la propagation d'un débit supérieur à celui que peut évacuer le lit mineur, dont la capacité est généralement limitée à des débits de crues de période de retour de l'ordre de 1 à 5 ans. Il peut se produire une ou plusieurs fois par an ou seulement tous les dix ans en moyenne voire tous les cent ans. En débordant, l'eau alimente massivement la nappe phréatique située sous le champ d'inondation et approvisionne les milieux de vie des végétaux et des animaux aquatiques ou hygrophiles.

Les conséquences des inondations : risques et modifications du milieu

Elles affectent les personnes, les communications, les biens et les activités, mais aussi le milieu naturel. Elles se traduisent principalement par :

- **la mise en danger des personnes** : elle survient surtout lorsque les délais d'alerte et d'évacuation sont trop courts ou inexistantes, pour des crues rapides ou torrentielles, sans exclure toutefois les crues de plaine. Pour ces dernières, qui sont généralement étudiées et contrôlées par un service d'annonce de crues, c'est le nombre d'habitants à évacuer qui peut devenir préoccupant le long des principaux cours d'eau très urbanisés. Le danger se traduit d'abord par le risque d'être emporté ou noyé en raison de la hauteur d'eau (au-delà de 1 mètre) ou de la vitesse d'écoulement (à partir de 0,50 m/s), mais aussi par la durée de l'inondation qui peut conduire à isoler des foyers de population situés sur des îlots coupés de tout accès. À ce danger, s'ajoutent les séquelles psychologiques pour les personnes sinistrées. La population exposée comprend aussi bien les personnes résidentes, permanentes ou temporaires, que celles qui exercent une activité ou se déplacent dans le champ d'inondation. Elle peut être localement très importante (probablement plus de 2 millions de personnes pour l'ensemble de la France), notamment dans les espaces urbanisés (région parisienne) ou touristiques (campings au bord des rivières) ;

- **l'interruption des communications** : elle se manifeste par la coupure des routes et des voies ferrées qui interdit l'accès des piétons et des véhicules et par la perturbation des réseaux enterrés

ou de surface (téléphone, électricité, chauffage urbain, etc.). Elle peut avoir des conséquences graves sur la diffusion de l'alerte, l'évacuation, l'organisation des secours et plus généralement sur les activités ;

- **les dommages aux biens et aux activités :** les dommages revêtent de multiples formes. Ils touchent les biens immobiliers, avec des dégâts limités lorsqu'il s'agit d'une simple mise au contact de l'eau (traces d'humidité sur les murs, dépôts de boue) ou des destructions partielles ou totales, comme ce fut le cas à Castéra-Verduzan (Gers) en 1977 ou à Vaison-la-Romaine (Vaucluse) en 1992. Les dommages mobiliers sont plus fréquents, principalement dans les sous sols des maisons ou en rez-de-chaussée. Les activités sont également affectées, directement ou indirectement, par l'endommagement des machines, les pertes agricoles, l'impossibilité d'être ravitaillé, l'arrêt de la production, le chômage technique, la remise en état d'un atelier, les trajets supplémentaires à effectuer, etc. ;

- **l'érosion et les dépôts de matériaux, les déplacements du lit ordinaire :** les crues impliquent des phénomènes d'érosion, de transport de matériaux (charriage, saltation, suspension) et d'alluvionnement. Elles participent de ce fait à l'évolution du milieu naturel, dans ses aspects positifs comme négatifs : modification de la géométrie du lit mineur, voire de la plaine alluviale, réactivation d'anciens bras, quelquefois réoccupation d'un ancien lit mineur provisoirement abandonné à l'occasion d'une crue ou à la suite de travaux, dépôt d'une pellicule de limon, mais aussi ravinelements, prélèvements de terres fertiles, atterrissements pouvant constituer des embâcles et affouillements susceptibles de détruire un ouvrage ou un bâtiment.

Les facteurs aggravant les risques

Ils sont presque toujours dus à l'intervention humaine et correspondent essentiellement à :

- **la concentration des personnes et l'accumulation des biens dans le champ d'inondation :** l'augmentation de la population dans la plaine alluviale exposée aux inondations (résidents, actifs, touristes et plus particulièrement campeurs), ainsi que l'implantation de biens sensibles à l'eau ou d'activités incompatibles avec elle sont la première cause d'aggravation du risque. Elles sont d'autant plus redoutables lorsque des ouvrages de protection ont été construits, car ces derniers donnent un faux sentiment de sécurité qui induit toujours plus de développement par effet de spirale : les habitations nouvelles appellent des infrastructures et des équipements qui suscitent des protections supplémentaires. Par ailleurs, la notion de risque est facilement occultée par la mémoire collective et les mesures les plus élémentaires de précaution sont vite oubliées ;

- **la défaillance des dispositifs de protection :** le rôle des dispositifs de protection (digues, déversoirs) est limité comme en ont témoigné quelques grandes inondations (la Loire au XIX^e siècle, le Rhône et la Camargue en 1993). Leur comportement et leur efficacité sont fonction de leur mode de construction, de la qualité de leur gestion et de leur entretien et de la crue de référence pour laquelle ils ont été dimensionnés. La rupture ou la submersion d'une digue peut, dans certaines circonstances, exposer davantage la plaine alluviale aux inondations que si elle n'était pas protégée. En particulier, le déferlement de l'eau ajoute un phénomène aggravant sur une bande de terrain proche de l'ouvrage ;

- **le transport et dépôt de produits indésirables :** l'inondation prend en charge puis abandonne sur son parcours des produits polluants, des matières toxiques ou des germes pathogènes. Ces produits sont particulièrement abondants en zones urbaines ou industrielles et justifient des précautions particulières : citernes de mazout, stocks de fabrication, boues déposées dans les réseaux d'assainissement, etc. ;

- **la formation et la rupture d'embâcles :** les matériaux flottants transportés par le courant (arbres, buissons, mais aussi caravanes et véhicules divers) s'accumulent en amont des passages étroits et s'y enchevêtrent au point de former des embâcles qui surélèvent fortement le niveau de l'eau. La rupture éventuelle de ces embâcles provoque une onde puissante et dangereuse en aval ;

- **la surélévation de l'eau en amont des obstacles :** tout obstacle à l'écoulement (pont, remblai, mur) provoque une surélévation de l'eau en amont et sur les côtés qui est d'autant plus grande que l'obstacle intercepte une section importante de l'écoulement.

Les inondations lentes (ou inondations de plaine)

Les inondations à montée lente des eaux résultent de crues provoquées par des pluies prolongées qui tombent sur des reliefs peu marqués aux sols assez perméables où le ruissellement est long à se déclencher (photographie 1). Elles se produisent en plaine, mais aussi dans les régions de plateau, à l'aval de grands bassins versants (plusieurs centaines de kilomètres carrés). La propagation des crues dans des vallées larges à pente faible induit un amortissement du débit de pointe par laminage et une vitesse de montée du niveau de l'eau de l'ordre de plusieurs centimètres par heure.

L'intervalle de temps existant entre le déclenchement de la pluie, le ruissellement, la propagation de la crue, la montée des eaux et le débordement, permet généralement de prévoir l'inondation, surtout si le cours d'eau est équipé d'un système d'annonce de crues, et de prendre toutes les dispositions nécessaires vis-à-vis de la

population : information, évacuation éventuelle, etc. Ces inondations peuvent néanmoins occasionner une gêne considérable pour les personnes, représenter une menace pour de nombreux riverains, et parfois provoquer des victimes en raison de la méconnaissance du risque et des caractéristiques de l'inondation (hauteurs de submersion pouvant atteindre plusieurs mètres, vitesses du courant localement très élevées). En outre, les submersions peuvent se prolonger plusieurs jours, voire plusieurs semaines, entraînant des dégâts considérables aux biens, des perturbations importantes sur les activités, des désordres sanitaires et des préjudices psychologiques graves. La durée de submersion peut donc être un paramètre important à prendre en compte dans la description de l'aléa.

Les inondations rapides

Les inondations rapides correspondent à des crues dont le temps de concentration des eaux est, par convention, inférieur à 12 heures. Elles se forment dans une ou plusieurs des conditions suivantes : averse intense à caractère orageux et localisé, pentes fortes, vallée étroite sans effet notable d'amortissement ni de laminage. Les inondations rapides se produisent principalement en montagne et en région méditerranéenne, mais elles

peuvent aussi se rencontrer dans beaucoup d'autres régions, surtout sur les petits bassins versants lors des orages d'été (Normandie, en 1997).

La brièveté du délai entre la pluie génératrice de la crue et le débordement rend très difficiles, sinon impossibles, l'alerte et l'évacuation des populations menacées. Par ailleurs, la hauteur de submersion, et surtout la vitesse d'écoulement et de montée des eaux, de l'ordre de plusieurs décimètres par heure (sa valeur est rarement connue localement pour une crue donnée), représentent des facteurs de risques et de dangers aggravés. Ces risques pour la vie des personnes et l'intégrité des biens sont d'autant plus élevés qu'un important charriage de matériaux rend souvent les flots plus destructeurs (photographie 2).

Les inondations par ruissellement urbain

Elles sont dues à des écoulements sur la voirie de volumes d'eau ruisselés sur le site ou à proximité, qui ne sont pas absorbés par le réseau d'assainissement superficiel et souterrain.

Elles sont souvent la conséquence d'orages violents s'abattant sur des zones urbanisées ou à leur voisinage immédiat. Les bassins versants sont généralement de petite taille (moins de 10 km²),

Photographie 1. Inondation de la Marne à Esbly en 1983 (Seine-et-Marne)



Source : Ministère de l'Équipement. STU.

Photographie 2. Destruction d'un pont sur l'Ouvèze en 1992 (Vaucluse)



Source : Gérald Garry.

et les axes drainants très courts (moins de 5 km). Le temps de propagation de la crue est réduit et le débordement survient très rapidement par dépassement de la capacité ou par obturation avec embâcle des fossés et canalisations enterrées.

L'urbanisation intensive de petits bassins versants est à l'origine de l'imperméabilisation des sols, qui accroît et aggrave considérablement le ruissellement. Souvent, l'absence d'écoulement permanent dans le réseau naturel de drainage superficiel a conduit à oublier son rôle en période d'orages, voire sa présence. Les sections d'écoulement sont ainsi peu à peu réduites, les lits sont couverts au profit de constructions ou de voiries. Mais lors d'événements pluvieux importants, l'eau retrouve son cheminement naturel, dont l'occultation dans la trame urbaine rend le phénomène d'autant plus inattendu et dangereux. Celui-ci est particulièrement préoccupant sur les petits bassins versants urbanisés de la zone méditerranéenne.

L'extrême brièveté des délais, qui empêche pratiquement d'avertir les populations, la concentration des écoulements dans certains axes de voirie, l'entraînement très fréquent de boues et d'objets flottants de toutes tailles, l'effet d'aspiration par les regards de visite des égouts dont les obturations sont descellées, la présence de personnes en grand nombre avec quelquefois une forte proportion d'étrangers au site, l'accumulation de biens et d'activités sensibles dans la zone inondée, sont autant de facteurs d'accroissement des risques humains et économiques.

Les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement caractérisent principalement l'aléa, mais, compte tenu de la complexité des écoulements en milieu fortement urbanisé et des inévitables effets d'embâcles de véhicules qui peuvent conduire à les modifier considérablement, ces paramètres sont souvent difficiles à appréhender.

Les types particuliers d'inondations

Inondations par les torrents

Les torrents sont des cours d'eau à pente forte (supérieure à 6 %) présentant des débits irréguliers et des écoulements très chargés. Ils sont générateurs de risques d'inondation accompagné d'érosion et d'accumulations massives de matériaux qui justifient une détermination soignée des aléas et des prescriptions.

Les laves torrentielles représentent l'une de leurs manifestations les plus fréquentes et les plus dommageables. Ce sont des écoulements mêlant intimement l'eau et des matériaux de toutes tailles dans une proportion considérable (50 % et plus du volume total). Elles se produisent soudainement et pendant une courte durée, de l'ordre de l'heure, généralement dans le lit d'un torrent, habituellement parcouru par des écoulements « normaux », à la suite d'un orage violent ou de pluies prolongées. Elles déplacent des quantités de matériaux considérables de l'ordre de la dizaine de milliers de mètres cubes, qui sont arrachés au bas-

sin de réception et au lit du torrent puis déposés assez brutalement dès que la pente devient trop faible. Ce dépôt provoque souvent un changement de lit et finalement, de crue en crue, le balayage d'un cône de déjection torrentielle.

Les laves torrentielles ne s'étalent pas dans un champ d'inondation comme les écoulements liquides. Leur soudaineté, leur charge solide considérable, le balayage de leur zone de dépôt sont des facteurs de risque très importants auxquels s'ajoute parfois la rareté du phénomène qui confère au torrent un aspect faussement débonnaire.

Les submersions marines

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques (forte dépression et vent de mer) et marégraphiques sévères provoquant par exemple des ondes de tempête. Elles affectent en général des terrains situés en dessous du niveau des plus hautes mers, mais aussi parfois au-dessus, si des projections d'eaux marines franchissent des ouvrages de protection.

Elles sont dues :

- à la rupture ou à la destruction d'un cordon dunaire à la suite d'une érosion intensive
- au débordement ou à la rupture de digues ou d'ouvrages de protection, ou encore à leur franchissement par des « paquets de mer » ;
- à des vagues de forte amplitude provoquées par des glissements sous-marins (Les Saintes-Maries-de-la-Mer, 1985).

Les submersions sont en principe de courte durée (de quelques heures à quelques dizaines d'heures, exceptionnellement quelques jours comme aux Bas-Champs de Cayeux dans la Somme), en raison de leur origine (franchissement lié à la marée ou à une tempête). Elles se traduisent par l'invasion de biens bâtis ou non bâtis (terrains agricoles) par des eaux salées particulièrement agressives.

Lorsqu'elles sont dues à une rupture de cordon littoral, les eaux marines peuvent véhiculer d'importantes quantités de sédiments, créant des « épandages de tempête » qui rendent parfois les terres agricoles temporairement peu exploitables.

En cas de franchissement d'ouvrages de protection, elles peuvent entraîner des projections de sable et surtout de galets pouvant avoir des effets dommageables sur les fronts de mer urbanisés.

La mer peut atteindre un niveau exceptionnellement élevé par la combinaison d'une grande marée, d'une tempête et d'une dépression barométrique provoquant une surcote de plusieurs décimètres ; elle peut alors submerger des terrains qui se trouvent au-dessous de son niveau et qui sont dépourvus de protection soit habituellement, soit accidentellement. Une telle situation est favorable à la rupture de digues, qu'elles soient ou non exposées directement à l'action des vagues.

Les submersions marines sont traitées dans le guide méthodologique des plans de prévention des risques littoraux.

Les inondations estuariennes

Les zones riveraines d'un estuaire peuvent être inondées du fait de la conjonction d'une crue fluviale et d'un niveau de la mer exceptionnellement élevé bloquant ou ralentissant l'évacuation de la crue. Le niveau de cette submersion suit alors les fluctuations d'une ou plusieurs marées avec les modifications propres à l'estuaire et à la crue fluviale.

Les inondations par refoulement du réseau d'assainissement pluvial (ou unitaire)

Des averses intenses s'abattant sur une zone urbaine peuvent être absorbées localement par le réseau d'assainissement pluvial, mais dépasser sa capacité dans sa partie aval. Le réseau refoule alors par ses orifices dans les sous-sols et en surface (c'est également le cas lorsqu'un réseau d'évacuation pluviale gravitaire voit son écoulement empêché par le niveau élevé de la rivière dans laquelle il aboutit, du fait d'une crue). Ces refoulements, qui surprennent par leur brutalité et leur puissance, peuvent présenter des risques pour les personnes (projection de plaques d'égouts, invasion de parkings souterrains). Du fait de la multiplication des aménagements de sous-sols d'habitation et de bâtiments publics, les dégâts matériels ne sont pas négligeables.

Les inondations par remontée de nappe

Les nappes d'eau souterraines peuvent monter jusqu'à la surface du sol et au-dessus, naturellement ou artificiellement :

• **inondations par remontées naturelles de nappe :** des pluies abondantes et prolongées peuvent recharger la nappe phréatique au point de la faire déborder dans tous les points bas de son secteur (exemple de la nappe de la craie dans les vallées sèches ou drainées du Nord-Ouest de la France en avril 1995). La lenteur de la propagation de l'eau dans le sous-sol peut conduire à un décalage important par rapport à la série pluvieuse (quelques jours à quelques mois) et à une durée considérable de l'inondation (quelques semaines, voire quelques mois). Ces inondations lentes présentent peu de risque pour les personnes mais provoquent des dommages non négligeables à la voirie (effet de sous-pression) et aux constructions et ceci d'autant plus qu'elles surviennent plus rarement.

• **inondations par remontées artificielles de nappe :** l'arrêt durable d'un ou plusieurs pompages importants dans la nappe phréatique provoque au pour-

tour une remontée sensible du niveau d'eau. Il en est de même de la construction et du maintien en eau d'un bassin non étanche en surélévation ou encore de la création d'un écran étanche formant obstacle à l'écoulement souterrain. Les inondations qui en résultent concernent le plus souvent des installations en sous-sol, mais elles peuvent aussi atteindre la surface. Elles se produisent avec un certain retard et durent au moins aussi longtemps que leur cause.

Les phénomènes retenus dans le cadre des plans de prévention des risques d'inondation

Les plans de prévention des risques doivent prendre en compte tous les types d'inondations qui peuvent survenir sur un territoire, quelle qu'en

soit l'origine. Cependant, certains d'entre eux n'existent qu'à la marge et font l'objet d'une démarche particulière de qualification des aléas. Il a donc été décidé de présenter dans ce guide la méthodologie générale qui correspond au plus grand nombre de manifestations en France, à savoir les inondations lentes, les inondations rapides et les inondations par ruissellement urbain (tout au moins celles qui sont du même type que Nîmes). Sont exclus, par contre, les problèmes d'insuffisance du réseau de collecte des eaux pluviales et usées, dont l'origine est à rechercher dans le mode de construction et de gestion des réseaux d'assainissement. À ce titre, ils peuvent être considérés comme des risques d'un caractère plus anthropique que naturel, et leur localisation est plus difficilement prévisible du fait de l'évolution des réseaux. Les inondations par les torrents, quant à elles, sont traitées en annexe et les autres phénomènes pourront faire l'objet de documents complémentaires spécifiques à venir.

MÉTHODE D'ANALYSE ET DE CARTOGRAPHIE DES RISQUES

Les études engagées dans le cadre du PPR ont pour finalité de mieux connaître les phénomènes, les aléas et les enjeux afin de gérer efficacement l'occupation des sols et de maîtriser l'extension urbaine dans les zones exposées en conciliant les impératifs de prévention et les besoins socio-économiques de développement.

Ces études seront menées en liaison étroite avec l'ensemble des acteurs (services de l'État, représentants des collectivités territoriales, etc.), dans un cadre spatial préalablement défini (bassin de risque et périmètre d'étude), et à partir de l'état actuel des connaissances (priorité aux études qualitatives).

Elles feront l'objet de deux étapes principales :

1 La qualification des aléas, qui passe par une suite logique d'analyses et d'expertises complémentaires :

- la constitution d'une base documentaire aussi large que possible ;
- l'analyse hydrogéomorphologique de la vallée, destinée à mieux comprendre l'espace alluvial et le fonctionnement des cours d'eau. Elle intègre la caractérisation des ouvrages et aménagements dont l'existence, l'état ou la gestion modifient les conditions d'inondation ;
- le recensement et le traitement des données historiques, qui permettent de décrire les grands événements du passé, de rappeler leurs conséquences et d'en déduire la probabilité de retour d'événements de même nature ;
- la caractérisation des aléas qui montre une hiérarchisation fondée sur les principaux paramètres physiques de la crue de référence (hauteur d'eau, vitesse d'écoulement, durée de submersion).

2 L'évaluation des enjeux socio-économiques, naturels et humains

Elle présente les espaces urbanisés, les zones d'expansion des crues, et, selon la situation locale, les principaux foyers de population, les biens et les activités actuellement exposés ou qui le deviendraient si certains projets d'aménagements aboutissaient. Elle permet aussi de visualiser l'accessibilité prévisible aux infrastructures et de repérer les bâtiments qui seraient susceptibles d'accueillir la population sinistrée.

L'enchaînement de ces étapes techniques, qui conduisent au zonage et au règlement, doit pouvoir être compris facilement par les différents intervenants de la démarche du PPR (services instructeurs, élus, habitants, etc.). Cette exigence sup-

pose la réalisation de documents cartographiques adaptés, dont l'objectif est non seulement technique, mais aussi informatif et pédagogique. Trois d'entre eux, au minimum, seront joints au dossier du PPR :

- la « carte informative des phénomènes naturels » ;
- la « carte des aléas » ;
- la « carte des enjeux ».

D'autres cartes thématiques, en particulier la « carte hydrogéomorphologique » qui sera dressée au début de l'étude, pourront être intégrées au dossier dans la mesure où elles facilitent la compréhension des aléas et la perception des risques. Il faudra cependant veiller à ne pas multiplier les documents explicatifs pour ne pas risquer de masquer l'essentiel.

Ce chapitre sera donc partagé en trois parties principales :

- le cadre des études, mettant l'accent sur les conditions générales pédagogiques et techniques de la mise en œuvre et du déroulement des études de risques ;
- la conduite des études d'aléas, explicitant les différentes phases menant à la qualification des aléas, leur articulation et leur traduction cartographique ;
- l'évaluation des enjeux, précisant les types d'enjeux à identifier et à délimiter vis-à-vis des objectifs de prévention qui président au choix du zonage réglementaire, aux prescriptions et aux recommandations.

Le cadre des études de risques

La réussite de la procédure PPR repose en grande partie sur l'appropriation par les élus et par la population, de la réalité des aléas et des risques, qui dépassent presque toujours les limites territoriales de la commune. Il est donc fondamental de montrer qu'il s'agit de phénomènes conditionnés à l'origine par des facteurs naturels, qui se manifestent dans un cadre géographique plus ou moins grand, qui sont déclenchés ou aggravés par les hommes, les activités et les biens installés sur le passage de l'eau, au-delà de toute considération administrative. Par ailleurs, le caractère indiscutable des témoignages inscrits sur le terrain et dans l'histoire ne peut que favoriser la prise en considération des risques de la part de l'ensemble des acteurs.

L'intérêt d'une concertation précoce

La concertation est indispensable pour mener à bien l'approbation du PPR. Mais, si elle n'intervient que sur un dossier réglementaire déjà verrouillé, elle a peu de chance d'être productive. Elle doit donc être engagée dès la phase des études techniques. Elle permet en particulier une mise en commun des informations détenues par chacun et favorise la transparence des étapes de la procédure. Elle contribue ainsi à l'instauration du climat de confiance nécessaire à l'appropriation des risques et au partage des choix qui fondent le projet de plan.

Cette appropriation n'est pas un simple transfert d'informations supposées objectives et scientifiques, mais une appropriation culturelle par la collectivité de la connaissance des phénomènes de crues et par le service instructeur des questions que la collectivité peut se poser. La confrontation de cette connaissance entre l'État et les collectivités, et les échanges qui en résultent, participent à un partage de la réalité du risque d'inondation avec ses probabilités, ses zones d'incertitudes et ses besoins de clarifications. Cette démarche doit faire progresser le point de vue de l'ensemble des acteurs. C'est l'appréciation mutuelle de l'existence et des limites de cette connaissance qui en permet le partage.

La concertation, au sens large, suppose d'associer toutes les compétences en présence, administratives, techniques et politiques. À ce titre :

- Le service instructeur désigné par le préfet pour élaborer le PPR doit s'appuyer sur la connaissance et l'expérience des principaux services de l'État. Il doit également s'assurer que tous les services portent les mêmes objectifs et le même discours avant d'engager la concertation à l'extérieur de l'administration ;
- Les autorités locales doivent participer à la réflexion qui conduit à la délimitation du périmètre d'étude et être consultées régulièrement au cours des différentes phases de l'étude : connaissance des inondations (participation au recueil des informations, etc.), analyse des aléas (validation des aléas de référence) et identification des enjeux (qui doit tenir compte de leurs projets d'aménagement et de leurs souhaits de prévention). La concertation permet ainsi d'associer étroitement les élus et les services techniques des villes à la reconstitution des crues historiques et à la reconnaissance des événements prévisibles qui seront déterminants pour définir les mesures à prendre (obligatoires ou recommandées).

Les cartes techniques, établies au fur et à mesure de la démarche, constituent l'un des supports de la concertation. Elles sont indispensables, au même titre que d'éventuels autres documents rassemblés ou dessinés (cartes anciennes, photographies aériennes, photographies au sol, carte synthétique des paramètres physiques, etc.), pour localiser, communiquer et échanger.

La pertinence de la délimitation des espaces à étudier

La première étape de l'élaboration du PPR consiste à délimiter les espaces qui seront étudiés, cartographiés et réglementés. Le décret 95-1089 du 5 octobre 1995 précise dans son article 2 que « l'arrêté prescrivant l'établissement d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte ». Cependant, ce périmètre doit s'inscrire dans un espace géographique homogène : le bassin de risque.

LE BASSIN DE RISQUE

Le bassin de risque correspond à une entité géographique cohérente au regard de critères topographiques, géologiques, morphologiques et hydrodynamiques dont l'occupation conduit à exposer les hommes, les biens ou les activités aux aléas d'inondations. Il permet d'avoir une bonne approche globale des phénomènes et de mieux comprendre le fonctionnement des cours d'eau (perméabilité des sols, valeur des pentes, imperméabilisation, coefficient de ruissellement, vitesse d'écoulement à l'exutoire, etc.) et la formation du risque.

Les limites du bassin de risque peuvent correspondre, dans le cas des inondations, à celles d'un bassin versant, ou à une partie de celui-ci, en fonction de la taille de l'appareil hydrographique, ou encore à un sous-bassin affluent.

Le bassin versant est défini par les géographes comme tout ou partie d'un bassin hydrographique. Pour certains « il a pour axe le cours d'eau principal et pour limite la ligne de partage des eaux le séparant des bassins versants adjacents »², alors que pour d'autres, il couvre « toute l'étendue qui est en amont d'une station de mesures et dont les eaux versent en ce point »³. En dehors de quelques cas particuliers comme la présence de terrains karstiques où la circulation interne de l'eau est intense et complexe (perte éventuelle d'une partie des eaux qui réapparaissent à plusieurs dizaines ou centaines de kilomètres, comme c'est le cas pour le Lez, dans l'Hérault, dont le point de source correspond à une résurgence d'eaux infiltrées dans les Causses), la limite du bassin versant est d'ordre topographique, c'est-à-dire qu'elle est représentée par la ligne de crête le séparant du bassin versant voisin (carte 5).

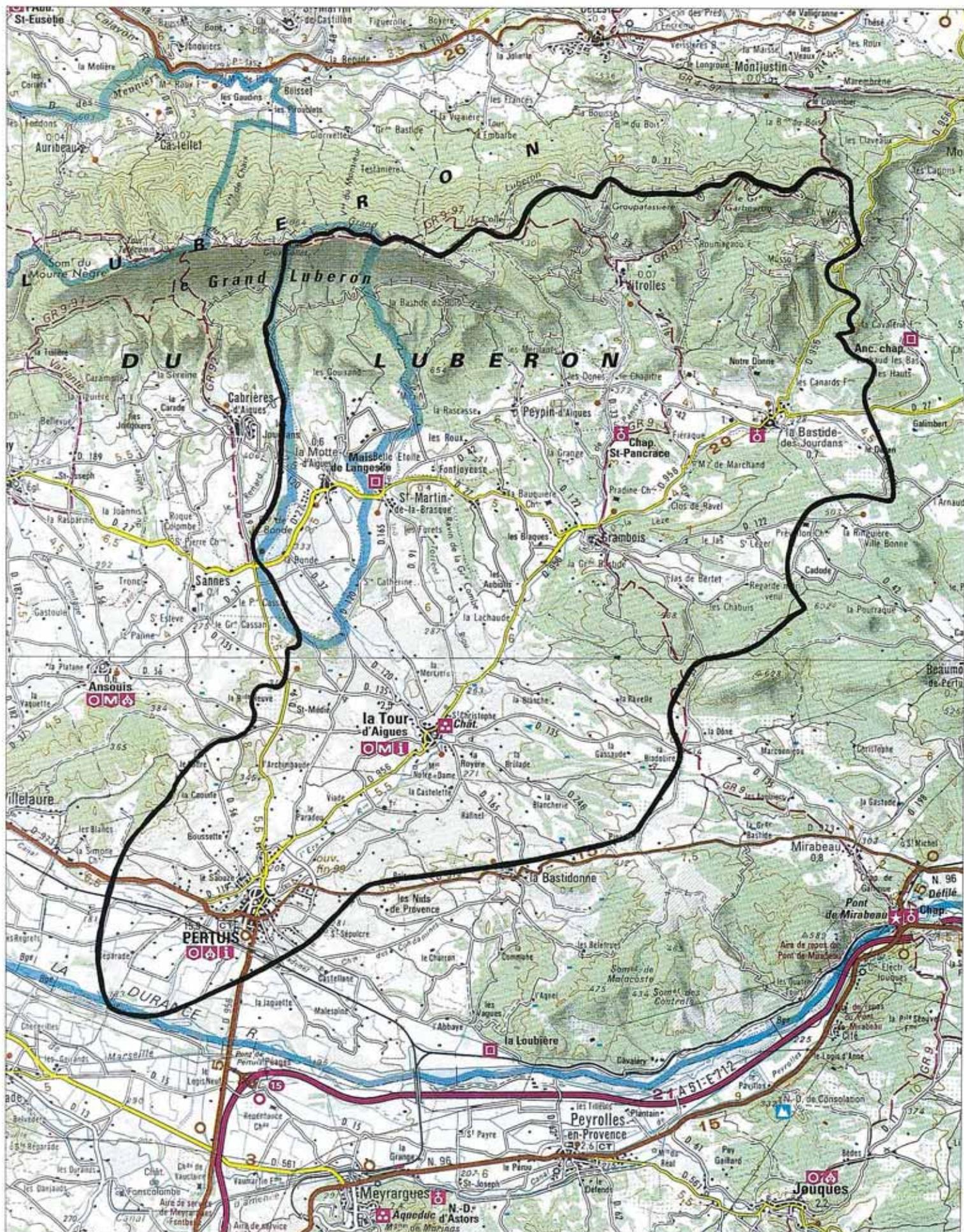
LE PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE

Les données disponibles au niveau de chaque bassin ou sous-bassin de risques permettent de mieux cerner le périmètre d'étude dans lequel la connais-

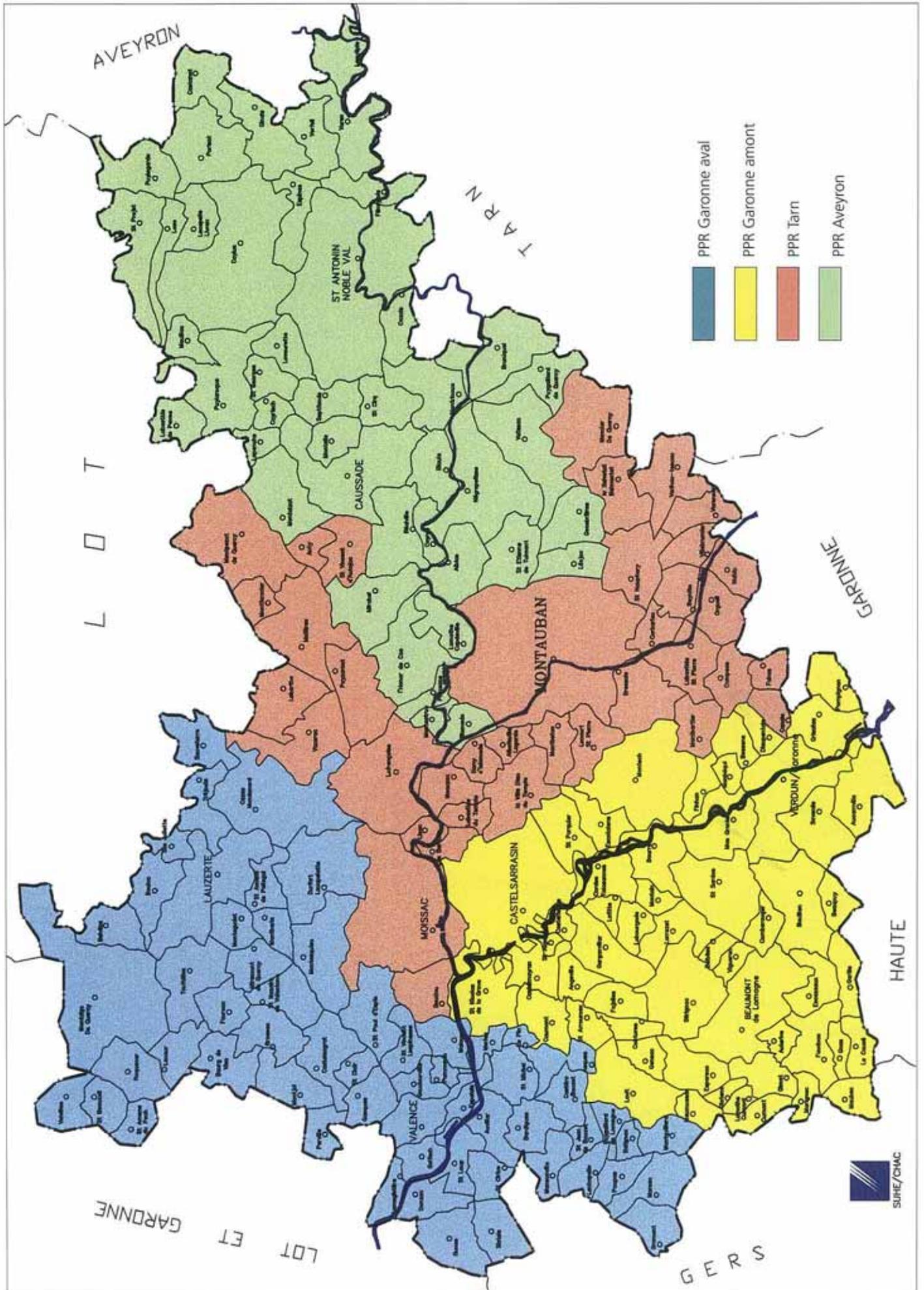
2. Pierre Georges, *Dictionnaire de géographie*.

3. *Les mots de la géographie*, Roger Brunet, Reclus-La Documentation française, 1996.

Carte 5. Délimitation du bassin versant de l'Èze (Vaucluse)



Carte 6. Délimitation de périmètres d'études sur de vastes territoires (Tarn-et-Garonne)



Source : DDE du Tarn-et-Garonne

sance des aléas et des enjeux doit être approfondie en vue de l'établissement du PPR. En fonction des différents critères qui seront pris en compte, deux configurations sont possibles :

- le périmètre d'étude peut quelquefois être spatialement assimilé au bassin de risque, par exemple pour des petits bassins versant, et de ce fait intégrer les problèmes de ruissellement sur les versants et les écoulements des affluents ;
- le plus souvent, il est réduit à la plaine alluviale du cours d'eau principal, c'est-à-dire aux zones potentiellement inondables du fond de la vallée (lit mineur, moyen et majeur), mais il doit également englober les franges non inondables (terrasses anciennes, glaciais, etc.) et tenir compte des phénomènes particuliers dus aux confluences.

Le périmètre doit aussi comprendre les zones non directement exposées aux risques, mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux (loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 modifiée, article 40-1).

Ce raisonnement conduit normalement à définir un périmètre d'étude pluri-communal pouvant parfois couvrir de vastes territoires (carte 6).

Dans tous les cas, le périmètre d'étude ne préjuge pas des zones qui seront réglementées par le PPR et qui pourront effectivement porter sur tout ou partie de la zone prescrite, en fonction des aléas et des enjeux existants ou futurs.

La priorité accordée aux études qualitatives

Il est essentiel que les études techniques apportent une réponse adaptée aux objectifs principaux du PPR. Le guide général précise à ce propos que son établissement s'appuie sur l'état des connaissances du moment. La priorité doit donc être accordée aux études qualitatives. Le terme de qualitatif, ici, correspond aux études dont les résultats, exprimés par des valeurs approchées ou par des mesures enregistrées au cours d'événements historiques, sont uniquement issus de l'exploitation des données disponibles (en principe nombreuses et faciles d'accès), de l'analyse en retour des événements passés et des observations de terrain, sans recourir à de nouvelles études spécifiques. Il peut donc inclure des analyses quantitatives, mais s'oppose à la recherche de valeurs chiffrées théoriques qui résulteraient d'une modélisation hydraulique.

L'intérêt de privilégier les études qualitatives et de les mener avec le plus grand soin est multiple :

- elles sont, dans l'ensemble, peu onéreuses et rapides à exécuter ;
- elles sont normalement suffisantes pour comprendre le fonctionnement du milieu, évaluer les risques potentiels et en tirer des conséquences

vis-à-vis de l'occupation des sols et des constructions, même si une part d'incertitude subsiste ;

- elles sont de toute façon un préalable indispensable, si une modélisation hydraulique doit être engagée pour préciser les aléas, que ce soit pour caler les modèles ou pour choisir l'implantation des profils en travers et des points singuliers topographiques à lever. Leur qualité conditionnera en effet directement celle des résultats de la modélisation ;

- enfin, pour les enjeux, elles répondent parfaitement à la demande de délimiter les espaces (urbanisation, champs d'expansion des crues) et d'identifier les éléments ayant trait à la sécurité, aux secours et à la gestion de crise, sans entrer dans une évaluation économique des dommages.

Une cartographie réalisée à moyenne échelle

LE TYPE DE FOND DE PLAN ET L'ÉCHELLE

En ce qui concerne les **cartes techniques**, les informations recensées, analysées et validées seront systématiquement transcrites sur un fond de plan topographique IGN à l'échelle du **1/25 000, éventuellement agrandi au 1/10 000** pour un confort d'écriture et de lisibilité.

Cependant, il sera possible d'améliorer ce document, voire de déroger très exceptionnellement à cette règle par la création d'un plan neuf à plus grande échelle, en fonction à la fois des spécificités du milieu naturel et de l'occupation des sols, du degré de précision de l'étude de qualification des aléas et des enjeux actuels ou prévisibles (tableau 3) :

- le fond de plan pourra être enrichi, à l'occasion des observations de terrain menées au cours de l'étude des aléas, de points topographiques significatifs du modelé et de l'organisation des écoulements (micro talus, infrastructures, digues, etc.), levés directement par le bureau d'études ou par l'intermédiaire d'un géomètre. La précision altimétrique du document deviendra alors compatible avec celle requise pour le report des limites d'inondations et la détermination des hauteurs de submersion. Cette carte aura, dans ce cas, une qualité proche d'un vrai 1/10 000 ;

- lorsqu'une modélisation aura été mise en œuvre, il sera préférable de recourir à un plan topographique à l'échelle du 1/5 000, spécialement dressé à cet usage le cas échéant ;

- en présence de données existantes détaillées, et notamment de forts enjeux (zone urbaine très exposée, etc.), on pourra utiliser un plan au 1/5 000, s'il existe.

Le plan de zonage réglementaire sera également réalisé **préférentiellement au 1/10 000** sur l'ensemble du périmètre prescrit, avec d'éventuels agrandisse-

Tableau 3. Fonds de plan et échelles des documents

	Fond topographique IGN au 1/25 000 agrandi au 1/10 000	Fond topographique IGN au 1/25 000 agrandi au 1/10 000 enrichi par des points cotés ponctuels	Fond topographique spécifique par levé terrestre ou photogrammétrique au 1/5 000	Fond cadastral au 1/5 000
Carte hydrogéomorphologique	oui	si nécessaire (micro-topographie)		
Carte informative des phénomènes naturels	oui			
Carte des aléas	oui	si nécessaire (micro-topographie)	si modélisation hydraulique	
Carte des enjeux	oui		s'il existe, dans les zones de forts enjeux	si nécessaire en milieu urbain
Plan de zonage réglementaire	oui, notamment en l'absence d'enjeux			si nécessaire en milieu urbain

ments sur un assemblage cadastral au 1/5 000 dans les secteurs où les enjeux sont concentrés.

Indépendamment des raisons qui ont présidé au choix du 1/25 000, cette échelle offre l'avantage de pouvoir recourir à la base de données topographique de l'IGN (BD Topo), lorsqu'elle est disponible dans le département. Confectionnée à partir de levés photogrammétriques complétés sur le terrain, la BD topo a la précision d'un lever régulier au 1/10 000, soit une exactitude de 0,60 m en altimétrie. Elle est donc plus précise que les fonds de plan classiques au 1/25 000 et peut être, si nécessaire, directement équipée de points cotés supplémentaires.

Cet outil permet également de constituer un système d'information géographique (SIG) en intégrant toutes les informations relatives aux risques. Il devient alors facile de croiser les données en fonction des différentes hypothèses, d'ajouter au fur et à mesure les éléments nouveaux relatifs aux aléas ou à l'occupation des sols et de produire les cartes à l'échelle de restitution voulue⁴.

LA RÉALISATION DES CARTES

Afin de soigner la lisibilité des documents, il est en principe souhaitable de réduire l'intensité visuelle de l'information de base contenue dans la carte IGN, sans la masquer toutefois, en atténuant le fond ou en effectuant un tirage monochrome (bistre par exemple).

Par ailleurs, il est préférable de prévoir un mode de représentation cartographique qui permette deux types de tirages :

- en couleur pour l'information des élus et du public (en aplat ou en trame points) ;
- en noir et blanc pour les tirages plus importants (dossiers destinés à être annexés aux POS par exemple).

Enfin, les cartes doivent porter, outre le titre et une légende explicite, une échelle graphique, la date de leur établissement et l'indication des sources⁵.

La conduite des études d'aléas

Les caractéristiques générales des études d'inondation

UNE MÉTHODE COMMUNE AUX ATLAS DES ZONES INONDABLES ET AUX PPR

Les applications de la connaissance des inondations sont nombreuses. Elles ont notamment pour finalité :

- l'information préventive : atlas des zones inondables, Dossier Communal Synthétique, Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs ;
- la réglementation de l'occupation des sols : porter à connaissance du préfet aux élus dans le cadre de l'élaboration ou de la mise en révision d'un POS, élaboration d'un PPR ;
- la gestion de crise.

Or, les types d'informations traitées (la plus forte crue connue, les aléas), le niveau d'investigation consacré aux études (approche qualitative), l'échelle des cartes (1/25 000, éventuellement agrandi au 1/10 000) et leur contenu (phénomènes historiques et qualification des aléas) sont généralement du même ordre (tableau 4).

4. Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, 1997, *Fonds de plan : études d'aménagement et de prévention des risques*, Villes et Territoires, 64 pages.

5. Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, 1995, *Environnement et aménagement : 2. La carte, de la conception à la réalisation*, Villes et Territoires, 90 pages.

Tableau 4. Usage des cartes techniques en fonction des procédures

	Information sur les phénomènes	Aléas	Enjeux	Risques	Échelle
Atlas des zones inondables	X	X			1/25 000 à 1/10 000
Porter à connaissance	X	X			toutes échelles
DCS	X	X		X	1/25 000
PPR	X	X	X		1/25 000 à 1/10 000

Devant ce constat, il est apparu indispensable de définir **un cadre commun pour étudier et cartographier les aléas d'inondation** afin d'assurer la cohérence et la compatibilité des documents, et d'optimiser les moyens financiers. La méthode pourra être plus ou moins poussée, en fonction de la qualité des données disponibles, des modes de traitement utilisés et des besoins. Elle permettra de produire plusieurs types de cartes avec des niveaux de précision qui seront en adéquation avec les différents usages attendus : l'information préventive (atlas des zones inondables, DCS), l'application du droit des sols (contrôle des permis de construire au coup par coup au titre de l'article R. 111-2 du code de l'urbanisme par exemple), ou la réglementation spécifique du PPR pour lequel les cartes techniques sont complétées par une évaluation des enjeux.

UNE SUCCESSION LOGIQUE D'ÉTAPES COMPLÉMENTAIRES

La méthodologie proposée pour étudier les aléas consiste à obtenir en continuité une connaissance fine de la morphologie de la plaine alluviale ou de la vallée et du fonctionnement des cours d'eau, une bonne approche des crues historiques et une qualification des aléas adaptée aux spécificités des territoires exposés.

Elle est fondée sur la complémentarité des approches, qui doivent être organisées logiquement en une suite d'étapes, de manière à couvrir l'ensemble du champ de connaissance, tout en progressant du général au particulier, du qualitatif au semi-quantitatif, voire au quantitatif (document 7). Ces approches, bien que successives, ne doivent pas être disjointes, mais au contraire s'interpénétrer, se recouper, de manière à permettre une vérification et un ajustement réciproques de leurs résultats. En fait, la démarche à entreprendre consiste en une étude globale, comportant différents volets, et non pas en une succession d'études indépendantes les unes des autres. L'importance de chacun de ces volets est ensuite fonction des caractéristiques propres du secteur à étudier, à savoir le mode de fonctionnement du bassin versant, les types de crues subies, l'existence d'enjeux, la nature, le nombre et l'intérêt des données disponibles.

Nous pouvons ainsi distinguer quatre étapes principales qui donnent lieu à la production de trois cartes :

- la constitution d'une base documentaire ;
- la délimitation des unités hydrogéomorphologiques de la plaine alluviale et la carte hydrogéomorphologique ;
- l'analyse des données historiques et la carte informative des phénomènes naturels ;
- la qualification et la cartographie des aléas.

Cette démarche, qui comprend des approches pouvant être menées en parallèle, doit normalement commencer par l'analyse hydrogéomorphologique, quel que soit le niveau de connaissance fourni par la crue historique jugée significative, même pour un événement survenu récemment et pour lequel nous disposerions de données précises (laisses de crue, photographies aériennes, etc.). Il appartient au service instructeur de décider ensuite si la connaissance acquise graduellement au cours de chacune des étapes est suffisante au regard de la finalité de l'exercice ou si elle doit encore être approfondie par une modélisation hydraulique.

Dans le cas le plus simple, la démarche peut s'arrêter à la production d'une carte hydrogéomorphologique pour un porter à connaissance. Elle peut aussi être poursuivie pour réaliser les atlas des zones inondables (sans aller toutefois jusqu'à la modélisation) et appliquée dans son ensemble pour les PPR (elle sera alors complétée par une évaluation des enjeux).

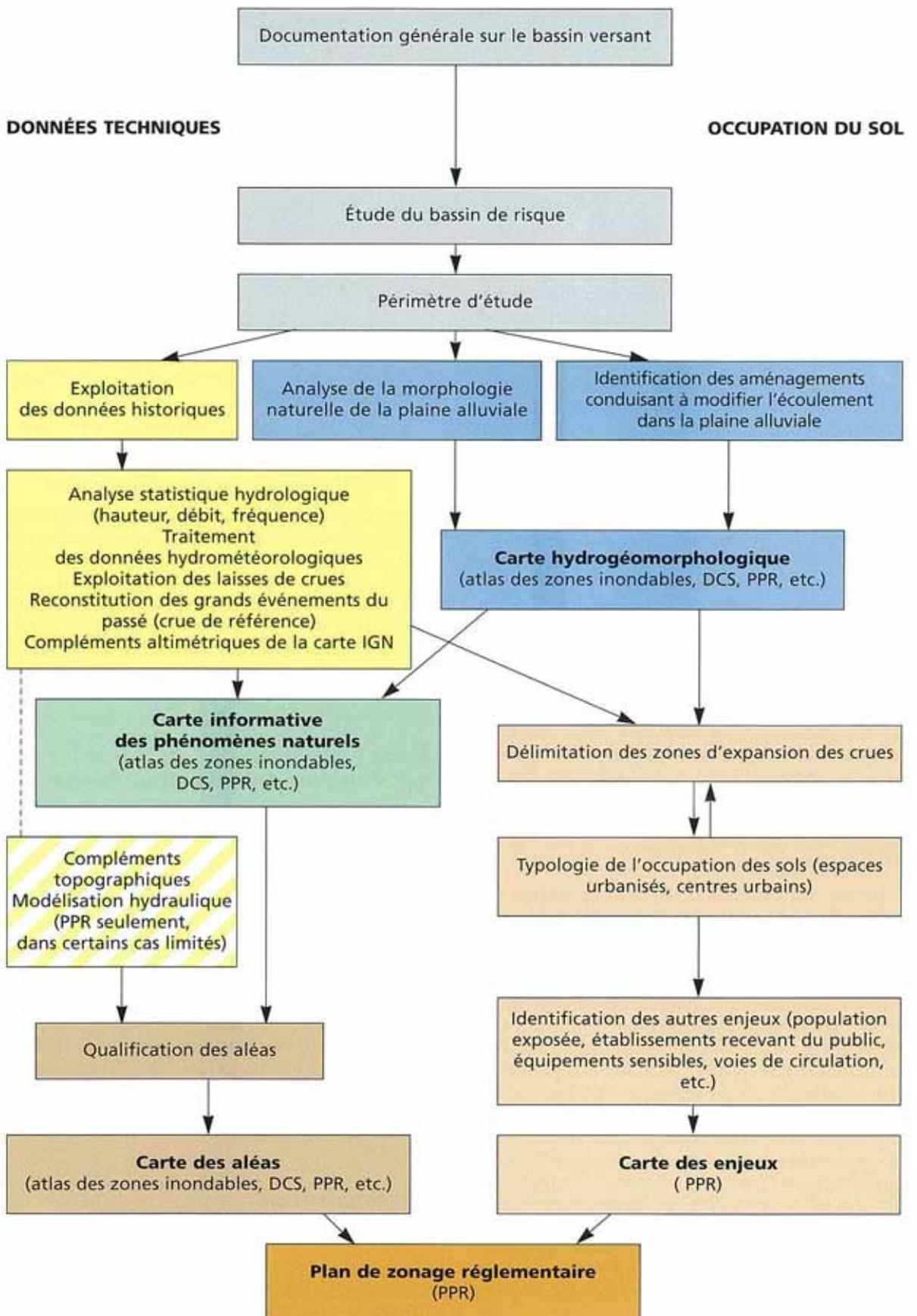
Le recueil des données et le premier traitement de l'information peuvent être effectués directement par le service instructeur de l'État. En revanche, l'analyse de terrain, l'interprétation des phénomènes naturels et la caractérisation des aléas, seront confiées à un spécialiste d'un bureau d'études public ou privé.

La constitution d'une base documentaire

La compréhension globale du fonctionnement des cours d'eau et de leurs zones inondables nécessite un éclairage élargi prenant en compte l'en

Document 7

Principales étapes des études du risque d'inondation



Document 8

Principales sources d'informations utiles aux études d'inondations

- **Les sources communales ou intercommunales**
Documents techniques, délibérations, documents divers, pétitions
Comptes rendus de travaux, d'accidents
Syndicats intercommunaux de gestion des eaux, de bassin, etc.
Relevés altimétriques des laisses de crues effectués après une inondation
Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE).
- **Les archives paroissiales**
- **Les sources départementales et régionales**
Service départemental des archives
Documents et mesures des DIREN, services de l'Équipement (service navigation, service d'annonce de crues), DDAF, Agences de l'eau, ONF, RTM, SIDPC, Météo-France, EDF, etc.
Atlas des zones inondables, schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), etc.
Dossiers départementaux des risques majeurs (DDRM), dossiers communaux synthétiques (DCS), Rapports, laisses de crues, études et travaux, documents détenus par les sociétés savantes, etc.
- **Documents des bureaux d'études**
CETE, LRPC, CEMAGREF, etc.
Bureaux d'études privés
Comptes rendus de visites
- **Ouvrages généraux et travaux de recherche**
Ouvrage de M. Champion, bibliographie du CNRS, mémoires universitaires (maîtrises, DESS, thèses), mémoires d'ingénieurs, articles scientifiques, etc.
- **Banques de données**
BD HYDRO, PLUVIO, BDR (banque de données régionales pluvio), etc.
- **Topographie**
Profils longitudinaux des cours d'eau de l'IGN, relevés topographiques, points altimétriques, etc.
- **Plans, cartes, photographies**
Cartes de l'IGN au 1/25 000
Cartes géologiques du BRGM, cartes géomorphologiques, etc.
Plan parcellaire du cadastre
Plans topographiques des géomètres et photogrammètres
Photographies aériennes : IGN, IFN, etc.
- **Articles de presse**
Presse locale, régionale ou nationale
- **Dossiers catastrophes naturelles (Cat'Nat')**, consultables en mairie ou en préfecture
- **Témoignages oraux, enquêtes de terrain**
- **Iconographie**
Photographies, peinture, etc.

semble du bassin versant dans lequel ils s'inscrivent. Les informations à recueillir concernent aussi bien le passé que le présent, les événements historiques (manifestations physiques des phénomènes, conséquences en termes de dommages et de victimes), que l'état actuel du milieu naturel et de son environnement (climatologique, géologique, morphologique, hydrométéorologique, hydraulique, etc.), et les composantes de l'occupation humaine (population, biens, activités) (document 8). Elles peuvent être partagées en deux grandes catégories : les données générales et les données hydrométéorologiques et hydrauliques.

LES DONNÉES GÉNÉRALES

Elles concernent :

- la climatologie, en particulier les caractéristiques pluviométriques correspondant au bassin versant ;
- les facteurs conditionnant le ruissellement : lithologie, pédologie, occupation des sols, etc. ;
- les caractéristiques géométriques principales du bassin versant : superficie totale et superficie des sous bassins, pentes, compacités ;

- l'évolution subie par le bassin versant au cours de l'époque historique⁶ : défrichements, déprise agricole, reforestation, changement de culture (maïs ou vigne qui remplacent la prairie) ou de techniques culturales (labours pratiqués dans le sens de la pente), urbanisation couvrant une part significative du bassin versant, grands ouvrages modifiant le régime des crues, etc.

LES DONNÉES HYDROMÉTÉOROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES

Il s'agit notamment

- des études existantes à finalité hydrométéorologique et hydraulique portant sur le bassin versant, en indiquant l'espace géographique concerné et la nature des investigations ;
- des réseaux de mesures, et plus précisément du positionnement et de la caractérisation :
 - des stations de mesures pluviométriques et débitométriques ;

6. L'époque historique correspond ici essentiellement aux 100-200 dernières années, mais remonte quelquefois à plusieurs siècles.

- des repères de crues, avec l'indication des plus hautes eaux connues (PHEC) et des crues correspondantes ;
- des laisses de crues récentes.

Si le réseau de stations pluviométriques est insuffisant pour le bassin versant considéré, la recherche devra être complétée par les mesures provenant des stations situées sur des bassins versants proches et comparables (région climatique, altitude).

- des crues historiques connues : dates, débits et hauteurs d'eau, extension spatiale, dégâts enregistrés dans le secteur ;

- des données quantitatives disponibles concernant :

- la pluviométrie, en particulier les intensités pluviométriques maximales enregistrées dans le secteur ;

- les mesures et calculs des débits des grandes crues ;

- les mesures de hauteurs d'eau effectuées sur les stations limnimétriques ou sur des repères de crue.

Toutes ces informations ont quelquefois déjà été acquises, à l'occasion de la confection d'un atlas des zones inondables, par exemple, ou de la mise en œuvre d'une étude globale comme un Schéma d'aménagement et de gestion des eaux. Dans le cas contraire, elles doivent être préalablement rassemblées par le service instructeur ou par le bureau d'études. Par ailleurs, elles peuvent devoir être complétées par des opérations spécifiques de nivellement des points singuliers significatifs et des laisses de crues récentes.

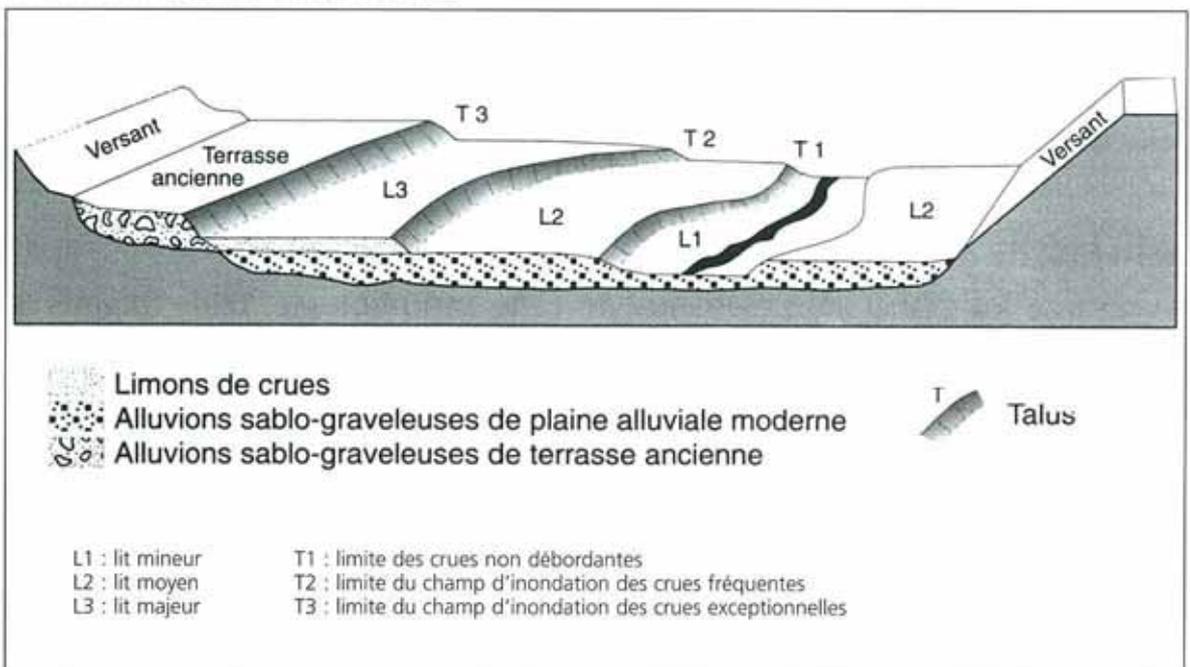
La délimitation et la cartographie des unités hydrogéomorphologiques

PRÉSENTATION ET JUSTIFICATION DE L'APPROCHE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

Il s'agit d'une première phase d'analyse des milieux naturels et anthropiques constituant les bassins versants et les fonds de vallées. Elle est fondée sur une démarche naturaliste, destinée à mettre en évidence les différentes unités du relief, à reconstituer leur évolution morphologique et à examiner leur mode de fonctionnement vis-à-vis des écoulements superficiels et souterrains, en tenant compte à la fois de leurs spécificités topographiques, géologiques, morphologiques, et des modifications apportées par les implantations humaines.

L'approche hydrogéomorphologique permet notamment de délimiter, au sein des plaines alluviales, les zones qui sont exposées à des crues fréquentes, rares ou exceptionnelles (lit mineur, moyen, majeur) et celles qui ne sont jamais submergées, comme les terrasses anciennes (figure 2). Elle précise, à l'intérieur des zones de débordements, les axes préférentiels d'écoulement (bras de décharge), les annexes fluviales (bras morts, noues) et les zones déprimées où s'accumulent de fortes hauteurs d'eau. À l'intérieur des lits mineur et moyen, elle facilite la mise en évidence des processus morphodynamiques d'érosion latérale et verticale, des effets de seuil dus à l'affleurement

Figure 2. Coupe transversale d'une vallée mettant en relation la plaine alluviale, les terrasses anciennes et les versants



de niveaux rocheux du substratum et des linéaires de berge canalisant les débordements.

Dans les petits vallons ruraux ou urbanisés, la cartographie hydrogéomorphologique constitue le seul moyen permettant de cartographier les axes de drainage habituellement secs et leurs lits majeurs, qui servent d'exutoire pour des épisodes pluvieux intenses et qui peuvent être affectés de crues violentes et dommageables.

Enfin, dans un autre domaine, cette méthode pose en toute clarté la problématique de la planification spatiale, en particulier celle de l'extension à venir de l'urbanisation, et fournit, plus généralement, des éléments de référence utiles pour asseoir les choix qui seront effectués en matière de prévention. La compréhension globale du milieu, par exemple, favorise une meilleure gestion de l'eau et contribue à retenir des solutions conformes à chaque situation : identification de sites naturels propices à la création de bassins de rétention sur les versants, recours à des techniques alternatives adaptées, délimitation des singularités de la plaine alluviale (zones de stockage des eaux, anciens chenaux d'écoulement), repérage des lits mineurs à remodeler pour réduire les érosions et laisser les cours d'eau, en période de crue, retrouver le lit majeur dont ils avaient pu être isolés par des endiguements non justifiés, etc.

Au-delà des applications directes qui viennent d'être évoquées, de nombreux arguments témoignent de l'intérêt de cette approche, dans sa complémentarité aux autres données utilisées au cours de l'étude des aléas :

- chaque crue historique doit être replacée dans son contexte évolutif car une succession de crues de grande ampleur a pu modifier la plaine alluviale et les conditions d'écoulement : elle érode, puis transporte des matériaux qu'elle dépose en plus ou moins grande quantité lorsque sa vitesse décroît, notamment en amont d'un étranglement naturel ou d'une occupation humaine du fond de la vallée. Ce dépôt alluvial, modifiant les cotes de la ligne d'eau, peut fausser l'interprétation statistique d'une série de crues historiques ;
- les conditions de formation des crues historiques ont pu être modifiées au cours de la période considérée, du fait, par exemple, d'un changement important de l'occupation des sols du bassin versant ;
- des crues historiques, de même fréquence, ne se reproduiront pas obligatoirement de la même façon, en particulier dans les zones protégées par des ouvrages. Une hauteur de submersion supérieure de quelques centimètres peut être suffisante pour que l'eau verse sur une digue ou la rompe, inondant immédiatement des dizaines ou des centaines d'hectares supplémentaires. Par ailleurs, des endiguements ou des recalibrages en amont peuvent avoir supprimé ou fortement réduit le laminage, au préjudice de l'aval ;
- dans un même bassin versant, l'occurrence et les caractéristiques de la crue de référence ne vaudront que pour un tronçon du cours d'eau, notam-

ment en fonction du comportement des affluents ;

- des comparaisons diachroniques (anciennes et actuelles) permettent de resituer les données hydrologiques dans leur contexte et de comprendre l'évolution des conditions de formation des crues vis-à-vis des changements de l'occupation des sols ou de la géométrie du plancher alluvial ;
- enfin, l'analyse met en évidence certains secteurs alluviaux situés en dehors des champs d'inondation (terrasses anciennes, glaciaires de colluvions, etc.) susceptibles d'accueillir une part d'urbanisation future et d'offrir ainsi des solutions alternatives ;

Toutes ces raisons justifient de procéder de façon systématique à une analyse hydrogéomorphologique préalable des vallées, qui seule permet de s'affranchir des facteurs d'incertitudes, et d'intégrer ensuite, en tant que de besoin, les autres données indispensables pour réaliser l'étude des aléas.

MISE EN ŒUVRE DE L'ANALYSE

L'analyse hydrogéomorphologique est effectuée à partir de l'interprétation de photographies aériennes stéréoscopiques, d'observations de terrain et d'une enquête (7). Issue d'une photo-interprétation de photographies aériennes existantes (du 1/10 000 de préférence au 1/30 000 par défaut) et de levés de terrain, elle est bien adaptée aux échelles de restitution cartographique du 1/25 000 et surtout du 1/10 000 préconisées pour les études d'inondation du PPR. Avec des photographies aériennes à grande échelle (1/10 000 et au-delà) ou un levé de terrain plus complet, elle peut fournir de nombreuses informations complémentaires relatives à des particularités géomorphologiques ou à des processus hydrodynamiques.

Effectuée en deux temps, cette analyse se traduit par deux niveaux successifs de cartographie qui peuvent se superposer sur le même document :

- **elle consiste d'abord à étudier la plaine alluviale et le fonctionnement naturel du cours d'eau**, c'est-à-dire à examiner les traces morphologiques et sédimentologiques laissées par les crues historiques de manière pérenne.

Elle permet ainsi de reconnaître et de positionner avec précision sur la carte de base deux limites significatives :

- celle des crues fréquentes, correspondant au lit mineur ou au lit moyen,
- celle des crues rares à exceptionnelles, dont elle constitue la courbe enveloppe, couvrant le lit majeur. Il est parfois possible de distinguer deux sous ensembles : un lit majeur ordinaire, emprunté par les crues rares, et un lit majeur maximal, parcouru par les crues exceptionnelles.

L'analyse et la cartographie en continu du cours d'eau sur une longueur importante contribuent à

7. Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, 1996, *Cartographie des zones inondables : approche hydrogéomorphologique*, Villes et Territoires, 100 pages.

identifier les tronçons homogènes déterminés par la structure géologique de la vallée et caractérisés par des variations de largeur de la plaine alluviale moderne. Complétée par un examen plus fin de l'organisation des grands méandres et de leur tendance, elle est utile pour comprendre le comportement hydraulique du cours d'eau et pour choisir au mieux le lieu d'implantation d'éventuels profils topographiques à lever dans les secteurs où une modélisation s'avérerait ultérieurement indispensable.

• **elle vise ensuite à rendre compte des transformations d'origine anthropique** qui ont pu modifier substantiellement le fonctionnement hydraulique de cette plaine.

Il s'agit de repérer et de reporter les aménagements tels que : digues, remblais, ouvrages d'art, seuils, barrages, épis, extractions de matériaux, modifications de l'occupation des sols, etc. L'appréciation de leurs conséquences restera, à ce stade, qualitative. Elle indiquera le sens de l'évolution subie, comme, par exemple, la diminution des surfaces inondables par les crues faibles à moyennes. Elle pourra également porter l'accent sur d'éventuels dysfonctionnements résultant des aménagements implantés sans tenir suffisamment compte du fonctionnement hydrodynamique du cours d'eau (dans l'axe d'un ancien bras de décharge difficilement repérable, en bordure d'une zone d'érosion active, etc.). Cette seconde analyse permet, selon les conditions locales, d'enrichir la carte hydrogéomorphologique de base en intégrant les conséquences de ces aménagements. Il est indispensable, dans ce cas, que les caractéristiques initiales des différentes zones restent lisibles, comme par exemple l'inondabilité d'un terrain en principe protégé par des ouvrages, pour tenir compte d'éventuelles défaillances des systèmes de protection (rupture d'une digue).

Au-delà de ces caractérisations, l'analyse se prête à l'identification et à la localisation des zones amont des cours d'eau ou situées sur les versants, non directement exposées aux risques, mais où la valeur des pentes et la nature des terrains sont susceptibles de favoriser le ruissellement et d'aggraver les écoulements en aval. Leur identification est importante pour assurer une bonne gestion des eaux par un contrôle de l'occupation et de l'imperméabilisation des sols.

Enfin, l'étude globale effectuée par photointerprétation peut donner lieu à une cartographie de l'occupation des sols (zones naturelles, agricoles ou urbaines, habitat dense, collectif, pavillons isolés, etc.) qui constitue une première étape de l'appréciation des enjeux et fournit des éléments de référence pour l'évaluation du coefficient de rugosité, nécessaire aux calculs hydrauliques.

LA CARTE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

Elle comportera par exemple (carte 7) :

- les limites morphologiques et la caractérisation des unités hydrogéomorphologiques ;

- les éléments morphologiques à incidence hydraulique : anciens méandres, dépressions, traces d'écoulement en crue, affleurement du substratum, érosion, sédimentation, etc. ;

- les unités morphologiques alluviales situées en dehors des zones inondables, terrasses anciennes, glacis, etc. ;

- les zones non directement exposées contribuant au stockage ou au ruissellement de l'eau.

Ces données seront représentées en couleurs facilement lisibles, par exemple respectivement en violet, bleu et ocre.

Un commentaire accompagnera la carte, pour préciser notamment :

• à l'échelle du bassin versant, les principales caractéristiques géomorphologiques et d'occupation des sols conditionnant le fonctionnement hydrogéologique :

- le relief, la valeur des pentes ;

- la structure géologique : lithologie, perméabilité, discordances entre bassins hydrologiques et bassins versants hydrogéomorphologiques ;

- la nature et la répartition globale des formations superficielles et des sols, la perméabilité ;

- l'occupation des sols : couverture végétale, agriculture, urbanisation.

• à l'échelle de la plaine alluviale :

- les sections homogènes déterminées par la structure lithologique de l'encaissant (verrous, ombilics) ;

- pour chaque section homogène, les caractéristiques principales de fonctionnement : torrentiel, semi-torrentiel, de plaine, ainsi que le modèle du cours d'eau (en tresses, à chenal unique et méandres, en toit, etc.) et sa morphodynamique (érosion des berges, du versant, sédimentation dans le lit, tendances de la rivière à changer de lit, etc.).

Toutes ces indications pourront être reportées en encart sur les différentes planches cartographiques afin de faciliter l'exploitation des cartes.

L'analyse des données historiques et la cartographie informative des phénomènes naturels

PRÉSENTATION ET JUSTIFICATION DE L'APPROCHE HISTORIQUE

Effectuée conjointement à l'approche hydrogéomorphologique, l'analyse des données historiques constitue une étape essentielle de la démarche et présente de nombreux intérêts :

• Au plan technique :

- dresser un historique des événements ;

- retrouver certaines caractéristiques des crues passées, en particulier la valeur de leurs princi-

paux paramètres physiques (maxima des hauteurs d'eau, des débits) et leur extension spatiale ;

- comprendre les conditions de la genèse et de la propagation des crues ;
- évaluer leurs conséquences dommageables vis-à-vis des personnes et des biens ;
- déterminer les fréquences des crues de référence, dans les cas favorables où l'on dispose de longues séries d'informations fiables.

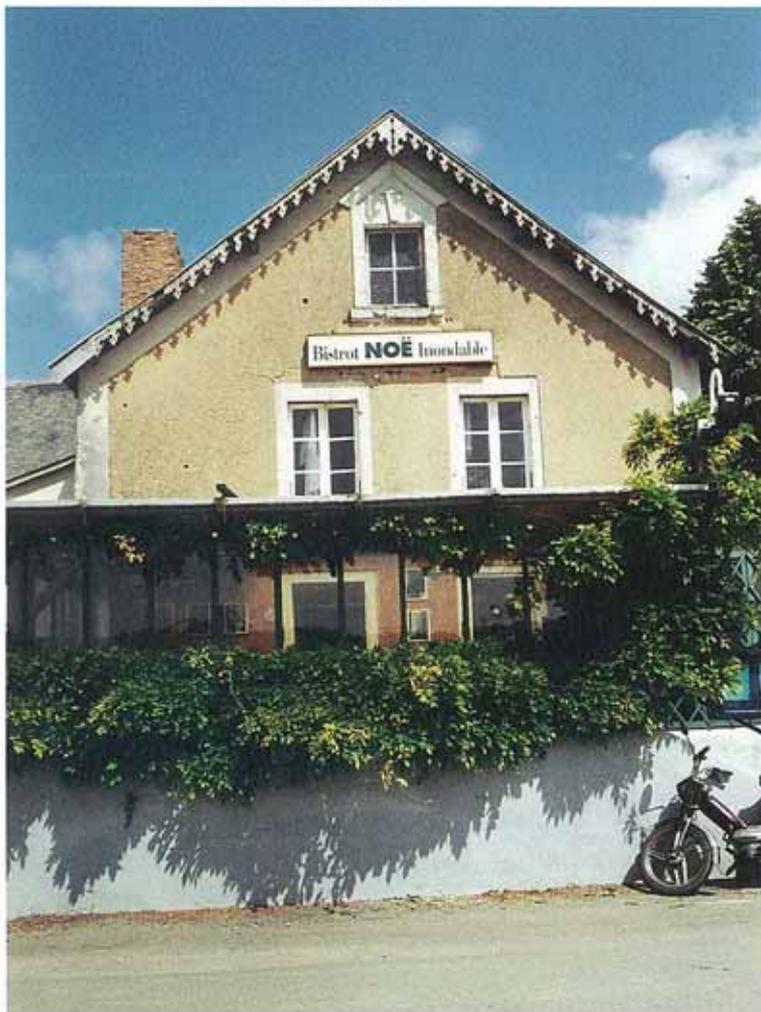
- Au plan pédagogique :

- raviver la mémoire collective en rappelant que des épisodes pluvieux de grande intensité ou répétitifs se sont déjà manifestés, même s'ils avaient eu peu d'effets en raison de la faible occupation des sols, ou que des inondations importantes se sont déjà produites sur le périmètre d'étude ;
- justifier de manière objective les zonages d'aléas qui seront effectués.

EXPLOITATION DES DONNÉES

Les types de données à traiter ainsi que les services ou organismes qui en sont détenteurs ont été cités précédemment. Nous ne développerons pas ici leur contenu ni les méthodes d'analyse. En revanche, nous évoquerons quelques points relatifs aux archives, aux enquêtes de terrain, aux relevés de crues, aux données pluviométriques, ainsi qu'à l'évaluation des débits les plus significatifs

Photographie 3. Bistrot Noë, inondable par la Maine, à Bouchemaine (Maine-et-Loire)



(Q10, Q100, Q exceptionnel) tout en attirant l'attention sur les précautions à prendre dans leur utilisation.

Les archives

Les archives désignent tous types de documents, anciens ou récents (écrits, cartographie, iconographie, photographies, etc.), susceptibles d'apporter des éléments d'informations au technicien sur l'étendue des inondations, la dynamique des cours d'eau et sur ses conséquences (carte 8 et photographie de couverture). Traditionnellement, on désignait par archives les données portant au maximum sur une période d'une centaine d'années. Mais quelques grands événements récents (Nîmes et Vaison-la-Romaine par exemple), ainsi que des recherches effectuées par plusieurs spécialistes ont montré tout l'intérêt qu'il pouvait y avoir à remonter beaucoup plus loin dans le temps. Ces archives ont deux types d'utilisation :

- le rappel d'événements anciens survenus dans des conditions d'occupation des sols généralement différentes des conditions actuelles, mais avec la même force, qu'il s'agisse d'intensité de précipitations (les chroniques montrent que les pluies tombées à Nîmes en 1988 ont déjà été mentionnées antérieurement), de hauteurs d'eau (en 1616, le mur du parapet du pont de Vaison-la-Romaine avait déjà été endommagé par une crue de l'Ouvèze) ou de vitesses d'écoulement ;

- une information éventuellement quantifiable permettant d'augmenter la série statistique des données pluviométriques ou débitométriques et de relativiser les résultats des calculs, notamment pour évaluer la période de retour des crues.

Outre les documents qui sont détenus par les particuliers, les mairies ou les services de presse (coupures de journaux, photographies au sol photographies aériennes ou films vidéo), de précieux documents sont conservés aux Archives nationales et dans les services départementaux des archives. Leur dépouillement est aisé en raison de leur mode de classification normalisé sur l'ensemble du territoire. Ils sont en effet réunis suivant leur origine (ponts et chaussées, justices, etc.) et leur date, dans des séries qui peuvent remonter pour les plus longues à l'Ancien Régime.

L'exploitation de tous ces documents requiert une grande rigueur car ils doivent être critiqués et les informations relativisées, un certain nombre d'entre elles devant être abandonnées. Par ailleurs, cette démarche est consommatrice de temps, et sera avantageusement conduite dans le cadre de mémoires d'étudiants sous la responsabilité conjointe du service instructeur, de l'université, voire d'un bureau d'études.

Photographies 4 et 5. Enquête sur les inondations de 1995 du Noireau, à Condé-sur-Noireau (Calvados)



Sources : Mairie de Condé-sur-Noireau et Gérard Garry

Les enquêtes de terrain et les relevés de crues

Le travail de terrain, qui a déjà été largement mené au cours de l'analyse hydrogéomorphologique pour comprendre l'organisation d'ensemble de la vallée, se poursuit par la recherche d'indices caractéristiques relatifs aux crues historiques. Ces derniers peuvent être obtenus au moyen d'enquêtes, en rencontrant la population (photographie 3), et en recherchant les relevés de crues et les indications indirectes (niveaux des planchers et des ouvertures, escaliers d'accès, etc.).

Les enquêtes de terrain

Elles permettent, par recoupement des témoignages, de définir approximativement la limite de l'extension des zones inondables et de répertorier les niveaux des diverses crues historiques : la plus fréquente, la plus forte, et d'une façon générale la plus significative pour tenir compte de l'évolution de la vallée.

La fiabilité des témoignages est variable en fonction de l'origine de la population :

- la population rurale, par exemple, vit en contact permanent avec la nature. Elle est stable, car souvent fixée depuis plusieurs générations et sa mémoire des événements est bonne et étendue.

Pour les inondations anciennes, le souvenir est souvent associé à une circonstance particulière (fête du village, communion, etc.), et les personnes interrogées sont capables de comparer les différents événements :

- les citadins venus s'installer à la campagne, par contre, n'ont pas la mémoire du passé. Ils vivent mal les inondations dont ils ne gardent que des idées assez peu précises en dehors des dégâts qu'ils ont subis.

Cette enquête peut être effectuée à n'importe quel moment de l'année, mais aussi au cours d'une inondation, bien que les problèmes d'accès soient quelquefois difficiles à résoudre et qu'on puisse être gêné par le manque d'informations concernant l'état de la crue au moment du repérage : montée, décrue, etc. (photographies 4 et 5).

Toutes ces informations sont réunies sur un support cartographique de travail :

- en milieu rural, et pour une longue section de cours d'eau, on utilise de préférence la carte IGN. Celle-ci montre une bonne représentation du terrain, précise quelquefois la topographie du fond de vallée grâce aux courbes de niveau intercalaires, et offre un document facile à manipuler sur le terrain ;

Carte 8. Carte de l'inondation de la Garonne à Toulouse en 1875 (Haute-Garonne)



- en secteur urbain, on s'appuie plutôt sur un fond de plan à grande échelle, de type cadastral ou topo-cadastral. Le bâti, déjà représenté sur le plan (qu'il peut être nécessaire de mettre à jour), permet de localiser plus facilement les limites du champ d'inondation avec les riverains, qui se repèrent en fonction des parcelles, des jardins, des bâtiments.

Les relevés de crues

Il s'agit des laisses de crues et des repères de crue, indicateurs indispensables pour connaître la hauteur de l'eau :

- les laisses de crue sont les nombreuses traces matérielles qui subsistent sur la zone inondée après le passage d'une crue (herbe, trace d'eau boueuse, branches et feuillages, objets divers accrochés ou déposés). Elles sont généralement visibles sur l'ensemble de la rivière et offrent des indices permettant de retrouver la limite du débordement avec une certaine continuité ;

- les repères de crues historiques sont des témoignages qui ont été placés ou gravés au cours des plus grandes crues. Ils sont matérialisés de diverses façons : traits de peinture, en principe régulièrement entretenus (photographie 6), marques inscrites dans la pierre, plaques qui portent la date de l'événement et le niveau atteint par l'eau (photographie 7). Certains d'entre eux figurent sur les profils en long de l'IGN.

Le problème principal est de disposer de repères fiables, représentatifs, et suffisamment nombreux, qui doivent dans tous les cas faire l'objet d'une analyse critique :

- ils sont parfois difficiles à retrouver, surtout lorsque l'événement est très ancien car ils sont masqués par la végétation. La visite sur le terrain permet quelquefois d'en découvrir de nouveaux qui n'étaient pas répertoriés par l'administration ou la mairie. L'étude engagée dans le val d'Authion, sur la commune de la Méniltré, en 1991, a ainsi permis d'ajouter 8 repères supplémentaires aux 25 recensés ;

- la hauteur à laquelle est situé le repère n'est pas toujours représentative de la ligne d'eau générale car elle peut résulter d'un obstacle qui existait au moment de la crue et qui a disparu depuis ;

- le repère a pu être déplacé. Il faut pouvoir, dans ce cas, disposer de plusieurs repères dans le même périmètre afin de confronter les mesures et éliminer celles qui sont aberrantes ;

- les riverains ne mémorisent généralement que les plus fortes crues. Ils ont des références par rapport à des éléments extérieurs des bâtiments (mur, fenêtre, etc.) ou à la hauteur d'eau atteinte chez eux en fonction d'objets familiers (table, électroménager, etc.), ce qui limite la connaissance aux seules zones bâties.

Une fois répertoriés, les relevés sont nivelés par un géomètre ou directement par le bureau d'études au cours de sa visite sur le terrain. Ils peuvent être

consignés dans une fiche récapitulative (document 9) et servent de points d'appui pour dresser la carte des zones inondées (carte 9) ou pour caler les modèles hydrauliques.

Les données pluviométriques

Les diverses informations pluviométriques disponibles auprès de Météo-France sont exploitées en fonction du type d'inondation :

- pour les inondations lentes ou inondations de plaine, l'information pluviométrique en 24 h paraît suffisante. Elle pourrait être éventuellement complétée par une analyse de la pluviométrie sur des périodes plus longues, par exemple de 1 à 10 jours, en s'appuyant sur les documents produits par Météo-France (Service Central d'exploitation de la météorologie).

- pour les inondations rapides, torrentielles, et par ruissellement urbain, il est toujours utile de disposer d'informations en 24 h, mais il est nécessaire d'analyser au plus près le phénomène générateur par l'utilisation de toutes les informations disponibles à un pas de temps adapté au bassin de risque (en général de 1 h à 12 h). Actuellement, Météo-France peut calculer des probabilités de dépassement de seuil prédéterminé (en 15 minutes, 30 minutes, 1 heure, etc.) et des courbes Intensité Durée Fréquence, à partir de données de précipitation disponibles à pas de temps fin (à partir de 6 minutes).

Il faut garder à l'esprit que les ajustements statistiques pluviométriques ou de débits conduisant à la détermination des périodes de retour seront d'autant moins fiables que les chroniques utilisées seront courtes. Or, si la banque PLUVIO (période d'analyse de 24 h) assure une mise à disposition de chroniques a priori suffisamment longues de données validées, la détermination des durées de retour pour de courtes périodes d'analyse devra faire l'objet d'une double précaution :

- identification des plus longues chroniques de données validées ;

- analyse critique indispensable par un expert des durées de retour calculées avant rattachement ou extrapolation de ces informations à la zone d'étude.

Dans tous les cas, la production des informations élaborées devra faire l'objet par l'expert et aux différentes échelles disponibles, d'un commentaire spécifique.

L'évaluation des débits correspondant aux crues de référence

Elle est effectuée aux principaux nœuds du réseau hydrographique. Compte tenu des marges d'erreur dont elle peut être affectée, les résultats obtenus seront vérifiés en recourant à différentes méthodes, en particulier :

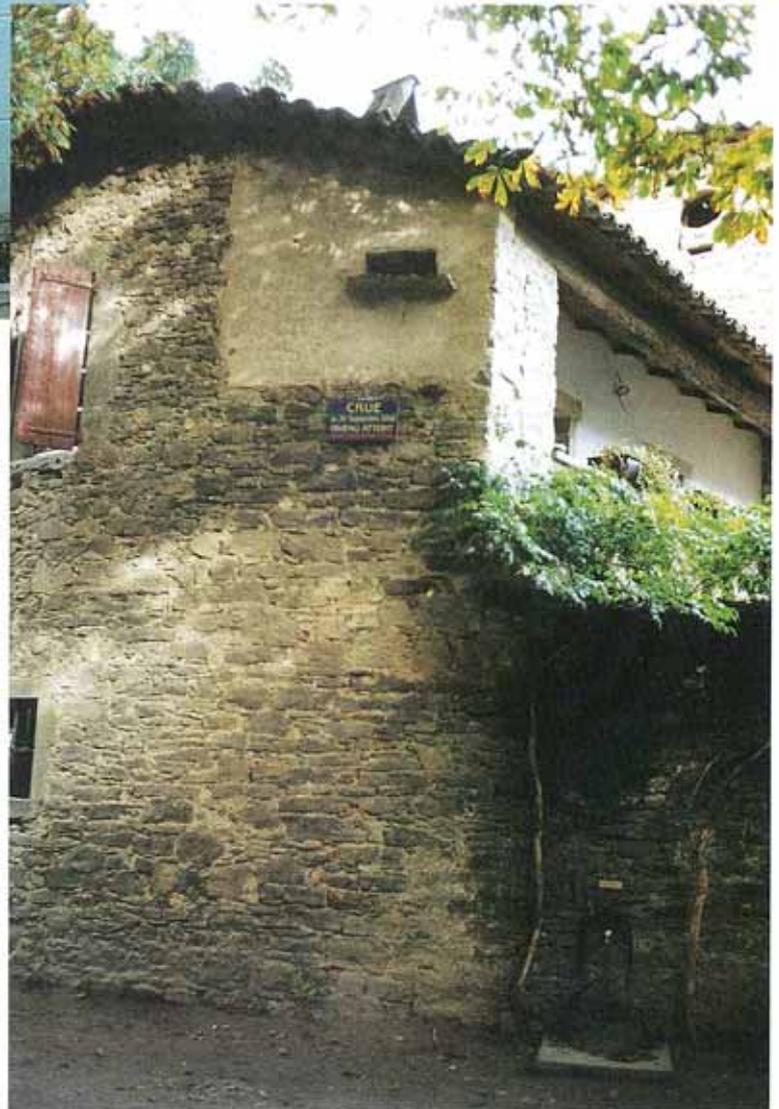
- le traitement statistique de la série de crues historiques recensées par la recherche d'archives ;



Photographie 6.
 Marques localisant la hauteur
 atteinte par différentes crues
 de la Loire à Behuard
 (Maine-et-Loire)

Source : Edmond Graszik

Photographie 7. Plaque témoignant
 de la hauteur d'eau atteinte
 par le Gardon d'Anduze en 1854
 à la bambouseraie d'Anduze (Gard)



Source : Gérald Garry

Document 9.

Fiche des plus hautes eaux connues dans la commune de Florensac (Hérault)

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT DE L'HERAULT - SERVICE HYDRAULIQUE

101
17

Fiche des Plus Hautes Eaux

Reperes de Nivellement

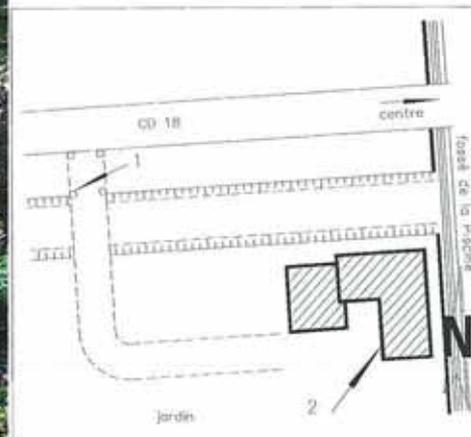
Numero	Nature	Support	Altitude N.G.F	Hauteur /T.N.
1	seuil	portail jardin	8.29	0
2	seuil	cuisine	7.07	/

Coordonnées LAMBERT : X : 690960
Y : 121050

Localisation de la P.H.E.

Commune : FLORENSAC
 Adresse : CD 18, très proche de l'entrée de Florensac
 contre le fossé de la "Piscine"
 Cadastre :
 Cours d'eau : Hérault
 Echelle plans de référence : 1/10000

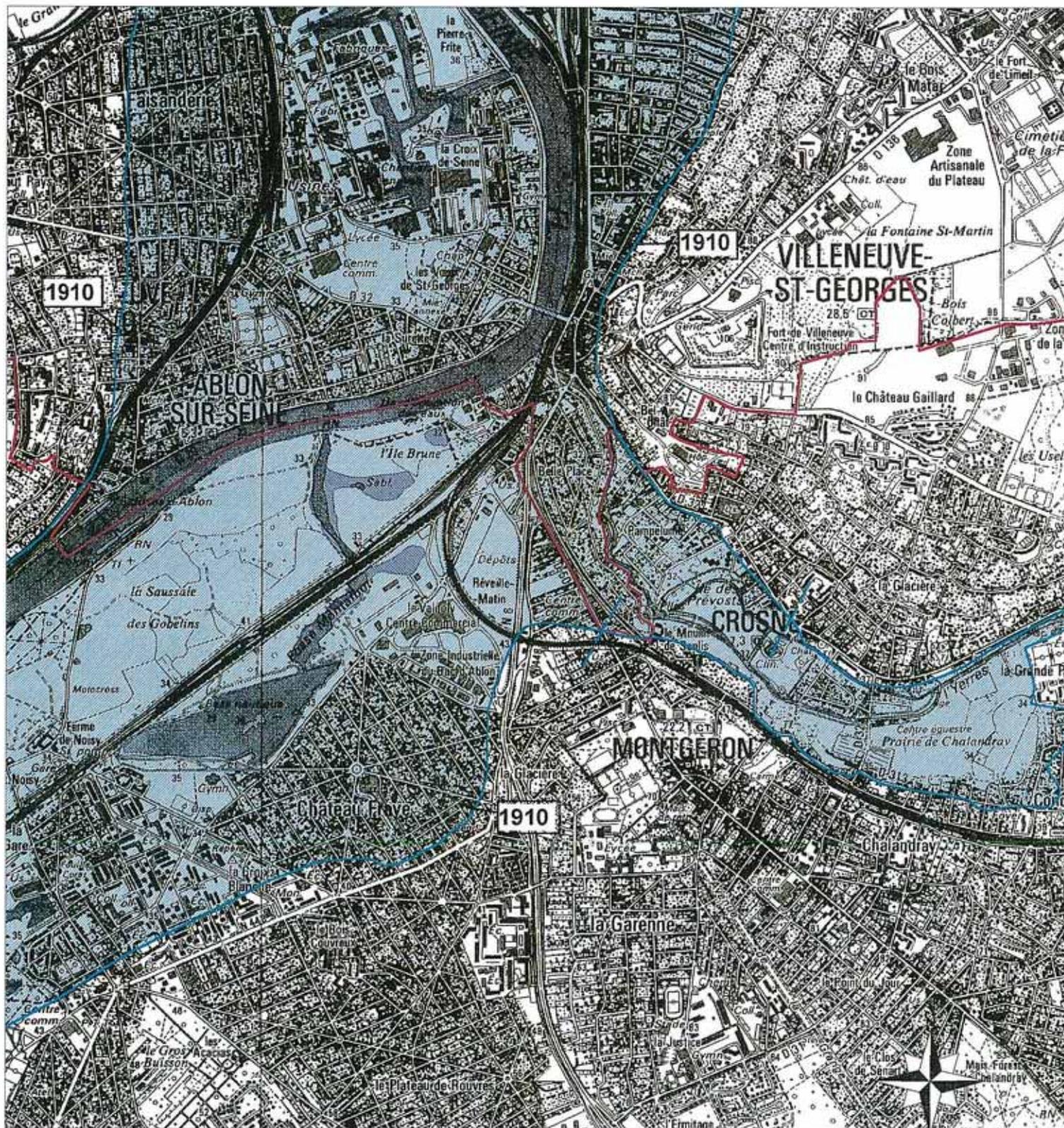
Support : maison



Resultats d'Enquete

Date Crue	Hauteur /repère	Numero	Altitude N.G.F.	Marque	Observations	Nom Témoins	Date	Enqueteur
1963?1964?	1.95	2	9.02		laisses apparentes	SOCREAH	83	MP
1963?1964?	1.77	2	8.84	x		" " "	"	"
1969	1.18	2	8.25			" " "	"	"
nov 94	1.81	2	8.88				96	AB
1965	1.92	2	8.99	x			"	"
25-1-96	1.56	2	8.63	x			"	"
nov 95	1.15	2	8.22	x			"	"
9-12-1953	1.09	1	9.38		(jardin Pascal) à 11h30. Renseignement DDE		83	MP
18-12-97	2.23	2	5.30	x			97	AB

Carte 9. Carte des plus hautes eaux connues : l'inondation de la Seine en 1910 entre Montgeron et Villeneuve-le-Roi (Essonne et Val-de-Marne)



1910 Date de la crue connue

Limite de la zone inondée

Limite fictive par manque d'information

Limite séparant deux crues de date différente

Limite de département

- les méthodes hydrométéorologiques applicables dans l'espace géographique concerné.

Ces résultats ont déjà pu être obtenus au cours d'études préalables plus globales, notamment dans le cadre d'une étude de bassin de risque, et peuvent alors être directement réutilisés, sous réserve de vérification ou d'actualisation si une crue importante est survenue postérieurement à l'étude. Dans le cas contraire, il y aura lieu, soit d'effectuer une analyse critique des études existantes, soit de traiter les données disponibles. Lorsqu'elles existent, les délimitations des zones inondées par des crues récentes significatives seront reportées sur carte.

En ce qui concerne les petits ou moyens bassins versants pour lesquels les données s'avèrent trop peu nombreuses pour permettre un traitement

statistique, une évaluation sommaire des débits pourra être effectuée au moyen d'une méthode empirique ou de l'application de valeurs de débits spécifiques déterminées dans des configurations comparables.

Dans tous les cas, on gardera présent à l'esprit le fait que ces méthodes ne fournissent que des ordres de grandeur, qu'il y a lieu d'assortir d'une fourchette d'erreur probable, et que la notion de fréquence, si elle s'applique correctement dans le cas des crues fréquentes, est contestable (et contestée) pour des occurrences faibles, pour lesquelles les termes de rares et exceptionnels reflètent mieux la réalité des incertitudes. Elle prête, de plus, à confusion pour les non spécialistes, qui trouveront dans le tableau 5 une lecture plus concrète de ces probabilités.

Tableau 5. Probabilité de voir une crue de fréquence donnée atteinte ou dépassée au moins une fois sur une période donnée

	Sur 1 an	Sur 30 ans (continus)	Sur 100 ans (continus)
crue décennale (fréquente)	10 % ou 1 « chance » sur 10	96 % soit presque « sûrement » une fois	99,997 % soit « sûrement » une fois
crue centennale (rare)	1 % ou 1 « chance » sur 100	26 % ou 1 « chance » sur 4	63 % ou 2 « chances » sur 3
crue millénaire ⁹ (exceptionnelle)	0,1 % ou 1 « chance » sur 1000	3 % ou 1 « chance » sur 33	10 % ou 1 « chance » sur 10

Toutes ces informations (archives, enquêtes, relevés de crues, pluies, débits, etc.) doivent être soigneusement sélectionnées et critiquées de manière à éliminer celles qui seraient erronées et à apprécier la qualité et la fiabilité des données en les resituant dans leur contexte historique et géologique : ainsi, des crues importantes ont pu être négligées dans les chroniques du passé parce qu'elles ne concernaient que des sites à faible vulnérabilité pas ou peu urbanisés alors, mais qui le sont devenus depuis. C'est pourquoi cette recherche d'archives doit être couplée, autant que faire se peut, avec la connaissance de l'évolution de l'occupation des sols. Ainsi, l'analyse des stades successifs de l'expansion des zones urbanisées, depuis le noyau urbain initial jusqu'à la situation actuelle, fournit, en général, des informations complémentaires de celles résultant de la cartographie hydrogéomorphologique, sur la prise en compte de l'inondabilité.

LA CARTE INFORMATIVE DES PHÉNOMÈNES NATURELS

Complément topographique de la carte IGN

Compte tenu des types d'études menées et du niveau de précision obtenu, l'analyse fine et le report cartographique de la morphologie alluviale,

⁹ La notion de crue millénaire, d'usage assez courant, n'a aucun sens au plan hydrogéomorphologique et doit être évitée et remplacée par celle de crue exceptionnelle.

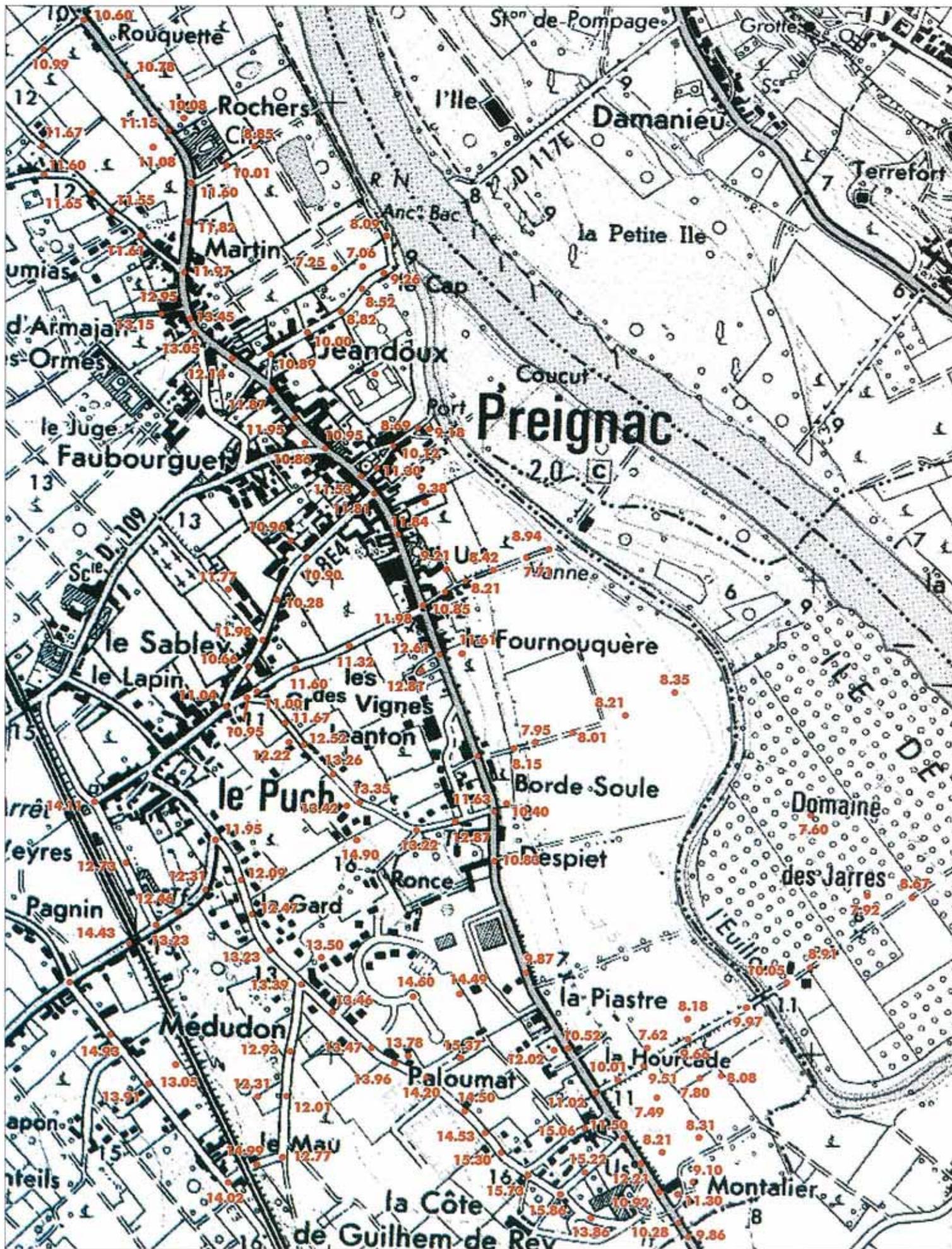
des crues historiques et des aléas pourront quelquefois conduire à des interrogations dans certains secteurs ou en limite de zones. En effet, si la précision planimétrique de la carte IGN, qui sert de fond de plan, est satisfaisante (5 à 7 mètres sur les points cotés), la précision altimétrique ne répond pas, le plus souvent, aux exigences : elle est de l'ordre de 1 mètre sur les points cotés et de 2 mètres sur les courbes de niveaux. Elle est donc généralement insuffisante, notamment dans les fonds de vallée plats, et diminue encore dans les secteurs urbains denses ou sous une couverture végétale haute. Pour lever les incertitudes, la carte IGN pourra être enrichie par des compléments topographiques, qui permettront d'améliorer le positionnement de l'enveloppe maximale des inondations (historiques ou prévisibles) et l'estimation des hauteurs de submersion (carte 10).

Ces compléments pourront correspondre :

- à des mesures existantes, par exemple des profils longitudinaux de cours d'eau relevés par l'IGN, ou des levés topographiques d'ouvrages publics (routes, ouvrages hydrauliques ou privés, lotissements) ;
- à des levés spécifiques, terrestres ou photogramétriques, c'est-à-dire issus de mesures effectuées sur des photographies aériennes stéréoscopiques.

Les levés terrestres sont les plus fréquemment mis en œuvre, surtout pour traiter des surfaces petites ou masquées et peu visibles sur photo-

Carte 10. Complément topographique ponctuel de la carte IGN au 1/25 000 agrandie (Gironde)



graphiques aériennes. Ils sont normalement confiés à un géomètre, mais certains bureaux d'études hydrauliques préfèrent les réaliser eux-mêmes dans un souci de plus grande efficacité, puisqu'ils peuvent ainsi choisir et mesurer directement sur le terrain, au fur et à mesure qu'ils les découvrent, les points singuliers en fonction de la morphologie alluviale et des éléments structurants de l'occupation des sols. Il est également utile de demander la participation d'un employé communal. Celui-ci apporte sa connaissance du terrain au bureau d'études, facilite les contacts entre les riverains et l'hydraulicien pour entrer dans les propriétés et pour recueillir des informations et livre sa propre expérience des événements passés. Par ailleurs, la contribution de cette personne constitue souvent, aux yeux des élus, un gage de fiabilité vis-à-vis des résultats des études, ce qui ne peut que favoriser l'appropriation des aléas et les relations avec le service instructeur.

Contenu et réalisation

Cette carte constitue une synthèse de plusieurs types d'informations relatives aux événements connus qui ont été jugés représentatifs des manifestations prévisibles des crues sur le secteur d'étude (carte 11). Elle résulte de l'exploitation de la base de données et peut superposer en particulier :

- les caractéristiques hydrogéomorphologiques de la vallée, ou de la plaine alluviale et des versants ;
- les informations qualitatives et quantitatives de la crue historique retenue : surfaces inondées, hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement, durée de submersion (si elles sont connues), zones d'accélération (ruptures de digues) ;
- les conséquences physiques et humaines de cette crue : érosion des sols, atterrissement, dégâts, dommages, victimes, etc. ;
- les principaux éléments structurants de l'espace (routes, voies ferrées, digues, ouvrages hydrauliques) ayant une incidence sur le régime ou le mode d'écoulement des crues, en précisant leur date de réalisation pour les resituer dans leur contexte historique.

D'une façon générale, la cartographie permet de mettre en évidence certains facteurs aggravants tels que la présence de bras morts qui peuvent être réactivés au moment d'une crue, les obstacles pouvant provoquer la surélévation de l'eau en amont, l'érosion et le dépôt de matériaux, les déplacements brusques du lit mineur, les sites privilégiés de formation d'embâcles, la configuration du terrain (cuvette par exemple), etc.

Elle peut utilement être complétée en annexe du rapport de présentation par :

- des photographies (campagnes de photographies aériennes, photographies prises au sol) ;
- les fiches de relevés de laisses de crues les plus significatives.

La qualification et la cartographie des aléas

L'aléa est initialement défini comme la « probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel ». Toutefois, pour les PPR, on adopte une définition élargie qui intègre l'intensité des phénomènes (hauteurs et durées de submersion, vitesses d'écoulement) et qui permet de traiter plus facilement les événements difficilement probabilisables comme la plupart des crues torrentielles.

ALÉA DE RÉFÉRENCE

L'aléa de référence correspond à une période de retour choisie pour se prémunir d'un phénomène. Il varie en fonction des objectifs. En ce qui concerne les centrales nucléaires ou les barrages, l'aléa calculé est décennal. Les digues, par contre, ont été conçues avec des objectifs différents. D'abord destinées à protéger les terres cultivées, comme dans la vallée de la Loire, elles étaient édifiées et progressivement surélevées en fonction de la hauteur d'eau atteinte au cours des dernières crues. Elles ont ensuite été souvent construites pour protéger les zones urbanisées pour une fréquence centennale.

En termes d'aménagement, la circulaire du 24 janvier 1994 précise que l'événement de référence à retenir pour le zonage est, conventionnellement, « la plus forte crue connue et, dans le cas où celle-ci serait plus faible qu'une crue de fréquence centennale, cette dernière ». Ce choix répond à la volonté :

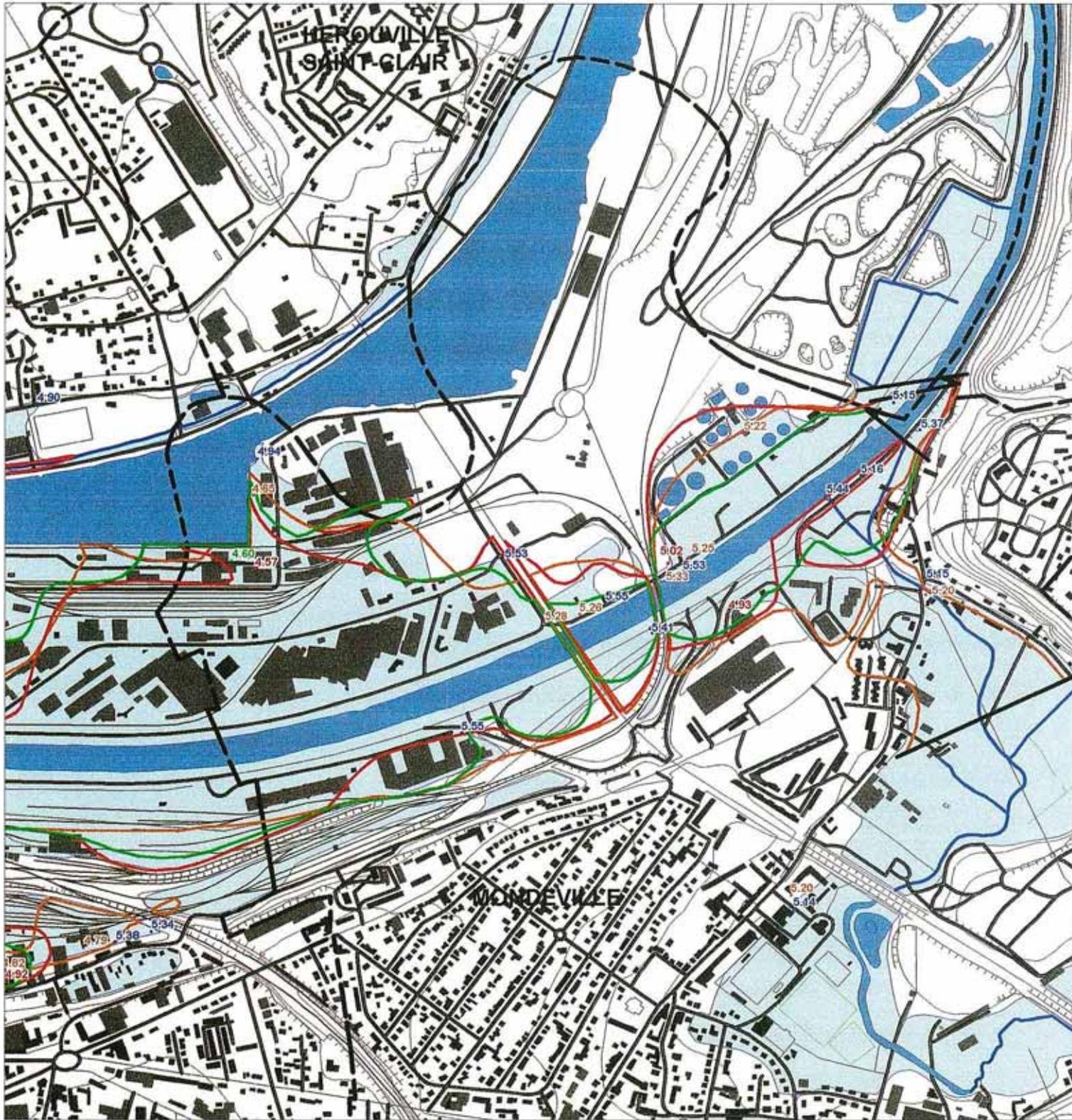
- de se référer à des événements qui se sont déjà produits, qui sont donc non contestables et susceptibles de se produire de nouveau, et dont les plus récents sont encore dans les mémoires.
- de privilégier la mise en sécurité de la population en retenant des crues de fréquences rares ou exceptionnelles.

CARACTÉRISATION DES NIVEAUX D'ALÉAS

Les niveaux d'aléas sont déterminés en fonction de l'intensité des paramètres physiques de l'inondation de référence qui se traduisent en termes de dommages aux biens et de gravité pour les personnes. Ce sont essentiellement les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement et les durées de submersion. Mais dans certains cas, on doit prendre également en compte la vitesse de montée de l'eau, facteur de danger pour les crues éclair et les transports solides. Dans un but de simplification, et compte tenu du caractère essentiellement qualitatif de l'analyse, il est souhaitable de distinguer au maximum 3 niveaux d'aléa : négligeable ou faible, moyen, fort.

Dans tous les cas, on pourra qualifier l'aléa à partir de la hauteur de submersion, en se calant sur une hauteur de 1 mètre, qui constitue la limite inférieure de l'aléa le plus fort (tableau 6)

Carte 11. Carte informative des phénomènes naturels : l'Orne dans l'agglomération de Caen (Calvados)



- | | | | |
|------|-------------------------------------|------|--------------------------------------|
| — | Limite de zone d'étude | — | Limite de zone inondée février 1990 |
| ■ | Zone inondée janvier 1995 | 7.87 | Hauteur de crue février 1990 |
| 7.87 | 7.87 Hauteur de crue janvier 1995 | — | Limite de zone inondée novembre 1974 |
| — | Limite de zone inondée janvier 1993 | 7.87 | 7.87 Hauteur de crue novembre 1974 |
| 7.87 | 7.87 Hauteur de crue janvier 1993 | ~ | Limite communale |

Source : DDE du Calvados

0 100 200 m

Tableau 6. Qualification de l'aléa en fonction de la hauteur de submersion

Hauteur	Aléa
$H < 1 \text{ m}$	Moyen ou Faible
$H \geq 1 \text{ m}$	Fort

La valeur de 1 mètre d'eau, exprimée une première fois dans la circulaire du Premier ministre du 2 février 1994, correspond à une valeur conventionnelle significative en matière de prévention et gestion de crise :

- limite d'efficacité d'un batardage mis en place par un particulier ;
- mobilité fortement réduite d'un adulte et impossible pour un enfant ;
- soulèvement et déplacement des véhicules qui vont constituer des dangers et des embâcles ;
- difficulté d'intervention des engins terrestres des services de secours qui sont limités à 60-70 cm.

En fonction d'enjeux spécifiques on pourra ouvrir l'éventail des hauteurs de référence. Par exemple :

- pour les crues de plaine, on pourra chercher dans les espaces urbanisés à différencier les hauteurs supérieures à 1 m (H compris entre 1 et 2 m et H supérieur à 2 m) ;
- pour les zones d'écoulement rapide, on pourra considérer que l'aléa est le plus fort à partir d'une hauteur de 0,50 m.

La limite de 1 mètre devra être considérée avec circonspection dans la mesure où des hétérogénéités de l'occupation des sols (présence d'obstacles divers à l'écoulement ou au contraire d'axes de drainage rapides) sont susceptibles, au sein d'une zone considérée comme homogène aux plans hydrogéomorphologique et hydraulique, de produire des variations importantes autour de cette hauteur moyenne, en fonction des points considérés.

Dans certains cas, comme celui des inondations rapides et, pire encore, des inondations par les torrents, cette caractérisation sera insuffisante, et il faudra se poser la question des vitesses d'écoulement (tableau 7). Toutefois, la connaissance des vitesses est encore plus difficile à apprécier que celle des hauteurs et peut même s'avérer illusoire. La mesure en période de crues est d'autant plus ardue que la vitesse est forte et hétérogène, et n'a de toute façon de valeur qu'au point et au moment où elle est effectuée. En général, on ne dispose pas de mesures fiables de vitesses, mais de valeurs approchées, par exemple à partir d'objets emportés par le courant ou de dépôts. En modélisation hydraulique, la valeur de la vitesse dépend de la précision et de la fiabilité des données entrées dans le modèle. En outre, seule la vitesse moyenne du casier peut être approchée. En conséquence, on ne parlera que d'une appréciation qualitative des vitesses : faible, moyenne ou forte. Lorsque des données quantitatives existent malgré tout, on considérera que la vitesse est faible en dessous de 0,20 m/s, moyenne de 0,20 à 0,50 m/s et forte au-delà.

Tableau 7. Qualification des aléas en fonction de la hauteur et de la vitesse

Hauteur	Vitesse	Faible (stockage)	Moyenne (écoulement)	Fort (grand écoulement)
$H < 0,50 \text{ m}$		Faible	Moyen	Fort
$0,50 \text{ m} < H < 1 \text{ m}$		Moyen	Moyen	Fort
$H > 1 \text{ m}$		Fort	Fort	Très Fort

Quant à la durée de submersion, elle doit être envisagée pour des inondations de longues durées comme celles de la Saône, lorsque les communications sont perturbées, voire coupées et que l'accès et le secours aux sinistrés sont difficiles ou impossibles. Même sans les prendre en compte dans la qualification de l'aléa, les durées exceptionnellement longues (par exemple supérieures à 48 heures) ou particulières à certains secteurs isolés du fait de levées naturelles ou artificielles ou de distances importantes pour atteindre les zones hors d'eau doivent être mentionnées.

Par ailleurs, il est important de noter que les terrains protégés par des ouvrages (digues) sont considérés comme potentiellement exposés aux inondations de la même façon que des terrains non protégés dans la mesure où il n'est pas possible

de garantir totalement et définitivement l'efficacité des ouvrages. En clair, les digues restent transparentes pour qualifier les aléas. Même en l'absence de données historiques, la carte hydrogéomorphologique permet de souligner et de délimiter la zone inondable indépendamment des digues. La protection éventuelle qu'elles représentent ne sera prise en compte, le cas échéant, par le service instructeur, qu'au moment de délimiter les zones réglementaires.

En outre, certains effets aggravants pourront être identifiés, comme ceux induits par les ruptures potentielles de digues ou la mise en fonction d'un déversoir de sécurité qui menacent les terrains situés derrière les ouvrages ou en aval. La description de l'aléa intégrera ces effets.

MÉTHODE DE QUALIFICATION DES ALÉAS

À l'issue des deux premières phases (analyse hydrogéomorphologique et exploitation des données historiques), la qualification de l'aléa peut résulter de plusieurs scénarii :

- l'information relative aux crues historiques est très réduite ou trop sujette à caution pour être exploitable. Cette situation est relativement fréquente pour des bassins versants de superficie réduite (moins de 50 à 100 km²), et particulièrement lorsqu'ils sont exposés à des crues torrentielles. Elle vise également les bassins versants dans lesquels la relation pluie - débit varie en fonction des caractéristiques pluviométriques, par exemple les bassins à forte perméabilité, effaçant les pluies de fréquences moyennes, mais où le ruissellement devient prépondérant pour des pluies exceptionnelles.
- l'information relative aux crues historiques est suffisamment abondante et fiable pour permettre une exploitation statistique satisfaisante. Dans ce cas, il est possible de distinguer deux démarches suivant qu'il existe ou non une crue pouvant servir de crue de référence : caractériser directement l'aléa si l'on dispose d'un événement récent, d'occurrence centennale ou plus rare ayant donné lieu à des relevés fiables de débits et de hauteurs d'eau, ou, à défaut, recourir à une modélisation.

Qualification en cas d'absence ou d'insuffisance de données historiques

La seule information directement exploitable est l'analyse hydrogéomorphologique. Une observation rigoureuse couplant photo-interprétation et observations de terrain permet d'obtenir des limites de zones inondables raisonnablement fiables. Cependant, la précision est limitée sur les petits bassins versants à fort colluvionnement dont les vallons ont un profil transversal « en berceau ».

Cette analyse peut être complétée par une approche quantitative basée sur l'estimation :

- des débits de crue rare à partir de données pluviométriques régionales, ou d'un débit spécifique régionalisé ;
- de hauteurs d'eau et de vitesses (ce dernier critère étant le plus important pour les vallons à caractère torrentiel) à partir du débit de référence calculé, de la pente hydraulique et d'un coefficient de rugosité évalué sur le terrain.

Quelques levés topographiques positionnés sur des sections transversales représentatives de tronçons homogènes de la vallée amélioreront la précision de cette estimation.

Cette méthode combinée permet, en cas d'incertitude, de vérifier la fiabilité des limites hydrogéomorphologiques, voire de déterminer une emprise minimale des écoulements.

Qualification résultant directement de l'exploitation d'une crue historique de référence

L'existence d'une crue historique récente, ayant fait l'objet d'observations fiables, et qu'il est possible de caractériser par rapport à une série statistiquement exploitable de crues anciennes, permet de résoudre au mieux le problème de la qualification de l'aléa. Le paramètre le plus utilisable est alors celui des hauteurs d'eau, relevées aux stations limnimétriques et sur les repères de crues. Une fois vérifiée la fiabilité de ces données, et effectué leur report sur la carte informative des crues historiques, cette information sera confrontée aux données de la carte hydrogéomorphologique. Il sera ainsi possible de voir dans quelle mesure les données ponctuelles peuvent être extrapolées aux unités de cette carte, de manière à obtenir une cartographie des hauteurs d'eau par unité hydrogéomorphologique et par tronçon homogène de la vallée. On vérifiera ce faisant la représentativité des repères de crues, en tenant compte de leur situation par rapport aux zones d'écoulement maximal et aux zones de calmes. On observera également l'évolution des hauteurs d'eau d'amont en aval en tenant compte en particulier des confluences.

Qualification en l'absence de crue historique de référence, mais à partir d'une chronique de données de longue durée

En l'absence d'une crue historique de référence, ou lorsque le nombre de points de mesures des hauteurs d'eau est trop réduit, il est nécessaire, pour obtenir une information suffisante sur les hauteurs d'eau (et, si possible, sur les vitesses), de partir des traitements statistiques portant sur les données enregistrées aux stations de mesures, à savoir :

- **les hauteurs d'eau** : l'exploitation statistique, pour chaque station, d'une série de longueur suffisante (≥ 30 ans), de maxima de hauteurs d'eau, permet d'obtenir une évaluation des hauteurs correspondant aux fréquences décennale et rare (dite centennale). Dans les cas favorables, on dispose en plus, entre deux stations, de repères fournissant un réseau des plus hautes eaux connues (PHEC). Une fois établie la correspondance entre ces deux natures de données, il est possible de mettre en évidence une relation entre points de mesures et unités hydrogéomorphologiques, et par conséquent, de caractériser ces unités quantitativement, pour une crue d'occurrence donnée, en termes de fourchettes de hauteurs d'eau.

Dans le cas d'une plaine alluviale inondable présentant une bonne homogénéité sur un même tronçon de vallée, un résultat satisfaisant pourra être obtenu avec un nombre limité de données quantitatives ponctuelles. Dans le cas contraire d'une forte hétérogénéité, et de variations rapides dans l'espace de l'écoulement des crues (rivières semi-torrentielles ou torrentielles), le nombre de données nécessaires sera nettement plus élevé. Il

y aura donc lieu de déterminer si une interprétation semi-quantitative sera malgré tout suffisante, compte tenu en particulier de la dispersion liée à la non stationnarité des phénomènes dans le temps, ou s'il s'avère nécessaire de recourir à la modélisation hydraulique :

- **les débits** : de même que pour les hauteurs d'eau, l'exploitation statistique d'une série suffisante de calculs de débits de pointe permet, au niveau des différentes stations de mesures hydrométriques, de déterminer les débits caractéristiques de crues fréquentes (décennales) et rares (centennales). Ces données pourront dans une certaine mesure permettre d'évaluer des ordres de grandeur des hauteurs et des vitesses de l'écoulement affectant un tronçon de plaine alluviale entre deux stations de mesures. Cette évaluation reposera sur des calculs hydrauliques sommaires prenant en compte les éléments dont on dispose en matière de topographie à partir de la carte IGN (profil transversal, pente hydraulique moyenne), d'organisation hydrogéomorphologique de la plaine alluviale et de rugosité hydraulique. L'existence de relevés de PHEC ou de laisses de crues récentes pourra faciliter la mise en cohérence de l'ensemble des informations.

Complémentaire aux deux approches ci-dessus, dont la réalisation simultanée ne peut qu'améliorer la fiabilité de l'analyse globale, une vérification peut être effectuée au moyen de calculs hydrauliques simplifiés prenant en compte :

- des débits théoriques de crues rares ou exceptionnelles, établis à partir de pluviomètres de référence ayant une valeur régionale ;
- la topographie de la plaine alluviale déterminée au moyen de profils transversaux spécifiques représentatifs de tronçons homogènes au plan hydrogéomorphologique.

En cas de discordance entre ces données hydrogéomorphologiques et les données hydrologiques, une analyse critique portera sur :

- les traitements statistiques : représentativité de l'échantillon utilisé, possibilité de réponse non linéaire du bassin versant aux différentes intensités pluviométriques ;

- l'effet des transformations subies par le cours d'eau au long de la période couverte par les crues historiques recensées.

Au bout du compte, cette démarche, permettant d'exploiter de manière optimale l'information disponible, doit conduire logiquement, par extrapolation, à la détermination de la crue de référence et à la cartographie des aléas. Le croisement et la comparaison critique de données de nature complémentaire doivent permettre d'afficher la fiabilité de la valeur des paramètres retenus (hauteur, vitesse, durée, etc.), qui sera précisée par l'indication d'une fourchette d'erreur. En complément, une référence à la crue exceptionnelle, correspondant à l'extension maximale de la zone inondable cartographiée par analyse hydrogéomorphologique, pourra également être fournie.

Qualification par modélisation hydraulique

L'étude hydraulique est le dernier maillon de la chaîne qui permet de lever de fortes incertitudes ou de reconstituer les conditions de propagation d'une ou de plusieurs crues débordantes. Appuyée sur la connaissance hydrogéomorphologique de la vallée, sur l'étude des crues historiques, sur une analyse hydrologique spécifique et sur des levés topographiques complémentaires (document 10), elle consiste à reproduire des écoulements connus pour simuler des inondations correspondant à des conditions choisies par le projeteur (débits de pointe, aménagement du lit mineur, occupation du lit majeur, etc.), pour une crue d'occurrence centennale (Q 100). L'hydraulicien obtient pour le débit de la crue de référence une ligne d'eau à partir de laquelle il peut délimiter la zone inondée et estimer les principaux paramètres physiques déjà évoqués : la hauteur de submersion, la vitesse du courant et le temps de montée ou de ressuyage de la crue. La transcription cartographique est délicate car elle doit interpoler la ligne d'eau, dont l'imprécision peut atteindre 20 cm, sur un fond de plan qui n'est pas suffisamment renseigné et qui devra le plus souvent être complété.

Document 10

Compléments topographiques destinés à la modélisation

Pour modéliser une crue, l'hydraulicien devra s'appuyer sur une bonne connaissance de la géométrie de la vallée qu'il obtiendra notamment au moyen de profils en travers topographiques précis. Les mesures porteront également sur les points hauts et bas des talus et sur les points singuliers princi-

palement situés en amont, au milieu et en aval de chaque tronçon homogène. Le terrain naturel sera calé altimétriquement à partir d'un semis de points relevés sur les routes et les chemins inondables accessibles, complété, le cas échéant, par le nivellement de quelques champs.

LA CARTE DES ALÉAS

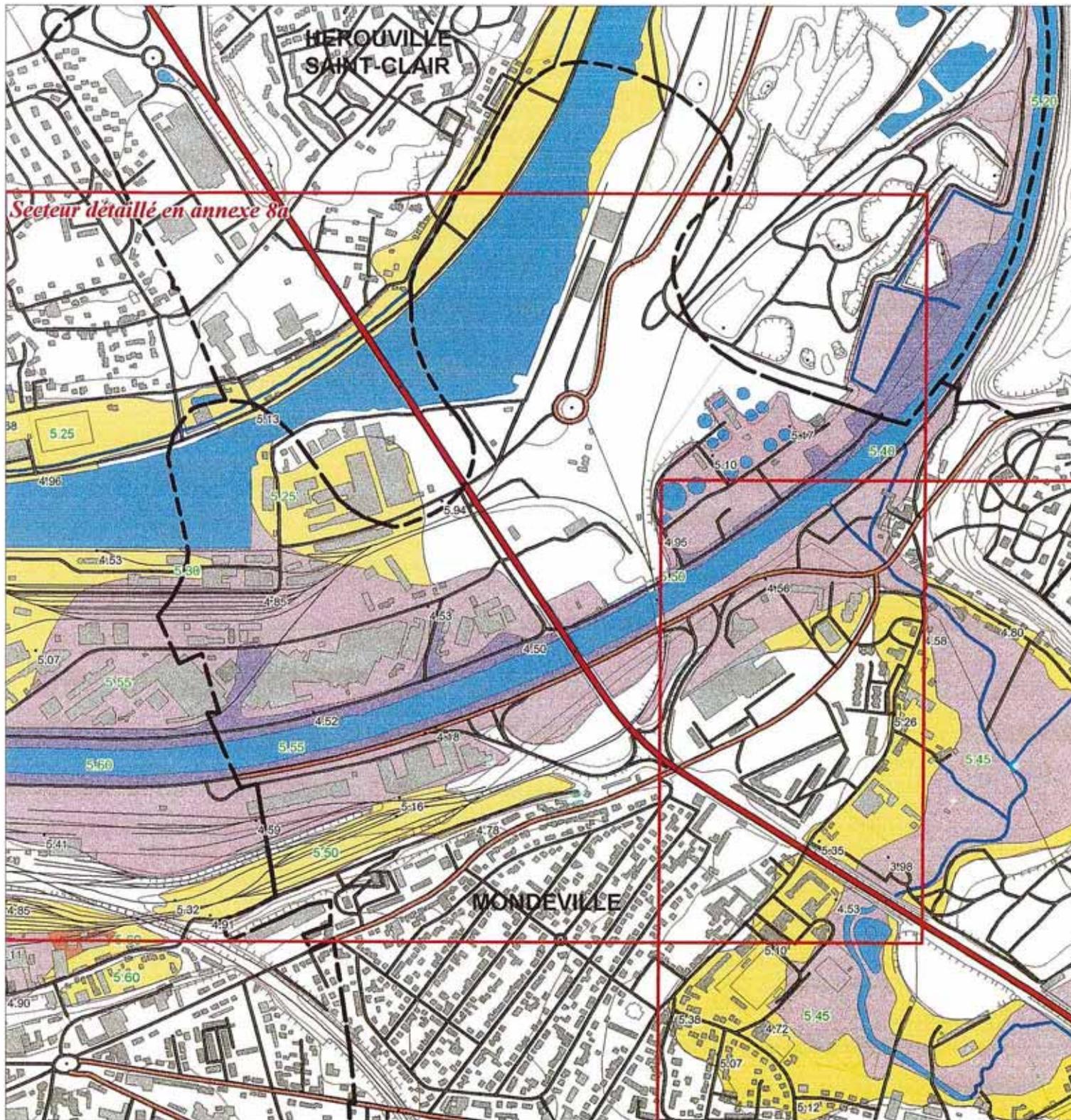
Contenu

La carte montre les surfaces affectées par un ou plusieurs aléas hiérarchisés en fonction de leur intensité (carte 12). Elle situe le cas échéant les

ouvrages de protection (digues) et les équipements (routes, voies ferrées, etc.) qui peuvent avoir un impact sur les conditions de submersion.

La délimitation spatiale des aléas repose sur une démarche d'expert combinant l'analyse des données existantes et les relevés de terrain. Elle intègre

Carte 12. Carte des aléas : l'Orne dans l'agglomération de Caen (Calvados)



Aléa faible

Aléa moyen

Aléa fort

Aléa très fort

Zone protégée mais dominée par la crue centennale

6.51 Cote estimée du plan d'eau pour l'évènement centennial

Limite de crue centennale

Limite communale

Hydrographie

des marges d'incertitudes qui devront être explicitées dans le rapport de présentation.

On y reporte également, à partir des analyses de terrain, les zones sans aléa identifié, donc non directement exposées aux risques, mais où certains aménagements ou constructions pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux.

Représentation cartographique

Chaque zone d'aléa sera cartographiée par un code de couleurs conventionnelles dont l'intensité croissante caractérisera le niveau d'aléa. Le violet, par exemple, est suggéré, car il est proche du rouge, donc synonyme de « danger » sans confusion avec la carte réglementaire. Cette couleur pourra également être remplacée par un système de trame-points en noir et blanc plus ou moins denses, dans un souci d'économie, pour les tirages importants (dossiers destinés à être annexés aux P.O.S.).

Les zones non directement exposées feront l'objet d'une identification spécifique (couleur ou indice).

L'évaluation des enjeux

Justification de cette approche

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

Document 11

Les friches industrielles et urbaines

De manière générale les friches industrielles et urbaines, c'est-à-dire des îlots ou des terrains de grande superficie qui ont connu une urbanisation dans le passé et qui présentent une situation de dépréciation généralisée (économique, démographique, matérielle), seront intégrées dans les zones d'expansion des crues à préserver. Leur mutation devra donc se faire sans réurbanisation dans les secteurs inondables.

Toutefois certaines friches incluses dans les secteurs urbanisés des grandes agglomérations peuvent sembler stratégiques dans la perspective d'une revalorisation urbaine. Les secteurs ainsi concernés, qui pourraient faire l'objet d'une certaine réurbanisation, doivent faire l'objet d'une délimitation précise et leurs enjeux d'une réflexion spécifique vérifiant certaines conditions :

Par conséquent, elle doit en premier lieu préciser localement les enjeux définis par les instructions relatives à la gestion des zones inondables. Il s'agit tout d'abord des champs d'expansion des crues qui sont au cœur de la circulaire du 24 janvier 1994. Celle-ci les définit comme les secteurs « non urbanisés ou peu urbanisés et peu aménagés ». Cette définition conduit à délimiter au préalable les « espaces urbanisés » qui feront apparaître en creux les champs d'expansion des crues. À l'intérieur de ces « espaces urbanisés », on distinguera ensuite les « centres urbains » auxquels la circulaire du 24 avril 1996 demande d'attacher un traitement particulier. Toutefois, on devra régler spécifiquement le cas de certains espaces dont l'occupation ne peut être qualifiée facilement au regard de ces définitions : activités (serres, parcs de loisirs par exemple), friches industrielles ou urbaines (document 11), etc.

Plus généralement, l'évaluation des enjeux doit intégrer les autres enjeux touchant davantage à la sécurité et aux fonctions vitales de la ville.

Les enjeux à identifier

LES ESPACES URBANISÉS

Ils seront définis par référence aux dispositions de l'article L.111-1-4 du code de l'urbanisme, dont les modalités d'application sont fixées par la circulaire n° 96-32 du 13 Mai 1996 de la direction de l'aménagement et de l'urbanisme. Ce texte précise que le caractère urbanisé ou non d'un espace doit s'apprécier en fonction de la réalité physique et non en fonction d'un zonage opéré par un plan d'occupation des sols, ce qui conduit à exclure les zones dites urbanisables. Cette appréciation sera réalisée à l'échelle de représentation cartographique du PPR. Les opérations déjà autorisées seront également prises en compte, après avoir

- la certitude que les avantages liés à l'aménagement de ces secteurs sont suffisamment importants au regard des dommages prévisibles liés aux inondations ;
- l'absence de solution alternative dans les zones voisines non exposées ou faiblement exposées à des risques d'inondations, pour atteindre les objectifs territoriaux visés.

Leur éventuel réaménagement ne pourra être envisagé qu'avec des prescriptions strictes prenant en compte le risque d'inondation (mettant notamment les constructions hors d'eau) et répondant à une organisation de l'urbanisation qui vise à minimiser les effets de la crue pour les occupants, à réduire le coût des dommages potentiels et à améliorer le passage de l'eau par rapport aux conditions antérieures.

examiné les possibilités de diminuer leur vulnérabilité, conformément à la circulaire du 24 janvier 1994. La circulaire du 24 avril 1996 met en évidence l'enjeu particulier que représente la gestion des « centres urbains ». Ceux-ci sont définis en fonction de quatre critères qui sont leur histoire, une occupation du sol de fait importante, une continuité bâtie et la mixité des usages entre logements, commerces et services. Leur délimitation passe donc par une analyse du territoire au regard de ces critères (carte 13).

Comme pour toute analyse territoriale, les seuils qui devront être retenus pour chacun des critères en fonction des caractéristiques de l'urbanisation, et la discontinuité de l'occupation du sol, ne permettent pas de tracer sans réfléchir un trait sur la carte. Une bonne connaissance du territoire est nécessaire pour interpréter les données ainsi constituées et arrêter les limites des centres urbains.

On situera en tout cas aisément par cet exercice les zones strictement résidentielles, qu'elles soient pavillonnaires ou de logements collectifs, ou les zones industrielles, dans les « autres zones urbanisées » hors des centres urbains.

LES CHAMPS D'EXPANSION DES CRUES

Comme le précise la circulaire du 24 janvier 1994, les zones d'expansion des crues « à préserver » sont les secteurs « non urbanisés ou peu urbanisés et peu aménagés » et où la crue peut stocker un volume d'eau important, comme les terres agri-

coles, les espaces verts urbains et périurbains, les terrains de sport, les parcs de stationnement, etc.

Les zones d'expansion potentielle des inondations situées derrière les digues seront également conservées, si nécessaire dans le cadre d'un projet de développement du bassin versant. Par contre, en seront exclus les espaces non bâtis d'une superficie réduite (autres que les espaces verts existants ou à créer comme les jardins publics et les squares, que les stades, les cimetières, etc.) inclus dans les espaces urbanisés. Ce sont souvent des dents creuses plus ou moins importantes ou des espaces de transition mal occupés dans le centre urbain ou à sa limite.

En aucun cas cet exercice ne s'attachera à mesurer les effets particuliers de chaque zone d'expansion des crues ainsi délimitée sur les conditions d'écoulement ou de stockage de l'inondation. En effet, considérés isolément, la plupart des projets qui consomment une capacité de stockage ont un impact négligeable sur l'équilibre général de la rivière. C'est le cumul des petits projets qui finit par avoir un impact significatif. Cet impact se traduit par une augmentation des niveaux de crues sur place et en d'autres lieux, et donc par une aggravation des conséquences des crues. Par ailleurs, tous les projets qui se situent dans les zones nécessaires à l'écoulement des eaux ont pour conséquence évidente de le ralentir.

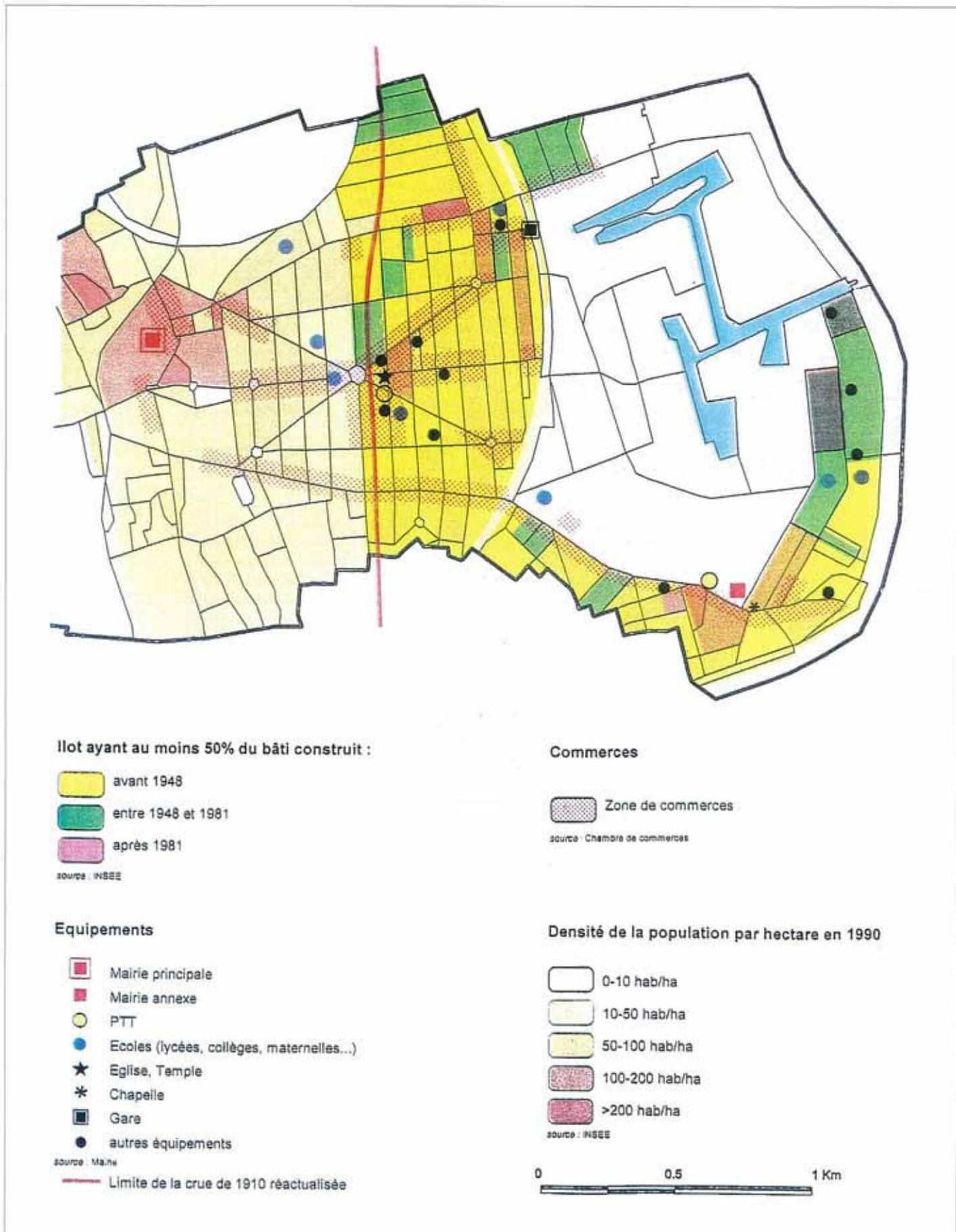
La délimitation des zones inondables qui seront préservées pour l'expansion des crues doit explicitement apparaître dans le dossier.

Photographie 8. Zone d'activité inondée par l'Orne, à Caen (Calvados)



Source : gendarmerie.

Carte 13. Analyse cartographique en vue de la délimitation du centre urbain de Villeneuve-le-Roi (Val-de-Marne)



 **Etablissements non inondés pouvant accueillir du public**

Ecoles	Ecole Paul Painlevé	1
	Ecole Jean Moulin	2
	Maternelle Cités Unies	3
	CES Jean Macé (a)	4
	CES Jean Macé (b)	5
	Externat Médico Pédagogique "l'Avenir"	6
Eglise	Eglise St Pierre/ Saint Paul	7
Gymnases	Paul Painlevé	8
	Ensemble sportif de la Grusie	10
Mairie	Mairie principale	11
Piscine	piscine	12
Perception	perception	13
Salle des Fêtes	salle des fêtes	14
Maison des Jeunes	Gérard Philippe	15
Foyer	Foyer Résidence Jean Rostand	16
Salle de Spectacles	Olof Palme	17

 **Etablissements publics inondés à évacuer**

Ecoles	Ecole Paul Bert	1
	Lycée d'Etat	2
	Maternelle Paul Eward	3
	Groupe Scolaire Jules Ferry	22
	Maternelle	23
Eglise	Eglise St Pierre/St Joseph	4
	Chapelle St Joseph	5
Gymnase	Anne Frank	6
Mairie	Mairie annexe	7
PTT	Bureau de Poste 1	8
	Bureau de Poste 2	9
Bibliothèque	Bibliothèque municipale	10
Sécurité Sociale	Sécurité Sociale	11
Crèche	Crèche	12
Maison de quartier	Maison de quartier	14
Foyer	Ambroise Croizat	15
Marché	Marché couvert	16
Parking	Parking couvert	17
Salle de Spectacles	Saint Just	18
Centre aéré	Centre du Bord de Mer	19
Centre Commercial	Centre commercial	20
Conservatoire	J. Wiener	21

 **Industries inondées**

Installations classées	Dépôts pétroliers	1
	BSA	2
	Benne-Express	3
	SRPU	4
Industrie polluante	Décharges et divers douteux	5

 **Etablissements inondables à évacuer en priorité**

Etablissement	Maison des handicapés	1
----------------------	-----------------------	---

 **Etablissements de secours, hors zone inondable**

Etablissements	Commissariat de police	1
	Gendarmerie	2

 **Equipements sensibles en zone inondable**

Equipements	GDF	1
	GAZ	2
	Gare	3

 **Terrains nus en zone inondable**

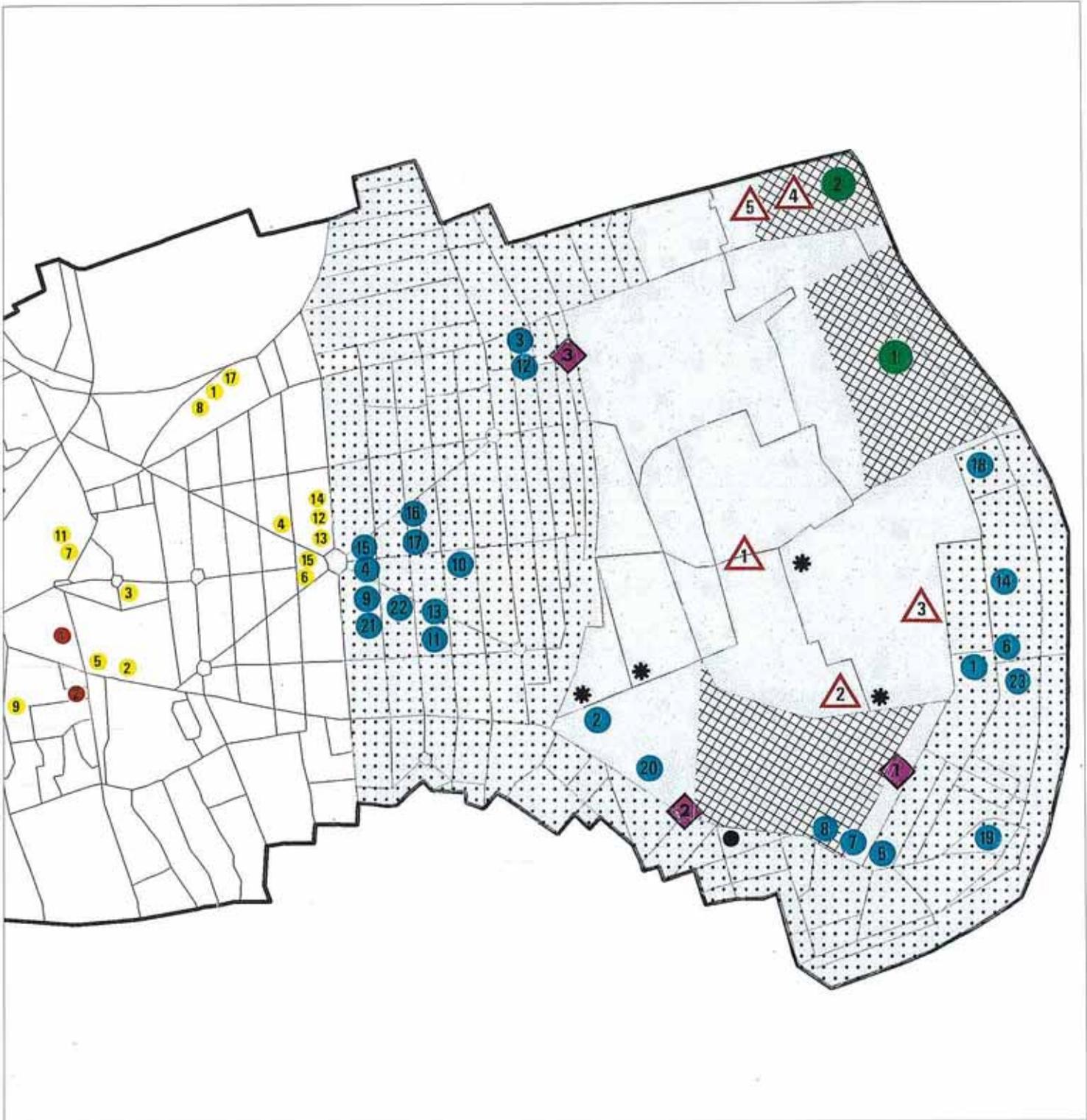
Terrains	Terrain nu	1
	Terrain nu	2

 **Fiches industrielles**

 **Centre urbain**

 **Espace urbanisable au SDRIF**

Carte 14. Carte des établissements, équipements et industries exposés ou non aux inondations à Villeneuve-le-Roi (Val-de-Marne)



Source : DDE du Val-de-Marne

LES AUTRES ENJEUX

Au-delà de la délimitation des espaces urbanisés (qui constitueront une limite géographique pour la réglementation de l'urbanisation) et des champs d'expansion des crues (qui permettront de garantir les conditions d'écoulement des eaux), il est nécessaire d'identifier tout ce qui contribue à la sécurité des personnes, à la protection des biens et à la gestion de crise, comme (carte 14) :

- l'importance des populations exposées ;
- les établissements recevant du public, inondables ou au contraire hors d'eau et susceptibles d'accueillir une population de sinistrés (hôpitaux, écoles, maisons de retraite, campings, etc.) ;
- les équipements sensibles ou stratégiques : centres de secours, réseaux (téléphone, eau potable, électricité) etc. ;
- les établissements industriels et commerciaux affectés (photographie 8) ;
- les voies de circulation susceptibles d'être coupées ou au contraire utilisables pour l'acheminement des secours ou l'évacuation ;
- les zones qui pourraient offrir des possibilités d'aménagement.

Ces différents enjeux n'auront pas le même niveau d'importance suivant le type d'inondation et devront faire l'objet de réponses spécifiques. La brutalité de certains phénomènes naturels (submersion consécutive à une inondation rapide, à une rupture d'ouvrages de protection, etc.), représente parfois un véritable danger pour les résidents ou les utilisateurs d'équipements et de voies de circulation potentiellement affectés. Ce danger, qui peut être temporaire et associé à des conditions météorologiques défavorables, doit être identifié et cartographié, en tenant compte dans la mesure du possible des hauteurs de submersion et des vitesses pouvant accompagner un événement exceptionnel. Il peut aussi être variable suivant les saisons, notamment vis-à-vis de la fréquentation touristique estivale.

Cartographie des enjeux

L'évaluation des enjeux doit rester globale et qualitative, à l'image des études techniques.

LA DÉMARCHÉ

Elle repose sur l'utilisation de plusieurs moyens d'information :

- la superposition de la carte des aléas et de la carte d'occupation des sols. Cette dernière peut résulter de la photo-interprétation réalisée au moment de l'analyse hydrogéomorphologique, complétée par les projets en cours et les préoccupations économiques et environnementales des élus ;
- l'analyse des documents d'urbanisme ;
- les enquêtes systématiques de terrain et des entretiens menés avec les collectivités concernées ;
- la connaissance des structures d'aménagement ou de gestion des eaux existantes ou envisagées sur le bassin.

Elle s'appuie sur la concertation avec l'ensemble des acteurs, notamment les services chargés de la sécurité civile dont la participation est indispensable à ce stade des études. Le PPR doit en effet, par ses dispositions préventives, faciliter la gestion de la crise. Il ne lui appartient cependant pas de l'organiser en se substituant aux outils et structures existants dans ce domaine.

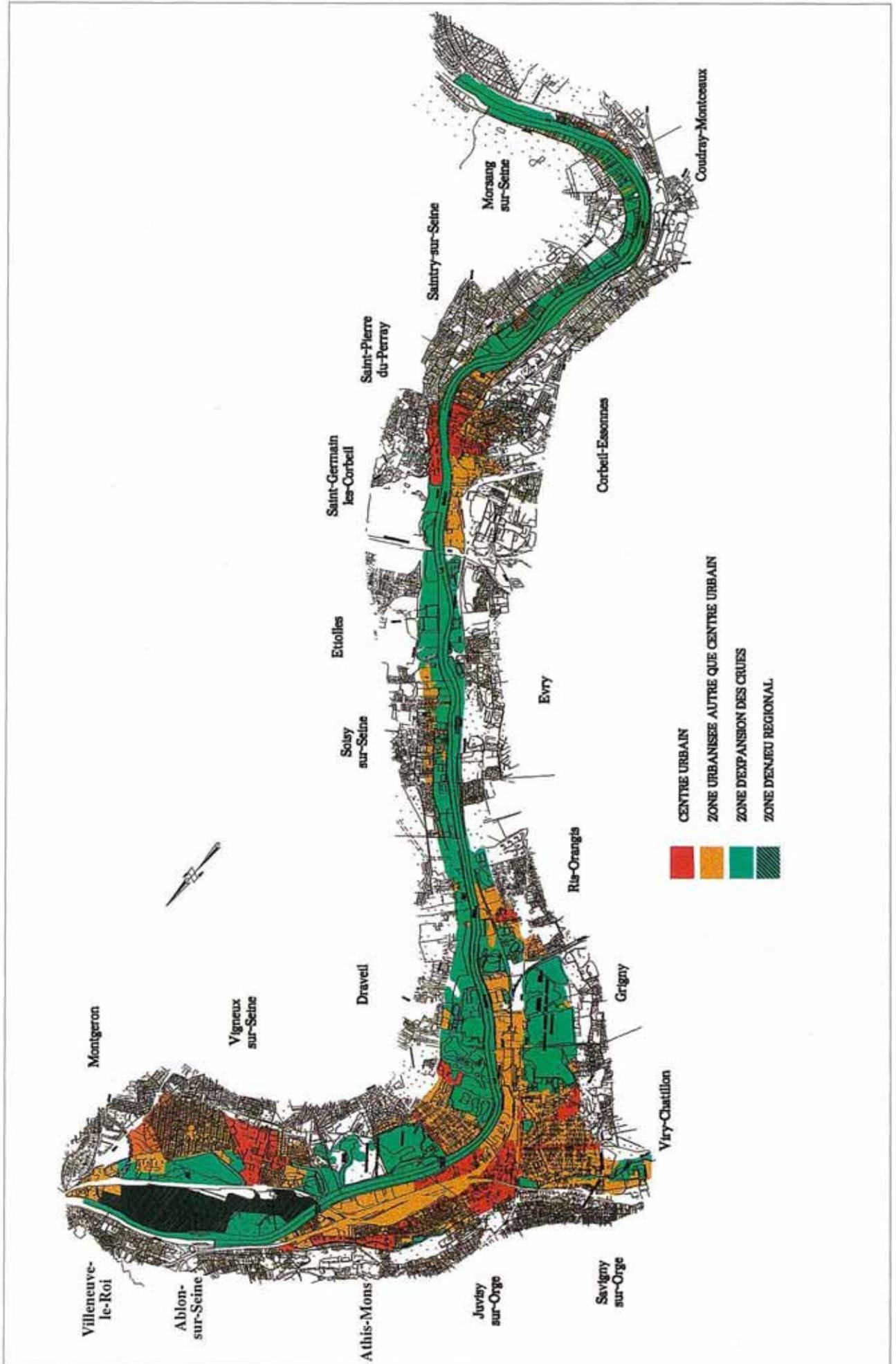
LA CARTE DES ENJEUX

Elle montre, sur un fond de plan IGN à l'échelle de 1/25 000 agrandi au 1/10 000, les différents enjeux existants parmi ceux que nous avons précédemment décrits (carte 15). Elle peut être complétée, si nécessaire, par des fiches descriptives sommaires.

Le report cartographique se fera sous forme ponctuelle (localisation d'un équipement sensible etc.), linéaire (axe de communication facilitant l'intervention des secours etc.) ou zonale (zones d'expansion des crues, zones économiques à protéger, etc.).

Les circonstances locales pourront également conduire à établir plusieurs cartes spécifiques. Ainsi, en présence de phénomènes potentiellement dangereux pour l'homme (hauteurs de submersion importantes, vitesses d'écoulement élevées), il est nécessaire de localiser les populations effectivement exposées, de façon permanente ou temporaire. Ces documents, qui sont réalisés par ou sous la responsabilité du service instructeur de l'État, ne sont pas exigés par les textes. Ils constituent cependant une base pertinente de réflexions et d'échanges avec les collectivités concernées.

Carte 15. Carte des enjeux du PPR de la Seine (Essonne)



ÉLABORATION DU DOSSIER DU PPR INONDATIONS

Caractéristiques du PPR

Le PPR est régi par les articles 40-1 à 40-6 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, modifiée par la loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement. Ses modalités d'application sont définies par le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995.

L'objectif de ce document est d'allier un contenu réglementaire fort à une élaboration simple. Ses caractéristiques, sommairement rappelées ici, sont développées dans le « guide général ». ¹⁰.

Domaine d'intervention

Le PPR a pour objet de délimiter les zones directement exposées à des risques, et d'autres zones qui ne sont pas directement exposées mais où certaines occupations ou usages du sol pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux (Art. 40-1 1° et 2° de la loi du 22 juillet 1987 modifiée).

Il y régleme en tant que de besoin les projets d'installations nouvelles :

- avec un champ d'application étendu puisqu'il peut interdire ou soumettre à prescriptions tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle, pour leur réalisation, leur utilisation ou leur exploitation.
- avec des moyens d'action variés allant de prescriptions de toute nature (règles d'urbanisme, de construction, d'exploitation, etc.) jusqu'à l'interdiction totale.

Le PPR peut également définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques et par les particuliers. Cette possibilité nouvelle, dont les outils antérieurs ne faisaient pas mention, vise notamment les mesures liées à la sécurité des personnes et à l'organisation des secours, et les mesures d'ensemble qui ne seraient pas associées à un projet particulier (Art. 40-1 3° de la loi du 22 juillet 1987 modifiée).

Enfin, le PPR peut agir sur l'existant, avec un champ d'application équivalant à celui ouvert pour les projets nouveaux. Toutefois, pour les biens régulièrement autorisés, on ne peut imposer que des « aménagements limités » dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée de ces biens (Art. 5 du décret du 5 octobre 1995).

Application du PPR

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique. Lorsqu'il porte sur des territoires couverts par un plan d'occupation des sols opposable (POS), il doit lui être annexé, conformément à l'article L. 126-1 du code de l'urbanisme. De même, il doit être annexé au plan d'aménagement de zones (PAZ) lorsqu'il porte sur un territoire couvert par une zone d'aménagement concerté (ZAC) en application de l'article R. 311-10 du code de l'urbanisme, ou au plan de sauvegarde et de mise en valeur (PSMV) lorsqu'il porte sur un territoire situé dans un secteur sauvegardé (article R. 311-11 du même code). Les dispositions du POS ou du document d'urbanisme en tenant lieu doivent, le cas échéant, être adaptées pour tenir compte de celles du PPR (p.45 du guide général PPR).

Par ailleurs, les manquements à l'application des dispositions d'un PPR sont passibles des sanctions pénales mentionnées à l'article 40-5 de la loi du 22 juillet 1987.

Le PPR peut aussi rendre obligatoire, dans un délai maximal de 5 ans, la réalisation de certaines mesures de prévention, de protection et de sauvegarde ou de mesures applicables à l'existant. À défaut de mise en conformité dans le délai prévu, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur (article 40-1 3° alinéa de la loi du 22 juillet 1987 modifiée).

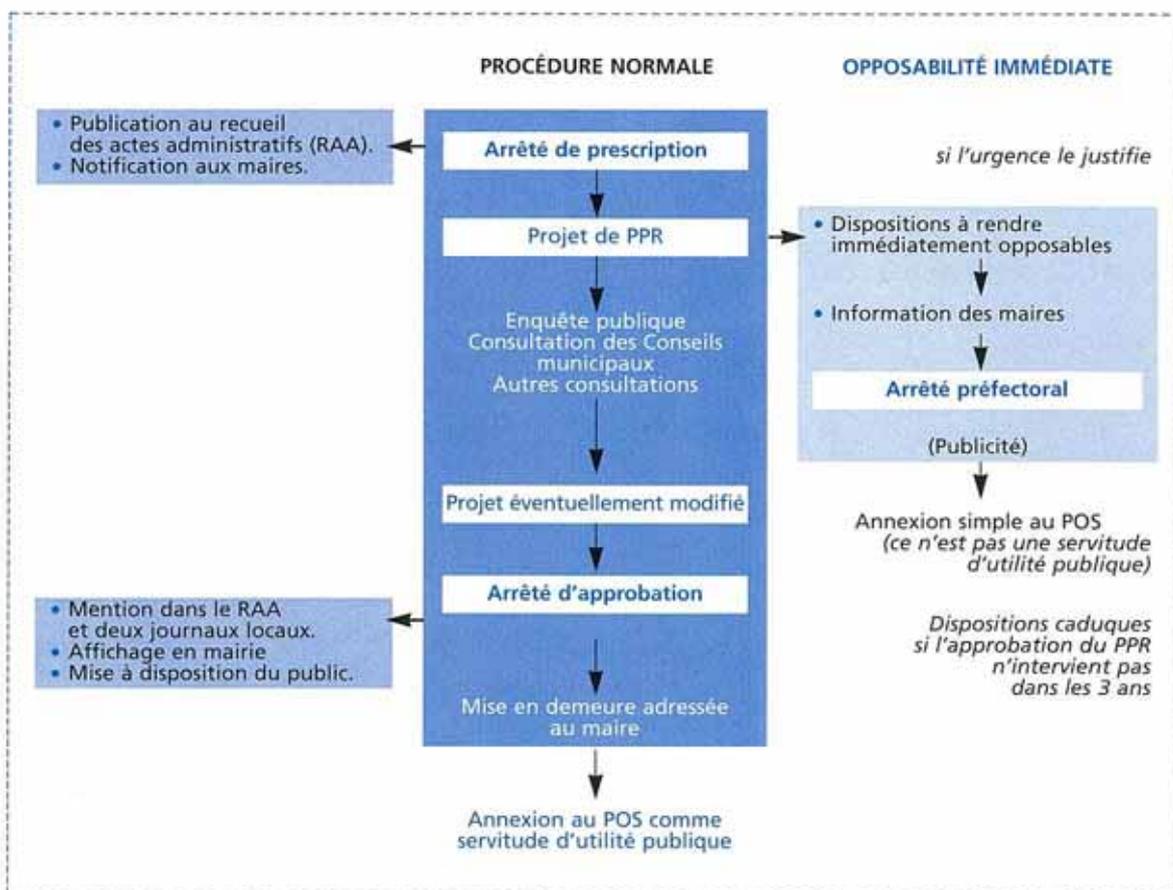
Enfin, les assureurs ont la possibilité d'appliquer certaines dérogations aux obligations de garantie des catastrophes naturelles en cas de violation des règles du PPR (art. L. 125-6 du code des assurances).

Conditions d'élaboration

Elles sont caractérisées par une procédure qui est voulue simple et efficace (tableau 8). En particulier, si cette dernière respecte les règles habituelles de concertation (enquête publique, consultation des communes et consultation d'autres organismes dans certains cas particuliers), tous les avis non

¹⁰. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997, Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) : guide général, La Documentation française, 76 pages.

Tableau 8. La procédure



rendus sont réputés favorables dans le délai de deux mois après la consultation. La décision finale revient au préfet à qui la loi confie la responsabilité d'approuver le PPR. Le préfet peut également en cas d'urgence, et après information des maires, rendre immédiatement opposables certaines mesures du projet de PPR (article 40-2 de la loi du 22 juillet 1987 modifiée).

Importance du dialogue local

Si l'élaboration du PPR est de la responsabilité de l'État, elle doit être conduite en associant étroitement les élus locaux et en informant clairement la population¹¹. En effet, ce document affecte directement le mode de vie des habitants et intervient dans des domaines de compétences principalement dévolus aux communes, comme l'urbanisme ou la sécurité publique. En outre, les maires ont une compétence propre en matière de prise en compte des risques naturels, fondée sur le code général des collectivités territoriales, sur la loi sécurité civile du 22 juillet 1987, et sur le code de l'urbanisme.

11. Cette information ne se substitue pas à l'obligation faite au Préfet d'informer le Maire des risques majeurs existants sur sa commune par la voie du DCS ni à l'obligation faite au Maire d'informer la population par la voie du DICRIM.

Le débat doit s'instaurer le plus en amont possible, dès l'intention de prescrire un PPR. L'État doit rappeler les objectifs poursuivis (sécurité des personnes et des biens, développement durable) et afficher clairement ses principes : politique de lutte contre les inondations, aléas de référence à prendre en compte, mesures de gestion des zones inondables. Dès ce stade, il cherchera un accord sur ces principes essentiels, par une démarche dans laquelle les différents acteurs (État, collectivités) assument des rôles différenciés et complémentaires pour progresser côte à côte. Les étapes de la discussion devront alors progressivement permettre une appropriation par tous de la démarche (document 12) :

- partager la connaissance des phénomènes historiques et potentiels ;
- évaluer en commun les risques connus, mais aussi les risques potentiels le cas échéant (vulnérabilité, dommages, gestion de la crise, retour à la normale, etc.) ;
- adapter les contraintes générales, sans les dénaturer, à chaque contexte, à partir des réalités du terrain et des savoir-faire locaux, dans un souci de pragmatisme et d'efficacité.

Document 12.**Culture locale du risque et concertation à Saint-Martin d'Ardèche (Ardèche)**

Saint-Martin d'Ardèche est un petit village de 550 habitants situé dans la vallée de l'Ardèche. Né d'un hameau de pêcheurs, il s'est développé grâce à la présence de l'eau qui a toujours constitué un facteur prédominant d'activités, que ce soit pour la pêche, ou le transport, dans la mesure où le bourg se trouve au départ de la voie navigable des gorges. Aujourd'hui, la commune vit en grande partie du tourisme grâce à l'exploitation de la rivière (descentes en canoë, implantation de 7 campings, etc.). La population estivale passe ainsi à 10 000 personnes.

Le village est régulièrement soumis à des inondations rapides et brutales, dont la hauteur peut atteindre plusieurs mètres en quelques heures (4 à 5 mètres en 1890), et la population locale connaît les règles de sécurité et de sauvegarde à adopter en pareille circonstance. Pour prendre en compte cet aléa et les risques qui peuvent en résulter, les services de l'État ont engagé un plan de prévention des risques, comme dans chaque commune exposée de l'Ardèche. Celui-ci a conduit, en s'appuyant sur les résultats d'une étude hydraulique calculée pour une crue exceptionnelle, à inscrire en zone rouge interdite à la construction une grande partie de l'agglomération de Saint-Martin.

Une situation de blocage est apparue entre l'administration, qui a pour rôle de mettre en œuvre les principes relatifs à la prévention des risques, et la population qui estimait que leur connaissance des phénomènes et leur capacité à gérer la crise (surveillance de la montée des eaux, mise à l'abri des biens, entraide, etc.) était ignorée de l'État, ou tout au moins pas suffisamment intégrée.

Seule une concertation active, menée avec l'appui d'un bureau d'études extérieur, a pu résoudre le conflit. Elle a consisté à créer les conditions nécessaires pour favoriser la communication par une écoute réciproque des services de l'État et de la municipalité. À l'issue de quelques réunions, cette concertation a permis de définir une stratégie commune de prévention du risque renforcée :

- les élus vont prendre en compte dans le développement de leur commune un niveau d'aléa et de risque qu'ils n'ont peut-être jamais connu, mais qui est susceptible de se produire, sans considérer que cela nuise à leurs projets ;
- les services de l'État vont proposer un PPR qui sera perçu par les élus locaux comme un document adapté aux conditions locales, qui permettra d'accroître la sécurité et d'envisager d'autres formes de développement.

Source : d'après le rapport Nicaya-Cohérence

Le dossier réglementaire

L'article 3 du décret du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles énumère les pièces réglementaires, donc obligatoires, constitutives du dossier :

- une note de présentation indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles compte tenu de l'état des connaissances ;
- un ou plusieurs documents graphiques délimitant le zonage réglementaire ;
- un règlement précisant en tant que de besoin :
 - les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune des zones délimitées par les documents graphiques ;
 - les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, et celles qui peuvent incomber aux particuliers, ainsi que les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour leur réalisation.

La note de présentation

Elle peut être plus ou moins succincte en fonction des informations disponibles et de la superficie à traiter, mais doit, en tout état de cause, présenter clairement :

- la démarche globale de gestion des inondations ;
- les raisons de la prescription des PPR ;
- le secteur géographique et le contexte hydrologique ;
- les inondations prises en compte ;
- le mode de qualification des aléas ;
- l'analyse des conséquences ;
- le zonage et le règlement.

La démarche globale de gestion des inondations

La note doit commencer par afficher les objectifs recherchés pour la prévention des risques, en s'appuyant sur les circulaires du 24 janvier 1994 et du 24 avril 1996, et replacer le PPR dans le contexte général de l'intervention de l'État dans le domaine de l'eau. L'État, en particulier, garde la charge des cours d'eau domaniaux et peut intervenir directement pour élaborer des plans de secours spé-

cialisés et prendre des mesures de police lorsqu'elles ont une vocation pluricommunale ou en cas de carence du maire (art. L. 2215-1 CGCT). Il organise aussi l'annonce de crues sur de nombreux bassins fluviaux.

La note précisera également la cohérence du projet de PPR avec d'éventuels travaux de restauration ou d'entretien du cours d'eau, ou de protection des lieux habités, programmés ou en cours.

Enfin, elle fera état des concertations qui ont été engagées, aussi bien sur le plan technique que lors de l'élaboration du zonage réglementaire.

Les raisons de la prescription des PPR

Elles découlent principalement de l'existence d'un risque connu et de la probabilité qu'un nouvel événement provoque des victimes et des dommages. Cette prescription peut notamment faire suite à un document d'information préventive DCS qui aurait révélé un danger pour la commune. On pourra également rappeler les raisons qui ont conduit à inscrire le projet de PPR dans une programmation pluriannuelle.

Si le PPR est la révision d'un document antérieur, on justifiera les raisons de la révision et des différences qui apparaissent (évolution accélérée de certains phénomènes par exemple). Ce sera le cas en particulier des PPR réalisés dans les vallées couvertes par un PSS.

Le secteur géographique et le contexte hydrologique

Le choix des limites du bassin de risque et du périmètre d'étude sera justifié par une description succincte du système naturel (situation, forme du relief, climat) et des entités géographiques, morphologiques (plaine alluviale), hydrologiques ou hydrauliques homogènes qui le caractérisent, en recourant à un vocabulaire accessible à des non

spécialistes et en renvoyant le cas échéant à des références bibliographiques.

Le choix des limites du PPR sera également explicité s'il ne recouvre qu'une partie du bassin de risque, en s'appuyant sur les priorités définies par le préfet à partir notamment des enjeux locaux (population, occupation du sol, axes de communication, équipements publics, projets d'aménagement...), des demandes des communes, etc.

Le bassin de risque et le périmètre du PPR seront localisés sur une carte d'échelle adaptée à leur extension.

Les inondations prises en compte

La note de présentation doit d'abord indiquer quels cours d'eau et quels types d'inondations sont retenus (document 13), en s'appuyant sur des faits et des illustrations significatifs, par exemple des inondations historiques connues selon leur nature, leur date et leur manifestation.

Elle exposera ensuite leur importance et leur localisation, en recourant essentiellement à la carte informative des phénomènes naturels. Le rappel des principaux événements passés, ainsi que les victimes et les dommages qu'ils ont occasionnés, est indispensable pour raviver la mémoire collective, et constitue souvent une des meilleures justifications du PPR. On pourra les illustrer à partir de photographies, d'extraits de presse ou d'archives.

Le mode de qualification des aléas

La note définira les « règles du jeu » en matière d'aléa, notamment comment la crue de référence a été établie, en faisant la part des certitudes, des incertitudes, et en explicitant les hypothèses retenues. Elle précisera les concepts utilisés et les principes employés pour les hiérarchiser, c'est-à-dire dans la plupart des cas la période de retour et la

Document 13.

La prise en compte des inondations à Montpellier (Hérault)

L'agglomération de Montpellier est exposée à plusieurs types d'inondations qui résultent de débordements de cours d'eau (le Lez et ses affluents) et de très fort ruissellements urbains. Ces phénomènes ont été étudiés et pris en compte, en fonction de leur importance, à partir de deux procédures distinctes, le PPR et le POS.

- Les crues du Lez provoquent les inondations et les risques les plus importants. Elles sont généralement produites par des affluents amont, à sec une grande partie de l'année, et qui génèrent des écoulements torrentiels lorsque des pluies de forte intensité s'abattent sur le haut bassin. Celles-ci ruissellent et se concentrent dans les talwegs après que les pluies d'automne ont saturé les sols ou que la sécheresse estivale a desséché et durci la terre. Elles ont fait l'objet d'un PER, valant aujourd'hui PPR, dans lequel l'aléa et le risque ont été évalués pour un événement centennal comprenant tous les apports constitutifs du débit centennal du Lez et de ses affluents.

- Le ruissellement, les inondations des points bas de la ville ou des bordures des cours d'eau (Verdanson) et des ruisseaux urbains (Lantissargues, Rondelet, etc.), consécutifs aux pluies intenses, représentent des phénomènes moins dommageables qui relèvent plus directement de la gestion urbaine. Ces manifestations et leurs conséquences sur la ville ont été prises en compte dans les documents d'urbanisme, et notamment le plan d'occupation des sols. Mais elles auraient pu également l'être dans le PPR.

hauteur d'eau de la crue de référence, le cas échéant la vitesse du courant ou la durée de submersion. Elle présentera la ou les cartes d'aléa.

L'analyse des conséquences

La note reprendra les conclusions de l'évaluation des enjeux concernant les personnes, les biens et les activités ainsi que, le cas échéant, les risques pour les vies humaines. Elle commentera la carte des enjeux.

Le zonage et le règlement

Ils constituent le fondement du PPR. On accordera beaucoup de soin à expliciter la méthodologie retenue pour aboutir au zonage et aux mesures réglementaires, ainsi que les incertitudes inhérentes aux méthodes utilisées. La note de présentation permettra notamment :

- d'expliquer le zonage réglementaire, notamment sa méthode de délimitation à partir de la carte des aléas, des objectifs de gestion des zones inondables définies par la circulaire du 24 janvier 1994, et des autres critères pris en compte le cas échéant, notamment pour tenir compte des spécificités locales et de la concertation avec les acteurs locaux ;
- de justifier et motiver dans la même perspective les mesures du règlement, en distinguant d'une part les prescriptions des simples recommandations, et d'autre part les règles d'utilisation des sols des règles de construction et des règles de gestion ;
- d'indiquer les correspondances entre zones et prescriptions.

Cette note pourra également contenir une reproduction des cartes techniques (localisation des phénomènes naturels, aléas, enjeux) sous un format facilement consultable (A4 ou A3) afin de faciliter la compréhension de la démarche. Enfin, il paraît souhaitable de reproduire en annexe du rapport de présentation les extraits de la loi et du décret applicables aux PPR.

Le plan de zonage réglementaire

L'élaboration du zonage réglementaire doit se faire sous la responsabilité directe du service instructeur du PPR, en collaboration avec le bureau d'études qui a réalisé les études d'aléa.

Le plan délimite les zones dans lesquelles sont applicables des interdictions, des prescriptions réglementaires homogènes, et/ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde. Conventionnellement, ces zones sont définies sur des critères de constructibilité ou d'usage des sols, mais, dans un second temps, elles peuvent l'être également sur des critères de danger. Ceci conduit

à considérer deux types de zones, les unes inconstructibles, dites « rouges », les autres constructibles sous conditions dites « bleues ». Dans chacune de ces zones, des mesures variées relatives à d'autres types d'occupation du sol, ou des mesures de prévention collective, pourront être prescrites.

Principes de délimitation

La délimitation du zonage réglementaire est basée essentiellement sur les principes énoncés par la circulaire du 24 janvier 1994 :

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

Elle est également fondée sur la circulaire du 24 avril 1996 qui introduit une autre notion importante en termes de délimitation et de réglementation, lorsqu'elle indique qu'en dehors des zones d'expansion des crues, des adaptations peuvent être apportées pour la gestion de l'existant dans les centres urbains.

En conséquence, le zonage réglementaire va s'appuyer essentiellement sur la prise en compte :

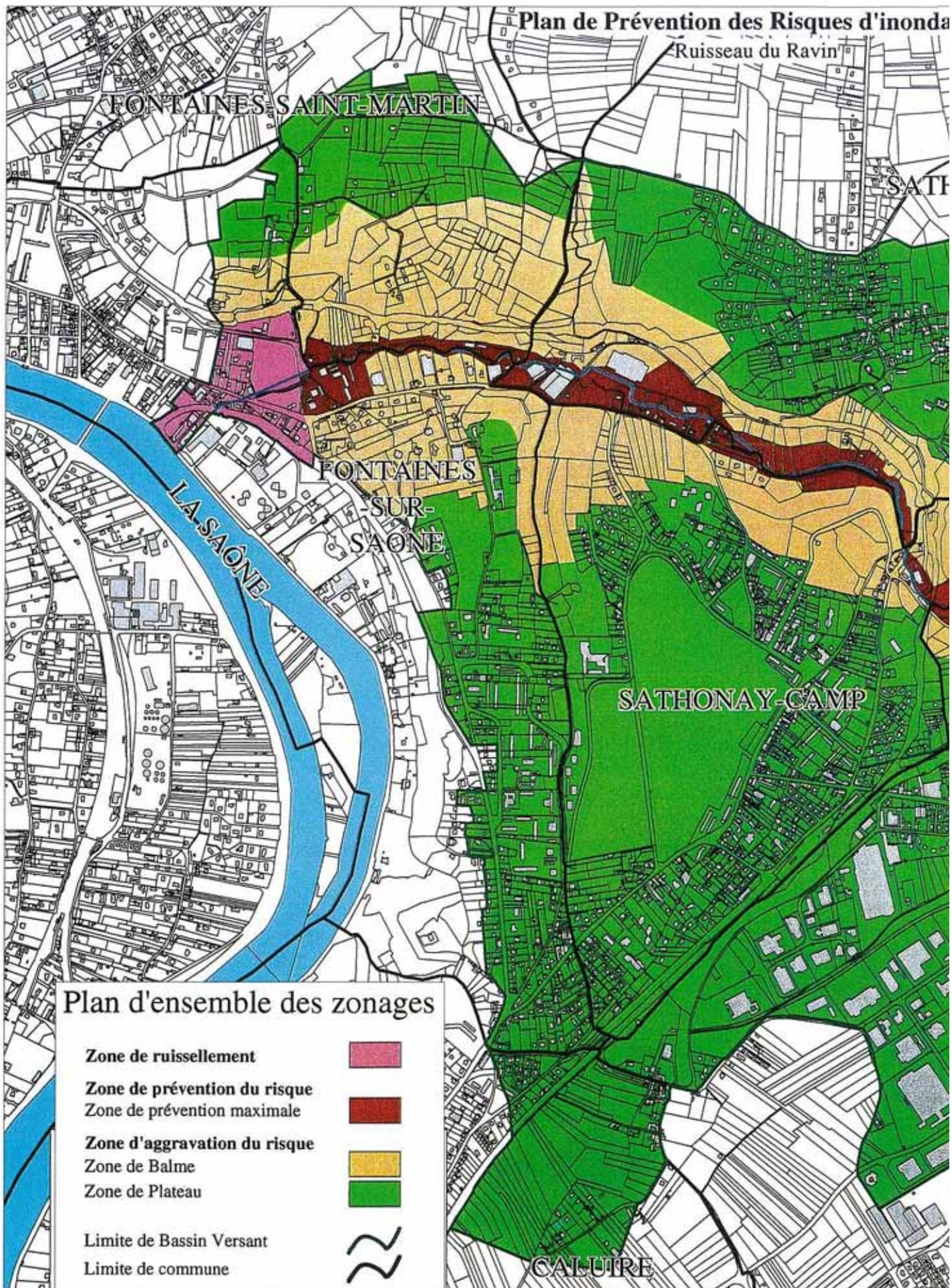
- des zones d'aléas les plus forts, pour des raisons évidentes liées à la sécurité des personnes et des biens ;
 - des zones d'expansion de crues à préserver, essentielles pour une gestion globale des cours d'eau assurant une solidarité des communes amont-aval et la protection des milieux ;
- Ces deux premiers types de zones ne doivent pas ou plus être urbanisés. Elles ont vocation à devenir inconstructibles (zones rouges).
- des espaces urbanisés, et notamment des centres urbains, pour tenir compte de leurs contraintes spécifiques de gestion (maintien des activités, contraintes urbanistiques et architecturales, gestion de l'habitat, etc.).

On y ajoutera, en application de l'article 3 - 2. du décret du 5 octobre 1995, les zones non directement exposées où certains aménagements ou constructions qui pourraient aggraver les risques devraient faire l'objet d'interdictions ou de prescriptions, et qui devront in fine être classées en zones rouges ou bleues (carte 16).

Démarche de zonage

Le croisement sur une même carte de la délimitation des aléas, des champs d'expansion des crues et des espaces urbanisés permet d'établir une estimation du risque utile au zonage réglementaire (tableau 9).

Carte 16. Plan de zonage PPR délimitant des zones non directement exposées :
bassin versant du ruisseau du ravin (Rhône)



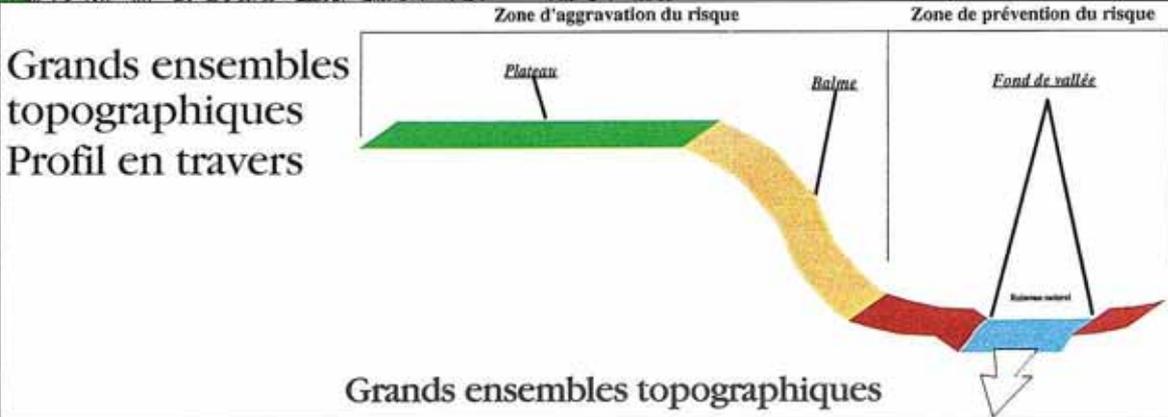
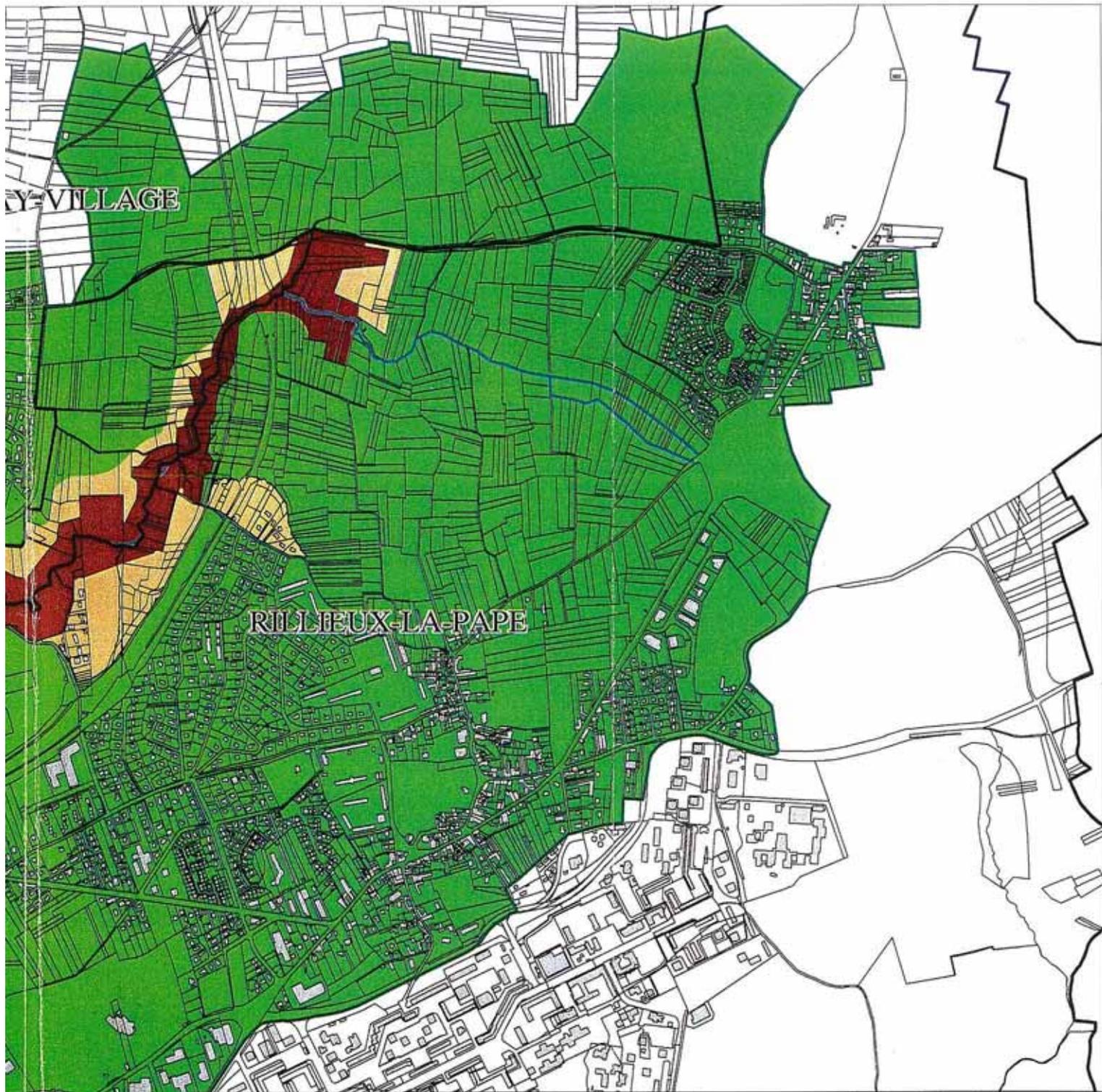


Tableau 9. Démarche de zonage réglementaire

	zones d'expansion des crues à préserver	espaces urbanisés	
		autres secteurs	centres urbains
Aléa le plus fort	zone rouge	zone rouge	zone rouge ou bleue
Autres aléas	zone rouge	zone bleue ou rouge	zone bleue

L'application « brute » de ces critères doit dans un second temps être confrontée avec les particularités locales pour s'assurer de leur cohérence, en particulier :

- les enjeux, y compris les projets d'aménagement et de développement des communes lorsqu'ils sont compatibles avec les objectifs de prévention fixés par l'État ;
- les possibilités alternatives de développement à l'échelle communale ou intercommunale qui peuvent conduire à opter pour un gel des constructions même dans les espaces urbanisés ;
- l'aggravation éventuelle du risque due à l'aménagement des zones bleues elles-mêmes ;
- les franges des zones rouges et bleues, qui peuvent nécessiter un retour sur le terrain, sachant que la qualification des aléas peut être entachée d'incertitudes et que le zonage repose sur des critères conventionnels ;
- la présence d'ouvrages de protection.

Tout aménagement autorisé en zone inondable produit de toute façon un accroissement de la vulnérabilité. En cas de doute sur le classement d'un espace urbanisé en zone bleue, on essaiera d'apprécier si les gains attendus sont proportionnés aux conséquences sociales et économiques d'un tel choix.

Cette phase de choix du zonage et du règlement du PPR est évidemment cruciale pour la réussite du document. Elle doit donc faire l'objet d'explications et de discussions avec les partenaires locaux. Suivant les cas, il peut être préférable :

- de trouver un accord sur les objectifs du PPR sur les bases ci-dessus, puis de les décliner en commun sous forme cartographique,
- ou d'élaborer à partir des objectifs de l'État un premier projet de zonage réglementaire qui servira de base de discussion.

Incidence des ouvrages de protection sur le zonage

Les terrains protégés par des ouvrages de protection existants seront toujours considérés comme restant soumis aux phénomènes étudiés, et donc vulnérables, en particulier pour ce qui est des constructions et autres occupations permanentes. On ne peut en effet avoir de garantie absolue sur l'efficacité de ces ouvrages, et même pour ceux réputés les plus solides, on ne peut préjuger de leur gestion et de leur tenue à terme. Qui plus est, il peut toujours se produire un aléa plus impor-

tant que l'aléa pris en compte pour dimensionner ces ouvrages qui ont d'ailleurs la plupart du temps été conçus pour assurer le développement des activités agricoles.

On sera donc conduit à appliquer les mêmes prescriptions, qu'il y ait ouvrages ou pas, l'intérêt majeur de ces derniers devant rester la réduction de la vulnérabilité de l'existant. Les champs d'expansion des crues ainsi protégés seront préservés, quelque soit leur niveau d'aléa.

Cependant, pour répondre aux besoins d'habitat, d'emploi, de services dans un secteur urbanisé, le zonage pourra exceptionnellement être adapté en liaison avec les acteurs locaux, notamment les élus communaux, mais seulement après avoir :

- approfondi les questions déjà citées relatives aux possibilités alternatives d'urbanisation et au bilan entre bénéfices attendus et accroissement de la vulnérabilité ;
- vérifié que les ouvrages présentent un niveau de sécurité et de fiabilité garanti avec maîtrise d'ouvrage pérenne.

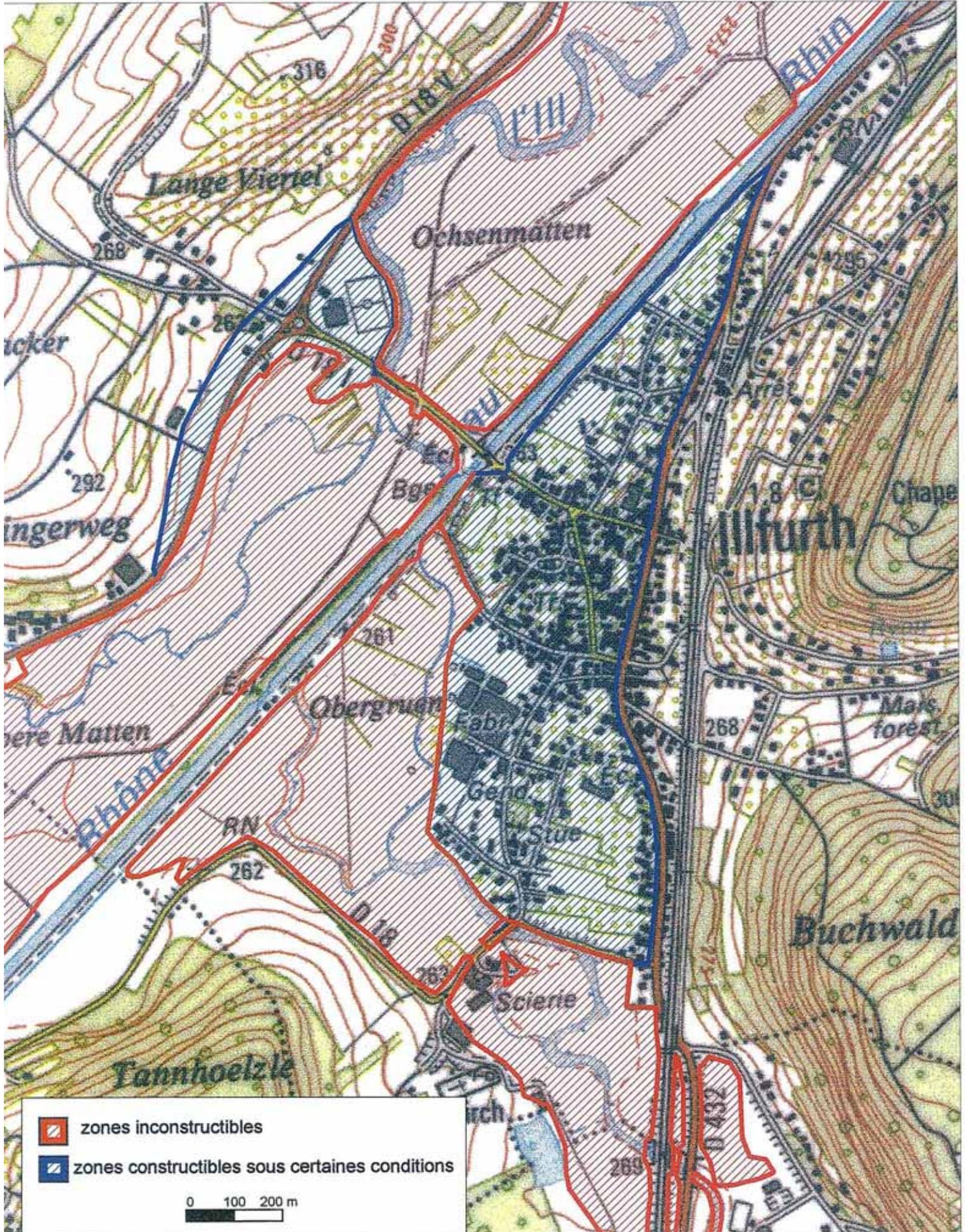
Le niveau de sécurité et de fiabilité des ouvrages sera estimé en fonction des caractéristiques suivantes :

- qualité de conception et de réalisation, ce qui conduit à ne pas prendre en compte la plupart des digues anciennes, renforcées au fil du temps, et dont la composition est de fait mal connue ;
- risque résiduel, qui peut être diminué ou augmenté en fonction du type d'ouvrage (présence de déversoirs, par exemple, qui peuvent dans leur prolongement augmenter l'aléa tout en le réduisant à l'aval), et de la crue de calcul retenue pour dimensionner l'ouvrage ;
- absence d'effets aggravants consécutifs à un effet de seuil pour des événements exceptionnels ;
- garanties sur la maintenance des ouvrages, telles que financements et procédures d'entretien et de maintenance bien définies et une maîtrise d'ouvrage pérenne.

On continuera dans tous les cas à afficher le risque du secteur concerné (carte 17), zone bleue avec un index spécifique par exemple.

Des prescriptions minimales seront prévues dans l'hypothèse d'une défaillance de l'ouvrage de protection. En particulier, l'expérience montre que la submersion d'une digue ou sa rupture entraîne des phénomènes violents en arrière de celle-ci, et qu'il est nécessaire d'y maintenir une bande incons-

Carte 17. Plan de zonage réglementaire de Illfurth tenant compte des digues de protection (Haut-Rhin)



tructible. La largeur de cette dernière est variable en fonction des circonstances locales (cote respective de la rivière et des terrains protégés), et peut être estimée à partir d'événements similaires connus, de simulations sommaires, ou de dires d'experts.

Éléments de cartographie

Le plan, qui sera annexé au POS, doit être suffisamment précis et lisible pour être applicable en termes de droit des sols. Sa lisibilité passe en particulier par le choix de l'échelle du document, la précision du trait et le mode de représentation cartographique.

Le fond de carte sera donc retenu en fonction des besoins, entre la carte IGN agrandie à l'échelle du 1/10 000, plus appropriée à l'échelle du bassin de risque, du périmètre d'études ou de la commune (de façon générale aux zones rurales), et le fond cadastral réduit au 1/5 000, mieux adapté aux zones urbanisées, et souvent utilisé pour tracer leur limite avec les champs d'expansion des crues à préserver. Dans ce dernier cas, le passage de la carte d'aléa dressée sur un fond IGN au 1/10 000 à un document parcellaire impose un travail de transcription plus ou moins complexe. Il peut être utile alors de faire préciser au spécialiste les limites de l'extension du phénomène sur le plan de zonage réglementaire, en retournant, si nécessaire, sur le terrain. Quelques points altimétriques pourront préciser ce travail. La réalisation des cartes à des échelles différentes sera facilitée par l'utilisation d'un support informatique comme la BD topo de l'IGN (cartes 18 et 19).

Une occupation du sol hétérogène, notamment vis-à-vis des enjeux, peut conduire à scinder le plan de zonage en plusieurs documents d'échelles différentes. Il faudra alors veiller à la compatibilité de ces documents pour éviter les problèmes d'une mauvaise superposition des cartes.

Les limites de zones s'appuieront sur celles des aléas qui sont déterminantes, et, à l'intérieur d'une même zone d'aléa, sur les limites parcellaires quand celles-ci ont été utilisées pour délimiter les champs d'expansion des crues à préserver, les zones déjà urbanisées, et le cas échéant les centres urbains. Il est déconseillé de déplacer les limites des zones d'aléas lors de la transcription d'un fond topographique sur un fond parcellaire dans le but d'épouser les limites de propriété, une telle démarche pouvant se révéler aberrante, en particulier dans le cas de grandes parcelles. Toutefois, il peut exister des cas où ce principe perd de sa justification, par exemple dans des vallées larges et plates, lorsque la limite de zone inondable est très sensible aux incertitudes sur la hauteur d'eau et la topographie.

On adoptera conventionnellement pour des raisons d'homogénéité la référence au rouge pour les zones inconstructibles et au bleu pour les zones

constructibles sous conditions. Il est préconisé de prévoir quelques exemplaires de cartes en couleurs, destinés à l'enquête publique, aux élus et aux principaux services de l'administration, et des cartes en noir et blanc pour une diffusion plus large. En effet, la couleur est attractive et constitue un atout de communication non négligeable qui justifie le surcoût qu'elle génère. Afin de réduire autant que possible le travail et les dépenses, il est donc souhaitable, au niveau de la légende, de rechercher des solutions qui permettent d'effectuer indifféremment des tirages en couleurs et en noir et blanc à partir des mêmes originaux.

Pour éviter toute confusion dans la lecture des couleurs ou des trames, on renforcera la désignation des zones en ajoutant une lettre (R pour zone rouge et B pour zone bleue, par exemple) et des indices spécifiques numériques (secteurs R1, R2, B1, B2, etc.) si des mesures différentes s'appliquent dans les zones rouges ou bleues.

Enfin, on identifiera explicitement sur le plan de zonage réglementaire (par un indice NE, par exemple) les zones non directement exposées où certains aménagements ou constructions seront interdits ou contrôlés.

Le règlement

Le règlement précise les mesures associées à chaque zone du document cartographique, en distinguant d'une part les projets nouveaux, pour lesquels on distingue les zones rouges des zones bleues, et d'autre part les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde et les mesures applicables à l'existant, qui peuvent s'appliquer transversalement à ces zones.

Le « guide général » présente page 44 un exemple commenté de plan de règlement, calqué sur l'organisation prévue par le décret relatif aux PPR et correspondant à un projet très complet. Toutefois, le règlement peut être beaucoup plus simple : la structure minimum correspond à un article introductif et à un article unique par type de zone délimitée dans les documents graphiques.

Il est aussi possible, outre les mesures obligatoires, de formuler un certain nombre de recommandations visant à diminuer le risque et qui, même si elles sortent de la compétence du PPR, trouvent leur place dans ce document au titre des mesures de sauvegarde. Le règlement devra dans ce cas distinguer sans ambiguïté ce qui est prescrit et ce qui est recommandé.

Les dispositions réglementaires

Elles doivent toujours résulter d'une approche rigoureuse et circonstanciée répondant à des objectifs opérationnels clairs, et pouvoir être justifiées individuellement.

Elles doivent toujours être rédigées dans la perspective de leur perception et de leur application.

Elles seront d'une manière générale simples, claires, efficaces et réalistes pour :

- délimiter sans ambiguïté les contraintes et les obligations qui seront éventuellement imposées ;
- être comprises par les destinataires du PPR, et par les personnes et institutions consultées au cours de la procédure ;
- être facilement applicables, et si nécessaire contrôlables, soit au niveau du récolement à entreprendre dans le cadre de la délivrance du certificat de conformité des opérations soumises à permis de construire, soit dans le cadre d'un contrôle par des agents assermentés à cet effet.

Les prescriptions pouvant être inscrites dans un PPR doivent répondre à quatre objectifs :

- la sécurité des personnes ;
- la limitation des dommages aux biens et aux activités ;
- le maintien, voire la restauration, du libre écoulement et de la capacité d'expansion des crues ;
- la limitation des effets induits des inondations.

On ne recherchera pas l'exhaustivité dans chaque PPR, mais les mesures les plus directement opérantes en fonction de la situation locale. Ces mesures peuvent être plus souples pour les constructions nécessaires au bon usage des terrains exposés au risque, telles les exploitations agricoles, ou au contraire plus strictes lorsque les projets concernent des équipements sensibles ou des activités et des personnes particulièrement vulnérables, comme des maisons de retraites, hôpi-

Photographie 9. Plancher habitable hors d'eau : crue de l'Oise de 1993 aux environs de l'Ile-Adam (Val-d'Oise)



La mise hors d'eau de la maison ne l'empêche pas d'être difficile à habiter pendant la crue.

Source : ministère de l'Équipement, service de l'information et de la communication.

taux, écoles maternelles, terrains de camping et autres installations touristiques.

Certaines de ces prescriptions sont a priori applicables à la plupart des situations rencontrées : la limitation des remblais, l'implantation des planchers au-dessus des plus hautes eaux (photographie 9), l'éloignement des constructions par rapport à l'axe des talwegs, l'aménagement de zones refuges accessibles de l'intérieur et l'extérieur des bâtiments, etc.

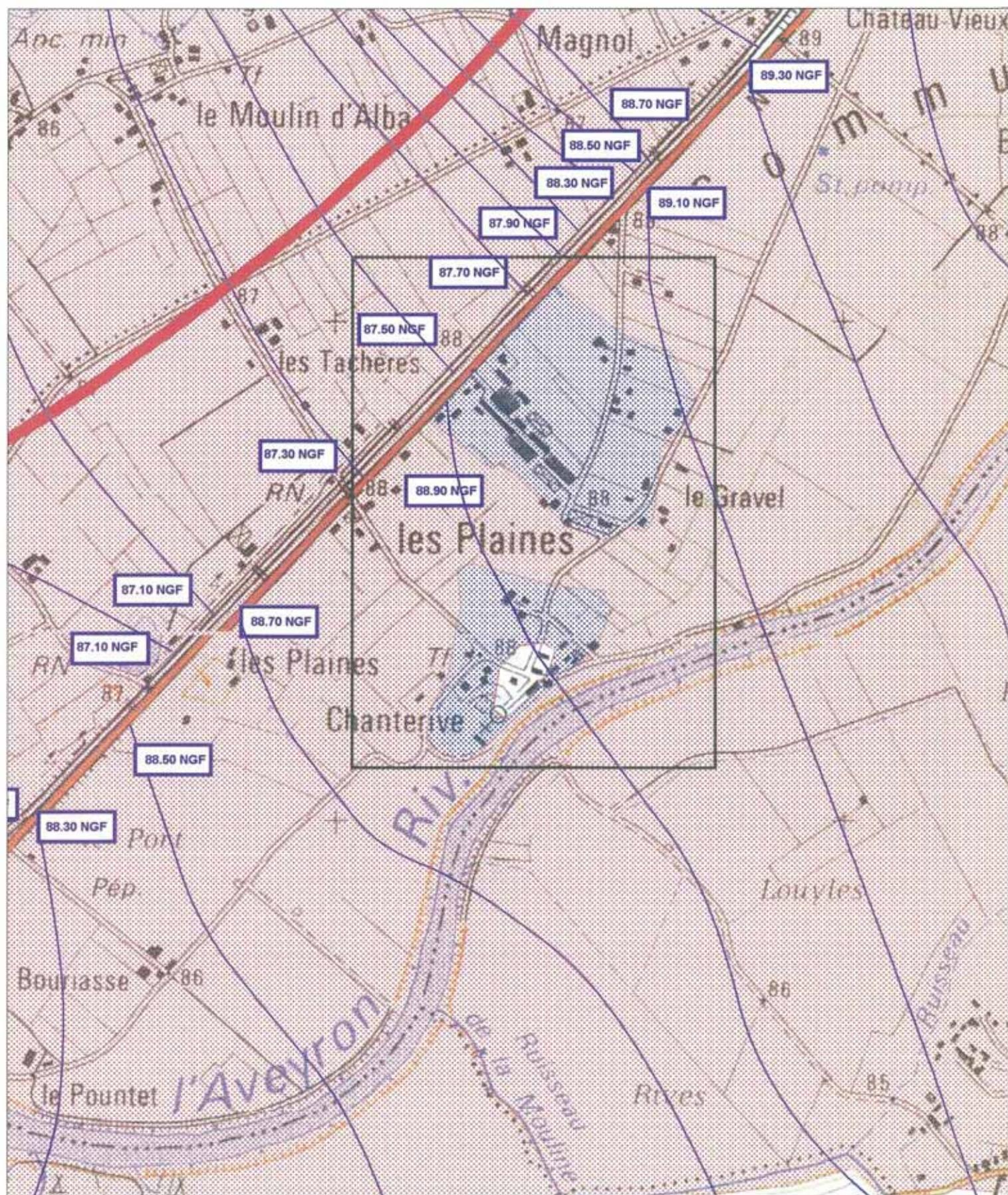
Lorsque les prescriptions s'appuient sur une cote de référence, celle-ci sera généralement différenciée suivant des zones homogènes, afin de faciliter l'application du PPR. Elle doit toujours être fixée par le PPR et mentionnée très explicitement

sur les plans de zonage. Sa détermination ne peut être ni renvoyée à une étude du pétitionnaire, ni fixée au coup par coup par un service gestionnaire du cours d'eau.

Réglementation des projets nouveaux

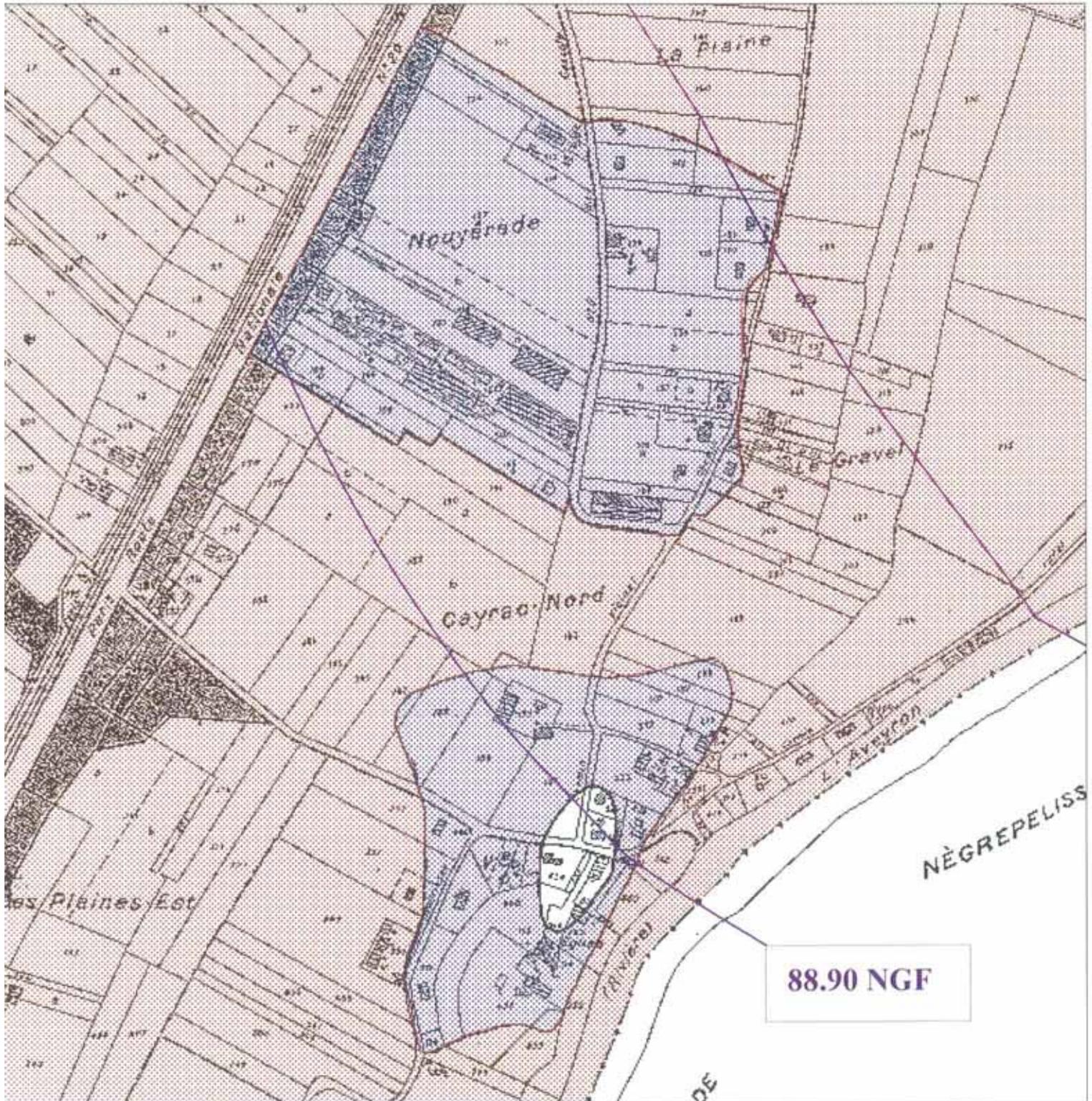
Le raisonnement suivi en termes d'inconstructibilité pour la zone rouge et de constructibilité conditionnelle pour la zone bleue concerne d'abord les projets nouveaux. Mais les possibilités du PPR ouvertes par l'article 40-1 1^o de la loi du 22 juillet 1987 sont plus larges et visent l'ensemble des occupations et utilisations des sols incluses dans le champ d'application de la loi.

Carte 18. Plan de zonage réglementaire au 1/10 000 de l'Aveyron : commune de Cayrac (Tarn-et-Garonne)



Source : DDE du Tarn-et-Garonne

Carte 19. Plan de zonage réglementaire au 1/5 000 de l'Aveyron : commune de Cayrac (Tarn-et-Garonne)



-  Zone rouge
-  Zone bleue

 87.50 NGF Cote de référence

Ainsi, certains aménagements, ouvrages, exploitations, etc. peuvent-ils être autorisés dans une zone interdite à la construction. En particulier, les travaux d'entretien et de gestion courants des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du PPR, notamment les aménagements internes, les traitements de façade et la réfection des toitures, ne peuvent être interdits, y compris en zone inconstructible, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux, ou s'ils conduisent à une augmentation de la population exposée. Ces principes doivent être mis en œuvre de façon à permettre aux occupants de mener une vie et des activités normales si elles sont compatibles avec les objectifs de sécurité recherchés.

À l'inverse, les aménagements susceptibles de modifier les conditions d'écoulement ou d'expansion des crues, comme les remblais, les clôtures, les dépôts de matériels flottants ou dangereux, doivent être proscrits ou sévèrement encadrés, y compris en zone constructible.

DISPOSITIONS APPLICABLES EN ZONE ROUGE

Les constructions nouvelles y sont interdites, cependant, comme indiqué précédemment, certains projets liés à la gestion de l'existant restent autorisés. La circulaire du 24 avril 1996 donne des indications relativement détaillées sur ces possibilités, qui concernent notamment :

- les réparations ou reconstructions de biens sinistrés, sous réserve que la sécurité des occupants soit assurée et que la vulnérabilité de ces biens soit diminuée ;

- les travaux et les aménagements du bâti et de ses accès permettant de réduire le risque ;

- la limitation des extensions mesurées.

D'une façon générale, le PPR ne doit pas empêcher une gestion raisonnable des zones rouges. Aussi, en appliquant les réserves de sécurité déjà citées, donc en excluant les secteurs exposés à des crues torrentielles, on peut être conduit à permettre l'installation d'équipements tels que :

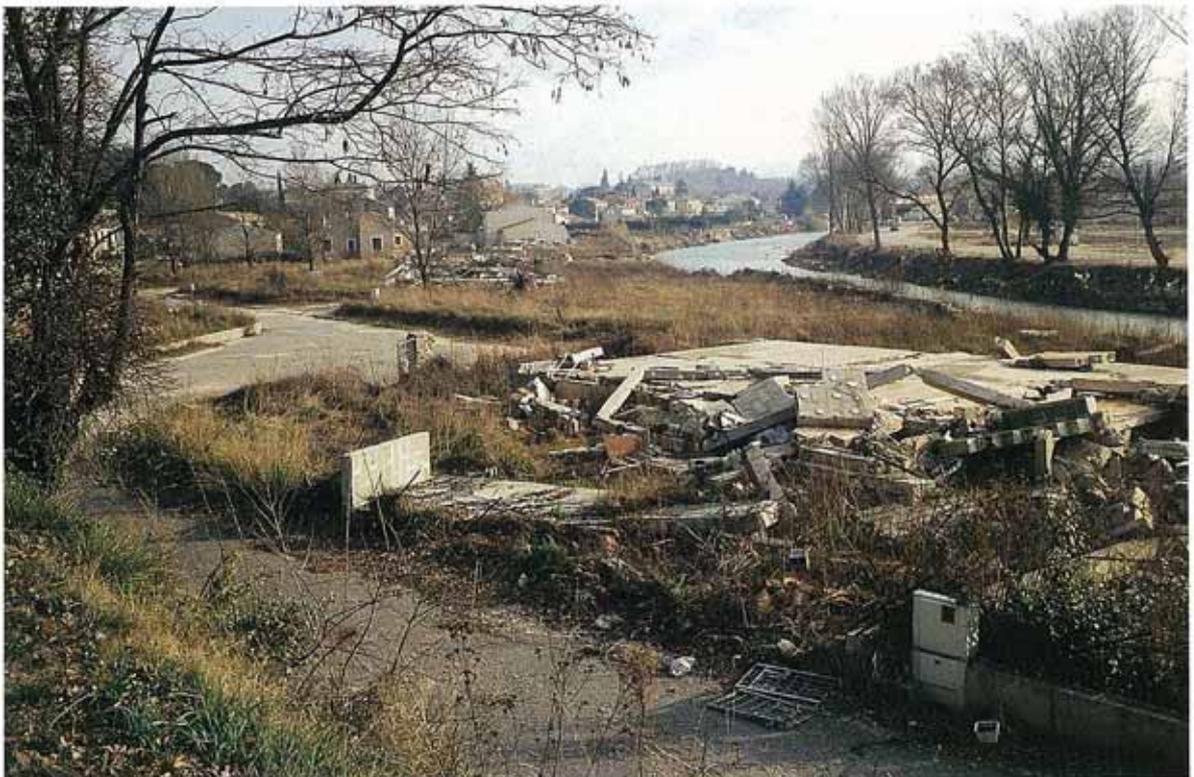
- certaines infrastructures (réseaux de desserte) ;

- les constructions strictement nécessaires au maintien d'activités qui contribuent à la bonne gestion du territoire, spécialement les activités agricoles ou forestières, les terrains de sport ou les loisirs liés à l'eau ;

- les équipements dont la fonction est liée à l'implantation, comme les postes d'écluses, les équipements portuaires, etc. ;

Il est certain que les inondations torrentielles présentent des risques plus importants que les inondations lentes (vitesse, phénomène d'embâcles, transports solides, etc.) et réduisent ou suppriment toute possibilité d'alerte ou d'évacuation des personnes exposées. Elles justifient de ce fait

Photographie 10. Lotissement détruit par l'Ouvèze en septembre 1992 à Vaison-la-Romaine (Vaucluse)



Source : Gérald Garry

une plus grande rigueur dans les possibilités d'aménagement laissées ouvertes en zone rouge. Ainsi, par exemple, la reconstruction d'un bâtiment après destruction par une crue torrentielle ne pourra pas être autorisée (circulaire du 24 avril 1996), de même que l'installation de campings ou de tous équipements susceptibles d'attirer du public (photographie 10).

Pour les constructions, équipements, exploitations déjà autorisés, le PPR pourra prescrire des conditions de fonctionnement, en particulier des périodes d'ouverture. Mais rien n'interdit de refuser leur extension, bien que leur fonctionnement soit autorisé sous conditions.

DISPOSITIONS APPLICABLES EN ZONE BLEUE

Des aménagements ou constructions y sont autorisés sous réserve de prendre des mesures adaptées au risque. On se situe en principe dans un espace urbanisé, où l'aléa n'est pas fort, mais où l'inondation peut perturber le fonctionnement social et l'activité économique, ou dans un centre urbain avec un aléa quelquefois non négligeable. C'est pourquoi il faut porter une attention particulière à ce qui est autorisé :

- aux établissements recevant du public et notamment des personnes à mobilité réduite, personnes âgées, jeunes enfants, malades ou handicapés, et aux ouvrages souterrains, comme les parkings collectifs ou individuels, qui pourraient accroître la vulnérabilité des personnes ;
- aux activités industrielles ou commerciales avec un risque de perte d'exploitation importante ou un risque de pollution ;
- aux réseaux divers (eau potable, électricité, etc.), bâtiments et centres opérationnels concourant à l'organisation des secours et à la gestion de la crise (hôpitaux, pompiers, centraux téléphoniques etc.), qui doivent continuer à fonctionner au mieux en période de crise.

Pour ces aménagements, les alternatives d'implantation en dehors des zones inondables seront autant que possible privilégiées.

Lorsque les prescriptions portent sur les conditions de construction des ouvrages autorisés : matériaux, fondations, structures, etc., elles relèvent des « règles particulières de construction » définies à l'article R. 126-1 du code de la construction et de l'habitation. Ces règles de construction peuvent comprendre des études dont l'objet est de déterminer les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation des projets autorisés (exemple : résistance au courant ou à l'affouillement de fondations).

Alors que les règles d'urbanisme font l'objet d'un contrôle de l'autorité compétente au titre de l'application du droit des sols, les règles générales de construction, y compris celles définies par un PPR, sont mises en œuvre sous la responsabilité des maîtres d'ouvrage, qui s'y engagent lors du dépôt

de demande de permis de construire, et des professionnels chargés de réaliser les projets. Il est donc indispensable de bien distinguer ces deux catégories de prescriptions dans le règlement.

Pour ces mêmes raisons, il n'y a pas lieu d'exiger la production d'une étude à l'appui d'une demande de permis de construire, et encore moins d'en vérifier les résultats. Une telle demande serait d'ailleurs contraire aux dispositions des articles R. 421-2 et suivants du code de l'urbanisme qui fixent limitativement la liste des pièces à fournir dans ce cas.

Néanmoins, lors de la délivrance d'une autorisation (de construire, de lotir, etc.), il peut être précisé au maître d'ouvrage, pour information et par note distincte, l'existence des prescriptions techniques qu'il lui appartient de respecter, et, le cas échéant, les moyens de les mettre en œuvre.

De même, le libellé des règles de construction ne doit pas entrer dans le détail de techniques à mettre en œuvre. Et il serait de toute façon difficile de définir a priori les mesures constructives les plus adaptées parce qu'elles dépendent du projet à réaliser.

INSTALLATIONS DANGEREUSES

Les activités de production ou de transformation de certains produits (de même que le simple stockage de ces mêmes produits) peuvent présenter un risque vis-à-vis de l'eau. Ce risque présente deux volets :

- soit une réaction chimique vis-à-vis de l'eau avec incendie, explosion, dégagements de vapeurs toxiques, etc.
- soit une solubilité, une dispersion ou un entraînement liés à une toxicité vis-à-vis des usages de l'eau et tout spécialement la production d'eau potable.

La réglementation des installations classées comprend en particulier les trois textes suivants :

- le décret n° 94-484 du 9 juin 1994, traitant notamment des études de dangers ;
- l'arrêté du 21 février 1990, définissant les critères de classification, et les conditions d'étiquetage, d'emballage des préparations dangereuses ;
- l'arrêté du 20 avril 1994, relatif à la déclaration et à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances.

Ces textes apportent les prescriptions et les recommandations à respecter, tant pour les établissements existants que futurs quant aux produits présentant des risques vis-à-vis de l'eau et à leur mode de repérage (étiquetage).

L'association des services en charge de la réglementation sur les installations classées et de la protection civile sera indispensable au plan technique, pour examiner la pertinence des prescriptions qui pourront être imposées aux industriels, maîtres d'ouvrages, dont les installations actuelles ou futures sont situées dans les zones concernées.

Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Elles représentent une avancée significative du PPR dans la politique de prévention par rapport aux anciennes procédures de cartographie réglementaire du risque. Il s'agit essentiellement de mesures d'ensemble qui ne sont pas directement liées à un projet spécifique et qui doivent être prises par les collectivités publiques, en respectant les compétences qui leur sont dévolues, ou incomber aux particuliers. Elles sont notamment destinées à assurer la sécurité des personnes et à faciliter l'organisation des secours. On s'attachera donc à les déterminer avec soin, en particulier dans les zones déjà urbanisées ou occupées.

La réflexion sur la définition et la mise en œuvre de ces mesures est indispensable car elle est l'occasion d'une approche globale de la prévention des inondations sur un secteur donné. Toutefois, même si la mise en œuvre de ces mesures peut être rendue obligatoire dans un délai de 5 ans, et qu'à défaut de mise en conformité, le Préfet peut imposer leur réalisation aux frais du propriétaire, de l'utilisateur et de l'exploitant, on ira rarement jusqu'à ce stade. En effet, l'État qui n'en est généralement pas maître d'ouvrage, ne pourra en définir précisément le contenu dans le cadre du PPR, sauf à disposer d'études détaillées déjà effectuées antérieurement. En outre, ces travaux peuvent demander l'emploi de procédures d'autorisation spécifiques, quelquefois avec enquête publique et étude d'impact, dont on ne peut préjuger des résultats.

Il ne faut donc pas considérer les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde prévues par les PPR comme des outils directement opérationnels ou contraignants au même titre que les prescriptions applicables aux projets nouveaux. Ces mesures, une fois définies par le PPR, représenteront le plus souvent un programme d'actions qui reste à préciser, à financer et à mettre en œuvre par les collectivités locales, le service instructeur, mais aussi tous les particuliers concernés.

MESURES NON STRUCTURELLES

Il peut s'agir de moyens administratifs ou d'actions relativement légères, en principe à la charge des collectivités, dont la définition ne pose pas de problème particulier :

- élaboration de plans de secours et d'évacuation ;
- aménagement d'itinéraires d'accès ou d'évacuation en cas de danger ;
- signalisation, contrôle ou suppression d'accès, instrumentation et système de d'alerte en cas de danger, notamment pour les crues torrentielles ;
- réhabilitation, surveillance et entretien des ouvrages existants.

Un point essentiel concerne l'information sur les risques et les précautions à prendre dans le cadre

des dispositions relatives à l'information préventive des populations exposées aux risques, issues de l'article 21 de la loi du 22 juillet 1987 et de son décret d'application du 11 octobre 1990. On n'oubliera pas :

- d'accompagner si nécessaire le PPR par un dossier communal synthétique (DCS) mis à jour ;
- de recommander aux maires l'établissement des documents d'information communaux (DICRIM) qui sont de leur compétence, et qui précisent les caractéristiques du risque et les mesures générales de sauvegarde mises en œuvre telles que l'organisation de campagnes de sensibilisation, l'affichage des consignes générales par les propriétaires et exploitants, l'organisation de plans de secours et d'évacuation des personnes, la définition de consignes particulières dans les zones d'aléa fort et dans les établissements particulièrement vulnérables, etc.
- de saisir toute occasion pour entretenir la mémoire du risque

TRAVAUX D'ENTRETIEN OU DE PROTECTION

Il s'agit là de mesures de plus grande envergure, consistant par exemple à préciser les conditions d'entretien des cours d'eau non domaniaux, préconiser des études et des travaux de protection pour des secteurs déjà urbanisés, ou encore prescrire la réhabilitation, la surveillance et l'entretien des ouvrages existants.

Pour les cours d'eau non domaniaux, le code rural met les mesures d'entretien et de protection à la charge des propriétaires riverains. Toutefois, l'intervention des communes peut être justifiée dans les cas suivants :

- en application de l'article 31 de la loi du 3 janvier 1992 sur l'eau qui habilite les collectivités territoriales et leurs groupements, et certains syndicats mixtes à engager des études et des travaux d'intérêt général ou urgents, ainsi que des opérations d'entretien ;
- en application des pouvoirs de police que détiennent les maires au titre du code général des collectivités territoriales (CGCT), qui comprennent « le soin de prévenir, par des précautions convenables, et de faire cesser, par la distribution des secours nécessaires », les accidents et risques naturels (art. L. 2212-2-5° du CGCT). Ces dispositions incluent le cas échéant la réalisation des travaux nécessaires à la protection des habitants s'ils sont d'intérêt collectif et dans la limite des ressources communales.

Les opérations d'entretien à réaliser sont multiples : curage du lit, faucardage des berges, débroussaillage du lit moyen, évacuation des dépôts, remise en eau de bras morts, amélioration de l'accessibilité des berges, etc. Leur définition, l'adoption d'un plan simple de gestion prévu par la loi du 2 février 1995 et sa mise en œuvre par une association syndicale ou structure équivalente, peuvent être recommandées.

Les travaux un peu complexes doivent, avant d'être inscrits dans un PPR, faire l'objet :

- d'une analyse préalable portant sur les conditions dans lesquelles ils pourraient effectivement être réalisés (maîtrise d'ouvrage, financement, procédures d'autorisation, etc.) ;
- d'une concertation avec les partenaires concernés (riverains, collectivités, associations syndicales etc.) dans le cadre de leurs compétences respectives.

Il sera également nécessaire de recueillir des informations opérationnelles garantissant la pertinence technique et la faisabilité globale de ces mesures, à fournir par les personnes responsables de leur réalisation. Ces informations porteront au minimum sur :

- une description sommaire des mesures envisagées (descriptif technique, caractéristiques technico-économiques, lieu d'implantation ou aire géographique concernée, etc.) ;
- une évaluation globale de leurs incidences sur le plan hydraulique (impact sur le régime et le mode d'écoulement des eaux, et niveau de sécurité assuré) voire environnemental.

CONSTRUCTIBILITÉ CONDITIONNELLE

Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde ne peuvent porter sur des études et des travaux de protection ou de compensation hydraulique dans le but d'autoriser des projets nouveaux dans les secteurs d'aléas les plus forts, même avec les critères de prudence déjà indiqués pour la construction derrière les ouvrages existants. Une telle possibilité serait en effet contraire au troisième principe de la circulaire du 24 janvier 1994 (éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés).

Même dans les zones où des projets pourraient être autorisés, il n'est pas possible de conditionner leur approbation à la réalisation d'études, de travaux de protection ou de mesures compensatoires. Face à une situation où une telle démarche serait indispensable, la zone concernée doit être classée inconstructible dans le PPR, pour n'être ouverte à l'aménagement qu'à l'occasion d'une modification du PPR ne prenant en compte que des études ou des travaux réalisés.

MAÎTRISE DES ÉCOULEMENTS ET DES RUISSELLEMENTS

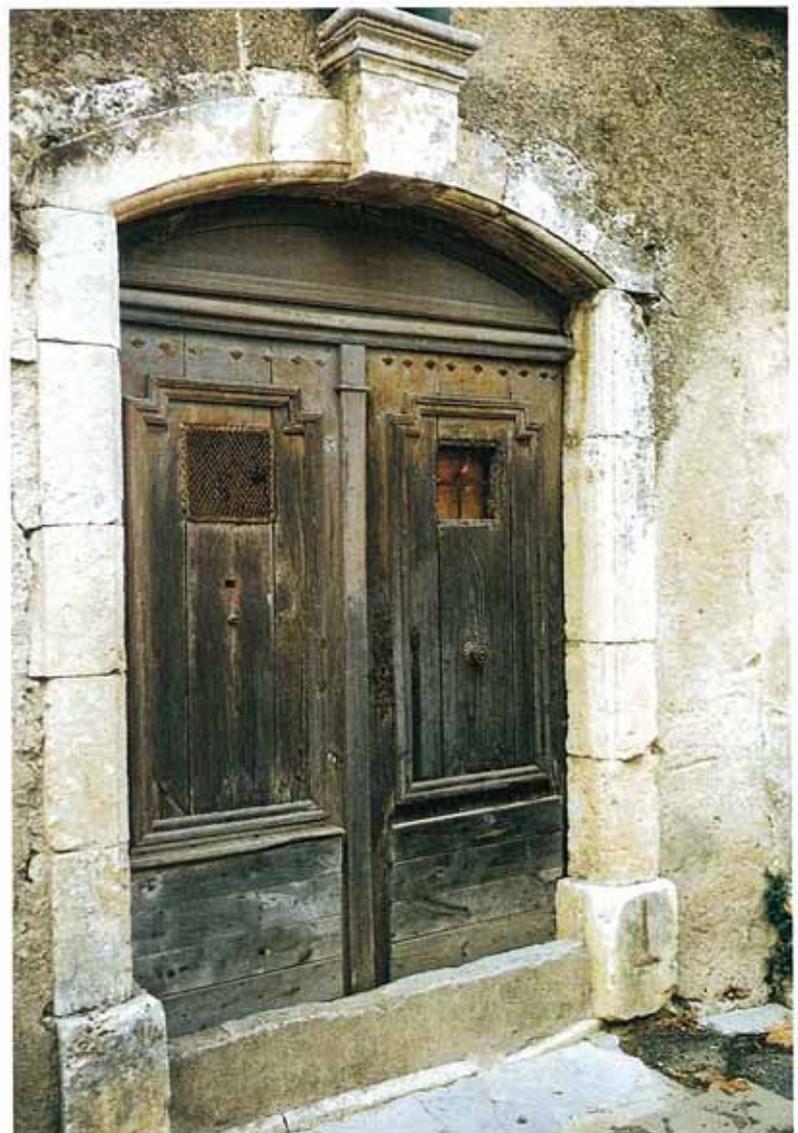
Les mesures qui peuvent favoriser la réduction des ruissellements sont particulièrement importantes pour la prévention des crues rapides.

Dans les zones exposées, elles passent notamment par la limitation des apports de ruissellement urbain au moyen de techniques alternatives (parkings réservoirs, toitures terrasses stockantes, bassins secs traités comme espaces verts ou terrains de sport, revêtements de voiries favorisant l'in-

filtration, etc.). Elles peuvent également porter sur l'amélioration des conditions de ressuyage des terrains inondés après la crue : aménagement d'ouvertures sous remblais, stations de pompage, siphons, remblaiement de dépressions, drainage des sols, etc.

Dans les zones amont qui ne sont généralement pas directement exposées au risque, en plus des techniques alternatives, les mesures classiques sont l'aménagement de retenues collinaires ou de bassins de rétention. Mais d'autres pratiques relatives à l'exploitation des sols paraissent intéressantes à mettre en œuvre, même si on manque encore d'outils pour les définir concrètement : il s'agit notamment de la réorganisation du parcellaire agricole, de l'amélioration des pratiques culturales, des reboisements, de la protection de zones

Photographie 11. Maison protégée des inondations du Gardon d'Auduze par un batardeau (Gard)



Source : Gérald Garry

humides. Le PPR permet également d'y prescrire les conditions dans lesquelles les projets « doivent être réalisés, utilisés, exploités ».

Mesures applicables aux biens existants

Ce sont les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan, qui doivent être réalisées par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs. Elles peuvent être de natures très diverses, et s'appliquent aux bâtiments, mais aussi à tous types d'aménagements susceptibles d'influencer les conditions du risque.

Le PPR peut se contenter de les recommander. Seront notamment concernés les travaux de mise en sécurité en cas de rénovation, reconstruction ou remise en état après une inondation, pour lesquels on s'appuiera sur les prescriptions applicables aux projets neufs, tels que l'aménagement de zones refuges accessibles de l'intérieur et l'extérieur des bâtiments, l'adaptation des matériaux à l'eau, l'amélioration de la transparence des cultures et des clôtures, la vérification de la résistance du bâti (notamment en cas de crues torrentielles) et des fondations (notamment dans les zones où la vitesse du courant est significative), les équipements permettant d'étancher les ouvertures sous la cote de référence en cas de crue (photographie 11), etc.

Photographie 12. Présence intempestive de produits polluants en bordure de la Mourachonne (Alpes-Maritimes)



Source : Gérald Garry

Le PPR peut également les rendre obligatoires en fonction de la nature et de l'intensité du risque. Si les biens ont été construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme, le coût de ces mesures obligatoires est alors limité à 10 % de la valeur de ces biens (Art. 5 du décret du 5 octobre 1995). Une telle contrainte sur des propriétés privées ne se justifie que si elle apporte un gain significatif en termes de prévention, notamment au regard de la sécurité des occupants, pour des travaux d'ampleur réduite. Elle ne sera que rarement utilisée, par exemple pour certains travaux individuels indispensables et faciles à mettre en œuvre, comme des dispositifs visant à empêcher la dispersion d'objets ou de produits dangereux, polluants ou flottants, tels que les cuves à gaz ou à mazout (photographie 12).

Certaines mesures de gestion ou de fonctionnement peuvent aussi s'avérer à la fois simples et pertinentes, comme la limitation des périodes d'ouverture des installations touristiques en zone inondable, et notamment des campings, lorsqu'on peut hiérarchiser le risque en fonction des saisons.

On rappellera que les occupants des zones couvertes par un PPR doivent pouvoir conserver la possibilité de mener une vie ou des activités normales si elles sont compatibles avec les objectifs de sécurité recherchés. Les PPR doivent par conséquent s'attacher prioritairement au contrôle des projets nouveaux.

ANNEXES

LES APPORTS DE LA CARTOGRAPHIE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

La cartographie hydrogéomorphologique est un outil précieux qui trouve pleinement sa place parmi l'ensemble des outils disponibles pour diagnostiquer le risque hydrologique. Elle n'intervient pas en concurrence avec les autres méthodes, mais en articulation avec elles, pour participer à une véritable stratégie de définition et de prise en compte des aléas. Par ailleurs, si elle concourt efficacement à la détermination des zones exposées, à leur qualification et à l'élaboration des prescriptions des PPRI et des POS, son rôle est plus large. Elle permet en effet de resituer les zones inondables dans leur contexte, et par conséquent, au regard des contraintes affichées, de mettre en évidence des secteurs hors d'eau (les terrasses alluviales par exemple) susceptibles d'accueillir des extensions urbaines sans exposer la population. Les apports de la cartographie hydrogéomorphologique doivent donc être envisagés et analysés sous ces deux aspects complémentaires.

Intérêts et limites de la méthode

Ils sont désormais bien connus :

- intérêts : rapidité de mise en œuvre (1/10 environ de celui de la modélisation), homogénéité de la cartographie sur l'ensemble du secteur traité ; précision de la cartographie des limites, prise en compte de la dynamique des écoulements, prise en compte des travaux et ouvrages à conséquences hydrauliques ;

- limites : quantification limitée à la distinction des zones concernées par l'ensemble des crues, y compris les plus fréquentes, des zones uniquement submergées par les crues rares ; pas d'indication directe des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement.

La cartographie hydrogéomorphologique a dû être mise au point, techniquement, indépendamment de la démarche hydrologique. Mais aujourd'hui qu'elle est mieux cernée, elle peut et doit être complétée, là où elles existent, par les données de l'hydrologie qui témoignent de l'histoire des crues. Ainsi est-il possible, pour un coût encore très mesuré, d'obtenir une première quantification, en termes de hauteurs d'eau (et dans une moindre mesure, de vitesses) des différentes unités cartographiées. Dans le cas le plus défavorable, celui des petits bassins versants dépourvus de données hydrologiques et historiques, des

calculs simples, basés sur des données hydrométéorologiques régionales, permettent également de quantifier, même approximativement, les caractéristiques principales des écoulements, et d'appliquer les résultats aux zones cartographiées.

La place de l'hydrogéomorphologie pour la qualification de l'aléa

L'intérêt de la méthode est plus ou moins prégnant suivant le type de bassin versant auquel elle s'applique et la qualité des autres données disponibles.

Les grands appareils hydrographiques

La question d'engager ou non une étude hydrogéomorphologique ne peut se poser que vis-à-vis des grands appareils hydrographiques, qui ont servi depuis des siècles de couloirs économiques et pour lesquels on dispose d'un grand nombre de données relatives aux crues historiques. L'information disponible, ici, est le plus souvent constituée par des études hydrauliques plus ou moins ponctuelles réalisées sur des zones à forts enjeux. Le problème principal à traiter est alors celui de l'homogénéisation et de la synthèse des données, et les enjeux sont en principe suffisamment importants pour justifier, si elle n'existe pas encore, une modélisation hydraulique. Dans ce cas, la mise en œuvre d'une cartographie hydrogéomorphologique peut effectivement apparaître superflue. Il est cependant conseillé, en règle générale, de tenir compte de ses apports complémentaires, qui ne peuvent qu'enrichir et préciser les résultats de la modélisation.

Les autres appareils hydrographiques

En règle générale, et plus particulièrement dans le cas de bassins versants de taille moyenne ou petite, de données hydrologiques limitées, d'enjeux moyens à faibles, ou de grandes longueurs de cours d'eau à étudier, le recours à l'hydrogéomorphologie se justifie en raison :

- 1) des difficultés rencontrées pour réaliser des études hydrologiques et hydrauliques fiables :

Des marges d'erreurs importantes peuvent entacher les différents éléments de la chaîne d'étude et se cumuler : statistiques pluviométriques, détérioration des paramètres de base du ruissellement, diversification de l'échantillon de mesures hydro-métriques, affectant la validité des calculs de probabilité. Ceci explique pourquoi, lorsque des études hydrauliques successives ont été conduites à plusieurs années d'intervalle sur un même bassin versant, les évaluations de débits, de hauteurs d'eau et de vitesses croissent souvent avec le temps.

Le problème se complique encore lorsque la réponse hydrologique du bassin versant est perturbée par des caractéristiques particulières de ce bassin. Il en est ainsi pour des unités inscrites dans des formations géologiques très perméables (calcaires karstifiés, sables) où les crues d'amplitude faible ou moyenne sont effacées, mais où, pour des épisodes pluvieux importants et prolongés saturant les sols, des crues très fortes peuvent survenir (exemple de l'Auzon dans le Vaucluse). Dans d'autres configurations, des modifications géomorphologiques ont pu intervenir pendant la période récente (100 à 200 ans) sur laquelle portent les observations des grandes crues : des recherches en cours tentent d'évaluer par exemple l'incidence de la sédimentation en lits majeurs de grands cours d'eau, qui peut varier de 0,10 à 1 mètre par siècle, introduisant une dérive dans l'interprétation des crues historiques. Dans ces situations, relativement fréquentes sur le territoire national, l'absence d'une démarche hydrogéomorphologique peut conduire à occulter un phénomène majeur, et par conséquent à fournir des résultats non pertinents.

2) des précisions qualitatives fournies par l'hydrogéomorphologie :

Elles portent notamment sur les aspects suivants :

- l'homogénéité de l'analyse sur l'ensemble d'un bassin versant ;

- la précision des limites fournies et, en cas d'incertitude, la présentation d'une marge d'erreur ;

- la compréhension du fonctionnement hydrologique global du bassin versant, la prise en compte des facteurs structuraux (lithologie, tectonique) et des facteurs conditionnant le ruissellement (lithologie, couverture végétale, urbanisation, artificialisation des cours d'eau) ;

- l'interprétation des données hydrologiques (hauteurs d'eau en particulier) entre les points de mesure ;

- l'interprétation de la dynamique fluviale en périodes de crues (zones de submersion des berges, axes d'écoulement en lit majeur, zones de réten-

tion, érosions et sédimentations, rôle de la végétation dans le ralentissement des écoulements et la stabilité des berges) ;

- l'interprétation des particularités géomorphologiques liées à la géologie (infiltration) ou au fonctionnement des crues (rehaussement du plancher alluvial de lit majeur par sédimentation de limons de crue, etc.) ;

- l'historique de l'occupation des sols et de l'aménagement des cours d'eau, reconstitué par l'interprétation de photographies aériennes anciennes (pouvant remonter à 50 ou 60 ans) ;

- le positionnement rationnel des levés topographiques à réaliser en vue de l'approche hydraulique.

L'ensemble de ces informations complète les apports de l'hydrologie et permet d'intégrer la démarche dans son contexte, et par conséquent de mieux assurer l'interprétation globale et la maîtrise des marges d'erreurs.

Les applications à la planification et à l'aménagement

La mise en évidence des seules contraintes hydrauliques met le plus souvent les acteurs locaux dans une situation difficile, en supprimant ou en restreignant les perspectives d'urbanisation sans apporter de propositions alternatives.

La cartographie hydrogéomorphologique, particulièrement lorsqu'elle est issue de la photointerprétation, peut sans difficulté déborder hors de l'espace inondable pour prendre en compte son contexte géographique. Cette extension couvre essentiellement les unités géomorphologiques d'origine fluviale, telles que les terrasses alluviales anciennes, les cônes torrentiels et les dépôts de pentes (colluvions). Elle est d'ailleurs le plus souvent nécessaire à l'étude hydrogéomorphologique proprement dite, à laquelle elle fournit des facteurs explicatifs complémentaires. Mais son principal intérêt réside dans l'identification d'espaces alluviaux non inondables, si la pente est très faible (terrasses anciennes) ou faible (cônes torrentiels, colluvions), tout à fait propices techniquement à l'urbanisation. Leur cartographie exprime également le rapport de ces espaces aux zones déjà urbanisées et aux zones inondables. Il est donc possible, à partir de ces éléments, de proposer aux collectivités territoriales d'étudier les possibilités d'urbanisation relatives à ces espaces.

LES INONDATIONS PAR RUISSELLEMENT PLUVIAL URBAIN

La connaissance du phénomène

Il s'agit d'un phénomène difficile à appréhender car il concerne des écoulements exceptionnels qui surviennent dans un milieu urbanisé donc artificialisé. Il mérite pourtant qu'on y porte une grande attention en raison des risques graves qu'il génère dans de très nombreuses villes ou agglomérations (récemment, Puysserguier ou Saint-Martin de Boscherville) et qui correspondent à la majorité des arrêtés pris en application de la loi sur l'indemnisation du 13 juillet 1982.

C'est la catastrophe de Nîmes du 3 octobre 1988 qui a fait prendre conscience aux médias, aux habitants et aux décideurs publics que les inondations consécutives à des orages exceptionnels, dont les apports dépassent les capacités d'évacuation des réseaux naturels et artificiels de drainage urbain, étaient à l'origine de risques humains et économiques. Les réflexions menées à la suite de cet événement (rapport Ponton du Conseil général des ponts et chaussées), ont montré que plus de 60 villes ou agglomérations présentaient le même type de vulnérabilité, ce qui a conduit ces communes à réaliser des diagnostics et des propositions d'études avec l'appui de l'État.

Les inondations renouvelées de 1992 à 1995, dont celle de Vaison-la-Romaine, ont marqué un deuxième temps dans la prise en compte de ce phénomène. Un programme de diagnostic de la vulnérabilité des communes au ruissellement pluvial urbain ou aux crues torrentielles a été engagé à partir de 1994 sur 30 départements du Sud de la France, plus particulièrement concernés par des événements pluviométriques exceptionnels. Environ 2 600 communes exposées ont été identifiées, dont 430 au moins pour un risque fort ou très fort. L'ensemble des données collectées a été rassemblé sous forme d'atlas et de rapports de synthèse et adressé aux collectivités locales ainsi qu'aux décideurs locaux (chambre de commerce, chambre d'agriculture, etc.). L'information a aussi été reprise dans les DDRM et les DCS.

Les méthodes et les outils

Ils doivent être adaptés au niveau de précision des études (document 14).

Prise en compte dans l'aménagement

Le programme de cartographie de la vulnérabilité et d'information préventive s'est inscrit dans un cadre plus large, de travaux à caractère méthodologique, entrepris depuis plus de vingt ans par les ministères de l'Équipement et de l'Environnement, visant une meilleure connaissance du ruissellement pluvial urbain, de ses conséquences et des moyens à mettre en œuvre pour limiter ses effets notamment par l'utilisation des techniques alternatives. D'autres initiatives ont permis de progresser, grâce à la loi sur l'eau de 1992 et à l'instruction technique de 1977 sur le calcul des réseaux d'assainissement. Actuellement en cours de refonte, cette dernière tiendra compte de deux niveaux de fonctionnement d'un réseau de drainage des eaux pluviales qui distingueront :

- un système mineur (jusqu'à une période de retour maximale de 10 ans) s'appuyant sur les réseaux (rivières, canalisations) ;
- un système majeur (événements exceptionnels 10 ans) où l'eau retrouve un cheminement naturel perturbé par l'urbanisation, empruntant les rues, inondant les points bas et provoquant souvent des embâcles de véhicules.

Au-delà de ces démarches, lois ou instructions, le PPR permet de réduire la vulnérabilité à ce type de phénomène en imposant des mesures de maîtrise du ruissellement sur les secteurs amont des bassins versants, en prévoyant des emplacements inconstructibles capables de stocker les eaux pluviales ou en préservant les lits majeurs.

Le POS peut aussi apporter une réponse a priori satisfaisante en l'absence de PPR, en limitant, par exemple, les débits de fuite provenant d'une opération nouvelle, ou en imposant une surface de rétention qui prendra la plupart du temps la forme d'un espace vert.

Quelle que soit la procédure employée, la collectivité doit être fortement associée à la connaissance du risque et aux moyens à mettre en œuvre pour s'en prémunir, d'autant qu'elle en assurera la plupart du temps la maîtrise à travers son POS, la gestion de ses dispositifs d'assainissement ou ses secteurs de développement : lotissement, ZAC, etc. Elle peut également participer financièrement à la collecte des informations historiques, à la mise en place des SIG et à la réalisation des levés topographiques, dans la mesure où ces éléments lui sont utiles pour le développement ou la gestion de son territoire.

Document 14

Méthodes et outils d'étude du ruissellement urbain

Niveau d'études	Méthodes, outils	Points clefs à apprécier
<p>Études sommaires</p>	<p>Utilisation de ratios (approches économiques) et de formules hydrauliques simplifiées (régime d'écoulement permanent et uniforme) du type méthode rationnelle (calcul des débits de pointe générés), formule de strickler (calcul des capacités d'écoulement d'une section donnée), méthode des pluies ou des volumes (calcul des capacités de stockage pluvial à mettre en œuvre)</p> <p>Le recours à des outils informatiques plus sophistiqués n'est a priori pas utile à ce stade des études. Les outils précédents, simples et pratiques d'emploi, ont l'avantage de nécessiter un nombre restreint de données, généralement très facilement accessibles à partir de cartes topographiques (le 1/25 000 peut parfois suffire) et de reconnaissances sommaires de terrain toujours indispensables. Communément pratiqués par les bureaux d'études spécialisés en hydrologie et hydraulique, ces formules sont abondamment décrites dans la littérature technique. Il faut cependant être conscient de leurs conditions limites d'emploi et de leurs limites de précision.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - niveaux de protection à assurer (ouvrages d'assainissement et risques d'inondation -cf. l'encadré ci-dessus) - événements hydrologiques de référence à prendre en compte pour les ouvrages d'assainissement et vis-à-vis du risque d'inondation - coefficients d'imperméabilisation des sols (différents des coefficients de ruissellement) - capacités résiduelles d'écoulement des axes drainants (fossés, canalisations, passage inférieur sous remblai) - débits pluviaux générés pour les événements de référence retenus. - débits de fuite admissibles à l'exutoire d'une zone compte tenu des contraintes aval - choix d'exutoires pluviaux adaptés - emprises requises si recours à des techniques alternatives d'assainissement pluvial - coûts sommaires de réalisation des techniques - contraintes de gestion des techniques (cas des techniques alternatives notamment)
<p>Études détaillées</p>	<p>Mêmes outils avec une approche plus fine par sous-bassins et zones homogènes, sur les cas identifiés comme sensibles à traiter dans la phase précédente.</p> <p>Le recours à l'outil informatique peut être utile pour certains problèmes : simulation de perfectionnement du réseau d'assainissement pluvial (outil type Papyrus, Noe), cartographie des zones inondables, niveau d'eau au droit d'un ouvrage sensible ou de zones habitées</p> <p>Ceci peut nécessiter la réalisation de leviers topographiques complémentaires (à mener si possible en une seule opération regroupant les autres leviers nécessaires pour d'autres motifs) et donc un surcoût non négligeable des études. Ces outils informatiques ont également des conditions d'emploi à respecter : limites de validité des modèles, calage des paramètres sur des événements observés. Leur précision est aussi très relative suivant le contexte dans lequel ils sont employés (cartographie de zones inondables en centre urbain dense notamment). L'appui d'un spécialiste en hydrologie et en hydraulique est indispensable pour bien cadrer les études techniques dans ce domaine et interpréter certains résultats de calcul.</p>	<p>Mêmes paramètres que précédemment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - surfaces inondées pour l'aléa exceptionnel, avec indication d'ordres de grandeurs de hauts d'eau voire de vitesses d'écoulement (surtout sur les chenaux principaux d'écoulement générant de fortes vitesses) - traduction des principes d'actions retenus pour la gestion des eaux pluviales en prescriptions techniques transportables dans le POS et contrôlables dans l'application du droit des sols - principe d'actions d'accompagnement ne dépendant pas du POS : entretien de cours d'eau, projet d'aménagement intercommunal. - contraintes de réalisation et de gestion des techniques alternatives préconisées qui peuvent reposer sur la combinaison de solutions individuelles et collectives et s'appuyer sur des interlocuteurs distincts (particuliers, aménageurs, collectivité, gestionnaires de voirie, des espaces verts, du réseau d'assainissement) dont les logiques ne sont pas nécessairement concordantes.

Source : Extrait de l'ouvrage *Ruissellement et POS* (CERTU)

INONDATIONS

PAR LES TORRENTS

Les torrents sont des cours d'eau à pente forte (supérieure à 6 %) présentant des débits irréguliers et des écoulements très chargés (figure 3). Ils sont générateurs de risques d'inondation accompagnée d'érosion et d'accumulations massives de matériaux qui justifient une détermination soignée des aléas et des prescriptions.

Mécanismes des écoulements torrentiels

Dans un même torrent, on peut rencontrer les formes d'écoulement suivantes :

- des laves torrentielles ;
- des écoulements hyper-concentrés ;
- des écoulements chargés simples (charriage et suspension classiques) ;
- des eaux claires.

Les laves torrentielles sont des écoulements mêlant intimement l'eau et les matériaux de toutes tailles. Elles atteignent ou dépassent des densités voisines de 2 qui les rendent capables de transporter des blocs en quasi-flottage. Elles se déclenchent sur des pentes très fortes (30 à 40 % et parfois à partir de 20 %) soumises à des mouvements de terrain et/ou des effondrements de hautes berges, et plus largement à tous les phénomènes d'érosion de surface, qui permettent notamment le mélange d'eau et de matériaux (figure 4).

Les laves torrentielles sont des écoulements fortement transitoires, c'est-à-dire très rapidement variables : elles s'écoulent en bouffées successives qui ont une capacité destructive importante, par érosion et par chocs ; elles s'arrêtent brutalement sur un obstacle ou une diminution de pente, ce qui entraîne fréquemment un changement de lit pour les bouffées suivantes. L'état actuel des connaissances permet de calculer les caractéristiques de leur écoulement en régime uniforme pour le corps de la lave boueuse mais ces possibilités sont limitées par l'abondance des singularités dans le lit des torrents et par le caractère fortement granulaire de leurs fronts.

Les laves torrentielles se distinguent des mouvements de terrain (coulées boueuses) par leurs vitesses plus élevées et leur mode de déplacement : écoulement d'un fluide et non pas glissement avec fracturation d'une masse plus ou moins compacte. Elles sont en discontinuité très nette avec les écoulements hyper-concentrés par leur concentration volumique (au moins 50 % de solides contre un maximum de 30 % pour ces derniers).

Les écoulements hyper-concentrés sont en continuité avec le charriage fluvial classique quant à leur concentration volumique mais leur hydraulique est particulière notamment par le fait que, en chenal endigué, le fort transport solide rend la hauteur des éléments écoulés supérieure à celle calculée pour l'eau non chargée. Dans tous les cas de figures (chenal libre latéralement ou endigué), les variations importantes et rapides du fond du lit doivent être prises en compte dans les calculs, en particulier au niveau des singularités (rétrécissements de ponts, confluences). La très forte charge des écoulements hyper-concentrés génère en outre des chocs violents et multiples sur les obstacles.

Les écoulements chargés et les eaux claires suivent dans l'ensemble les lois de l'hydraulique fluviale classique. Au cours des crues ces eaux peuvent éroder massivement le lit du torrent et devenir à leur tour des écoulements hyper-concentrés.

Localisation des écoulements torrentiels

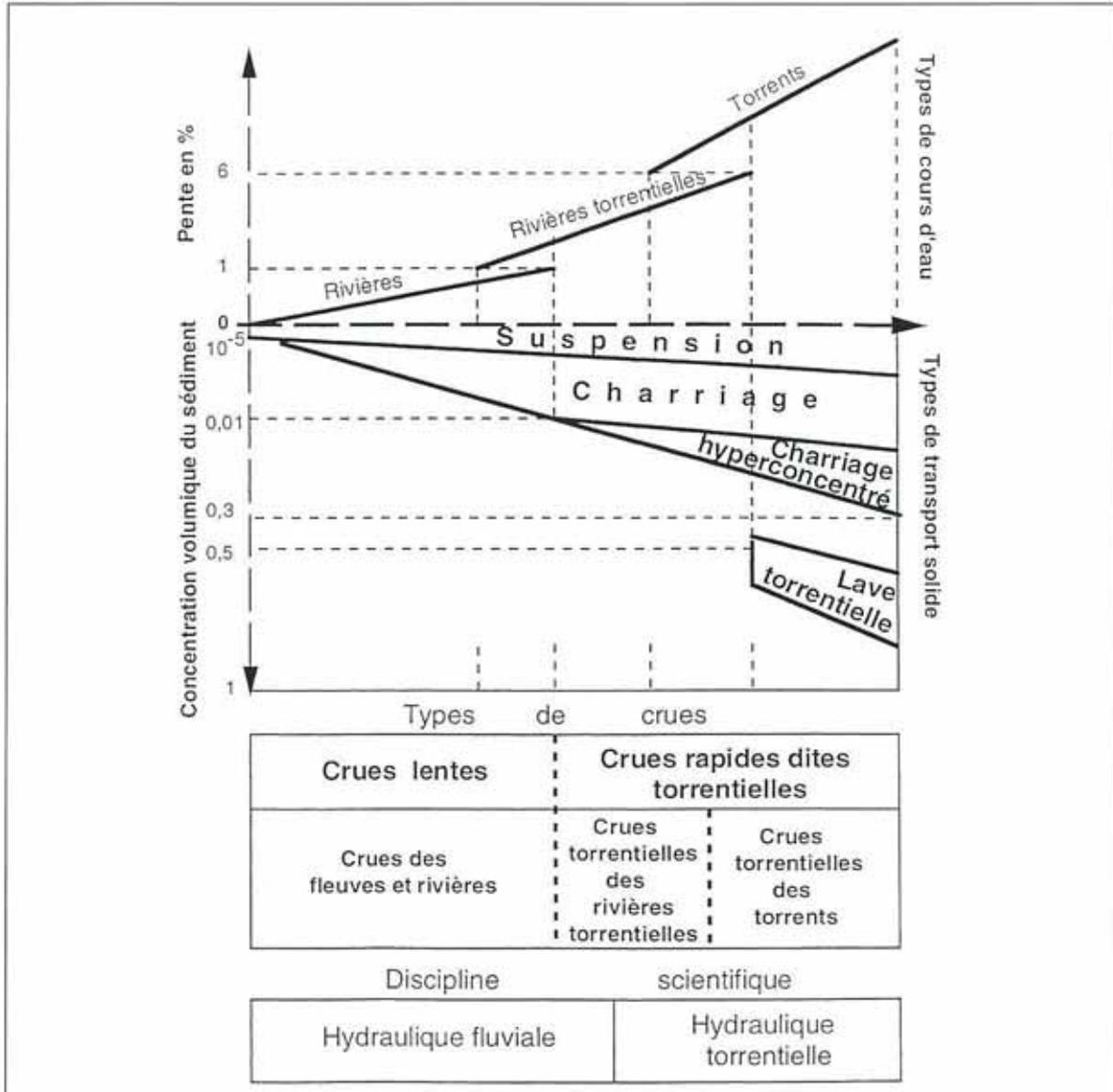
Les torrents peuvent être le siège de tous les mécanismes décrits précédemment dans tout ou partie de leur bassin versant qui comporte généralement les éléments suivants :

- des versants et/ou un bassin de réception où se forment les écoulements et leur charge solide ;
- un chenal d'écoulement de longueur très variable, à pente forte (supérieure ou égale à 6 %) ;
- un cône de déjection, du moins si la place nécessaire est laissée par les versants et la rivière principale (photographie 13).

Dans le bassin des torrents on peut donc observer les phénomènes suivants :

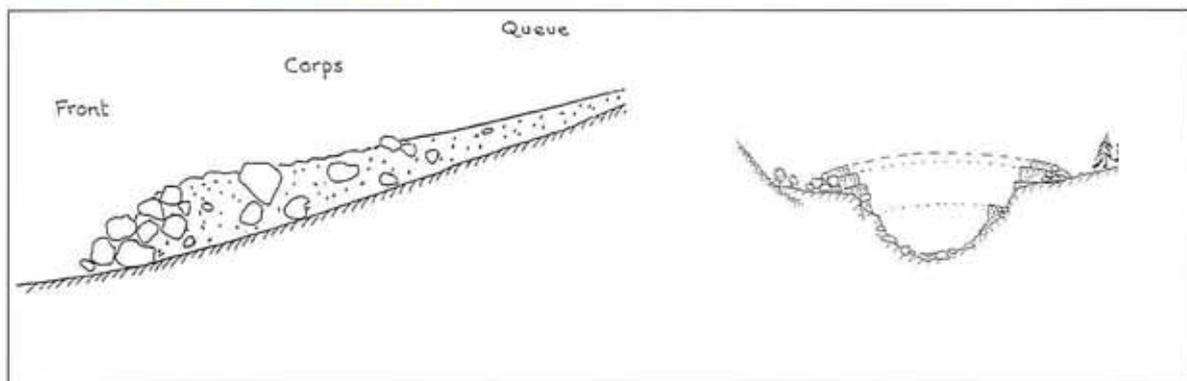
- une érosion très importante sur les versants et le bassin de réception ;
- des affouillements intenses et/ou des apports solides massifs dans le chenal et sur le cône de déjection ;
- des crues et des débordements très rapides rendant l'alerte difficile sinon impossible ;
- des déplacements brusques du chenal sur le cône de déjection en l'absence de dispositifs de fixation convenables (endiguement et entretien du chenal).

Figure 3. Types de cours d'eau, mécanismes de transport solide et types de crues, en rapport avec la pente du lit et la concentration de la charge solide



Source : L. Besson et M. Meunier, 1995.

Figure 4. Profil en long d'une bouffée de lave torrentielle et profil en travers d'un torrent à laves



Source : Ph. Lefort et M. Meunier (1993).

Photographie 13. Le torrent du Manival à Saint-Ismier et Saint-Nazaire-les-Eymes (Isère)



Source : Gérald Garry.

Les rivières torrentielles constituent une catégorie de cours d'eau intermédiaire entre les torrents et les rivières. Leurs pentes étant de quelques unités pour cent, elles peuvent être le siège d'écoulements hyper-concentrés mais pas de laves torrentielles. On peut donc observer sur les rivières torrentielles les phénomènes suivants :

- des crues et des débordements rapides rendant l'alerte difficile sinon impossible ;
- des affouillements intenses et/ou des apports solides massifs dans le lit mineur et/ou sur le fond de vallée, ces phénomènes contraires pouvant se succéder au même endroit au cours d'une seule crue ;
- des déplacements brusques du lit mineur dans le fond de vallée.

L'ensemble de ces caractéristiques présente des risques particuliers qui doivent être examinés et traités avec des méthodes adaptées. L'élaboration de PPR inondation sur des rivières torrentielles pourra donc s'inspirer à la fois des méthodes générales du présent guide et des méthodes particulières aux torrents décrites dans le présent chapitre.

Détermination des zones à risques et des aléas pour les torrents de montagne

La délimitation des zones à risques est faite essentiellement à partir d'un examen géomorpholo-

gique : existence d'un cône de déjection, présence de terrains meubles avec matrice fine dans le bassin de réception, matériaux et formes du chenal, etc. Cet examen doit conduire à une estimation de l'importance du transport solide potentiel lors des crues ; cette estimation, même grossière, conditionne le choix des limites de zonage des risques torrentiels. Une attention particulière devra être portée aux zones même non érodées des bassins versants des torrents, où des installations, telles que des stations de sports d'hiver, sont susceptibles d'aggraver ou même de créer un risque torrentiel en aval.

La recherche de témoignages oraux et l'analyse historique de documents doivent être utilisées en premier ; elles fournissent des informations très utiles mais discontinues dans l'espace et dans le temps. Comme pour les autres risques naturels, il faut veiller à recueillir ces informations en liaison avec les riverains et leurs représentants. La détermination des zones à risques et des aléas est fortement améliorée par la transposition des connaissances acquises sur des bassins de torrents voisins et/ou analogues, démarche largement pratiquée par les experts.

Au total, la détermination des classes d'aléas se pratique en croisant la probabilité estimée et l'intensité (hauteur, vitesse et composante solide) des phénomènes susceptibles de se produire. Ainsi l'on pourra classer en aléa très fort les zones où les écoulements torrentiels ont une très forte probabilité d'occurrence et des intensités très fortes ; une zone d'aléa fort pourra être celle où les phénomènes, notamment les laves torrentielles, ont

Photographie 14 : Route des Étroits coupée par la crue du Borne du 14 juillet 1987 dans le secteur d'Entremont (Haute-Savoie)



Source : RTM de Haute-Savoie

Photographie 15 : Dégâts d'une lave torrentielle du torrent de Saint-Antoine à Modane (Savoie) le 25 août 1987



Source : Maurice Meunier, CEMAGREF

une probabilité faible mais une intensité forte. Le classement en aléa moyen pourra s'appliquer là où la probabilité et l'intensité descendent à des niveaux faibles ; la qualification d'aléa faible paraît difficilement applicable aux secteurs soumis aux inondations par les torrents du fait de la sévérité des processus qui les caractérisent (photographies 14 et 15).

Sur les cônes de déjection protégés par des ouvrages, la pratique récente des PER et de l'application de l'article R. 111-3 amène à distinguer généralement deux zones d'aléa :

- une zone d'aléa très fort qui se limite éventuellement au chenal entretenu et endigué (alors que ce classement peut s'étendre à la totalité du bassin de réception) ;

- une zone d'aléa moyen conditionnelle car très étroitement liée à l'entretien régulier du chenal et de ses ouvrages de fixation sur le cône de déjection ainsi qu'à l'entretien des ouvrages existants et au contrôle de l'occupation des sols dans les parties hautes du bassin.

Aucune zone protégée ne sera classée en zone d'aléa nul car le dépassement ou la rupture des ouvrages de protection est toujours possible. On observe en effet que, comme pour les inondations, la présence d'ouvrages de protection entraîne à la fois :

- la perte de culture ou de mémoire du risque dans la zone protégée ;

- l'aggravation de la catastrophe en cas de défaillance de la protection.

Principes et pratiques de la réglementation

En région de haute montagne les systèmes torrentiels sont souvent les seuls à permettre l'utilisation intensive des sols (bâtiments, voies de communication, agriculture) sur les cônes de déjection et parfois dans les parties hautes de leur bassin. Il paraît donc difficile d'y restreindre les possibilités d'occupation des sols au seul entretien de l'existant. Cependant il convient d'y respecter strictement le principe suivant : toutes les réalisations, modifications et exploitations susceptibles d'aggraver le risque dans la zone ou dans une autre zone sont interdites.

En effet dans les parties hautes des bassins des torrents existants ou potentiels, il y a lieu d'imposer aux constructions, aux infrastructures et aux exploitations agricoles ou forestières, existantes ou projetées, des règles pour empêcher l'aggravation des risques dans les parties inférieures des bassins ; ces prescriptions viseront notamment le contrôle du ruissellement (imperméabilisation, défrichement, concentration des rejets, etc.). L'élaboration des projets soumis à étude d'impact devra porter une attention toute particulière à ces points.

Les parties inférieures des bassins des torrents, c'est-à-dire essentiellement les cônes de déjection, où la protection est inexistante ou insuffisante, seront classées en zone d'aléa fort ou très fort. Il y a lieu d'interdire toute construction nouvelle et de limiter les travaux sur les établissements existants à l'entretien seul, les travaux visant à réduire le risque étant autorisés. Si des biens et surtout des personnes sont soumis au risque torrentiel, il y a lieu de recommander l'élaboration, la réalisation et la maintenance d'un « projet de protection » adapté aux réalités physiques et aux enjeux humains et économiques du bassin ; l'étude de ce dispositif sera menée hors PPR à la demande des collectivités concernées et pourra s'inspirer de la méthode développée dans l'ouvrage du CEMAGREF (Meunier M., 1991). Lorsque le seul moyen de mettre en sécurité à un coût acceptable des personnes gravement menacées par une crue torrentielle est de les déplacer, les articles 11 et suivants de la loi du 2 février 1995 ouvrent la possibilité de les exproprier.

Sur les cônes de déjection dans le cas de protection suffisante, la possibilité permanente de dépassement ou de rupture des ouvrages ainsi que les caractéristiques des torrents de montagne et l'absence de systèmes d'alerte fiables, amènent à imposer dans le règlement du PPR le cumul systématique des mesures de protection collective et des prescriptions sur les établissements pris individuellement dans la zone protégée.

Ainsi par exemple sur un cône de déjection correctement protégé aussi bien par un endiguement que par des seuils dans le lit mineur et par des ouvrages et des plantations dans le bassin, on pourra imposer à la fois la construction d'un mur aveugle sur la face amont des bâtiments (contre l'irruption du ruissellement local ou d'un écoulement général par-dessus la digue) et des obligations d'entretien des ouvrages et des plantations dans le lit et le bassin.

Les mesures collectives amènent à recourir aux dispositions introduites ou rappelées par l'article 4 du décret 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels, tout en sachant que l'État et les collectivités locales sont fréquemment propriétaires de terrains forestiers dans les bassins torrentiels.

Le prélèvement de matériaux dans le chenal peut faire partie des mesures de protection collectives ; il peut être autorisé en application de l'article 130 du code minier complété, pour les cours d'eau situés en zone de montagne, par l'article 29 de la loi no 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement. Dans certains torrents, des plages de dépôt avec barrage semi-ouvert sont construites et curées régulièrement pour arrêter les matériaux les plus grossiers à l'amont des cônes de déjection ou des ouvrages de franchissement ; leur dimensionnement pose des problèmes imparfaitement résolus actuellement.

On doit par ailleurs appliquer l'article R. 426-1 du Code de la Construction et de l'Habitation, créé par le décret 95-1089 précité dans son article 11, pour prescrire des mesures de protection des bâtiments qui sont à considérer comme des refuges en cas de catastrophe.

Enfin parmi les mesures s'appliquant spécifiquement aux zones exposées aux risques d'inondation par les torrents, on peut citer :

- des mesures individuelles : protection par un merlon de la face amont des constructions, mur amont résistant à une pression perpendiculaire exercée par une lave, mur amont aveugle sur une hauteur supérieure à la hauteur de submersion estimée (hauteur de submersion + énergie cinétique de l'eau + projection des blocs), interdiction de construire à moins de x m du torrent, en précisant l'origine (fixe) de la mesure, obligation de construire une protection de berge au droit d'un bâtiment existant ;

- des mesures collectives : entretien du lit du torrent (végétation et dépôts), entretien des digues et des ouvrages de protection, entretien des seuils

de fixation et des ouvrages de franchissement, équipement des franchissements pour éviter les obstructions et les changements de tracé du chenal, entretien des dispositifs de stabilisation des terrains dans le bassin, réalisation et entretien de plages de dépôt, rehaussement de digue, création ou réservation sur une berge au moins, d'un passage pour les engins d'entretien ou d'intervention.

Ressources humaines disponibles

Les connaissances théoriques et pratiques sur les phénomènes et les risques torrentiels évoluent assez rapidement notamment sous l'impulsion du CEMAGREF qui y consacre un programme de recherches particulier. Cependant leur état actuel amène à recourir obligatoirement à des experts pour l'élaboration des PPR correspondants ; ces spécialistes dotés d'une expérience approfondie sont à rechercher dans les domaines de la géomorphologie et de l'hydraulique.

INONDATIONS

EN ZONES FLUVIO-MARITIMES

Introduction

L'étude des processus hydrauliques d'inondation correspond dans la plupart des cas à des investigations centrées sur des écoulements de type fluvial. À l'approche des débouchés des fleuves en mer, les zones d'estuaires constituent des secteurs hydrauliquement complexes soumis à la conjugaison d'influences maritimes et fluviales.

Dans ces secteurs, l'approche préconisée pour apprécier l'aléa nécessite généralement le recours à une modélisation mathématique des phénomènes hydrauliques, modélisation qui se révèle d'autant plus complexe que l'occupation des sols par le bâti est importante.

L'exemple qui suit traite du cas de l'agglomération de Bordeaux où la réflexion a été engagée avant 1990. La démarche mise en œuvre a nécessité certaines simplifications techniques permettant de ne pas alourdir la méthode, ainsi qu'une concertation préalable au sein d'un comité de pilotage concernant les hypothèses de base relatives aux conditions aux limites du système.

L'une des questions fondamentales de la démarche engagée réside dans la détermination de l'événement de référence à retenir, qui peut résulter de la conjugaison d'événements hydrologiques ou maritimes plus ou moins dépendants. Compte tenu de l'importance des biens exposés, il a été décidé de se référer à un événement correspondant à une période de retour de l'ordre de 250 à 300 ans¹³. Les études hydrauliques engagées à l'issue de ce choix ont permis l'élaboration d'une cartographie des zones inondables correspondant à cet événement.

Synthèse et conclusions de l'étude réalisée sur Bordeaux en 1990

Collecte des données

La mise en œuvre du modèle mathématique choisi pour représenter les niveaux de la Garonne à Bordeaux, nécessite deux types de données : les données géométriques de la vallée inondable y com-

pris les lits des différentes composantes des écoulements, et les données d'observation des niveaux atteints sur le terrain.

L'estuaire, dont l'importance est prépondérante dans l'établissement des cotes à Bordeaux, bénéficie de données cartographiques récentes, facteur favorable à la réalisation d'un modèle calé sur des événements récents.

Les données d'observation du terrain sont quant à elles collectées par les services de l'État sur 8 stations marégraphiques situées dans l'estuaire jusqu'à Bordeaux, 3 stations sur la Garonne entre Bordeaux et la Réole, et 2 stations sur la Dordogne. Les données de l'estuaire sont enregistrées automatiquement sous forme numérisée. Des enregistrements sous forme graphique ont par ailleurs été dépouillés. L'ensemble de ces données a permis l'étalonnage du modèle hydraulique.

Une mission d'information a également été menée auprès de la ville de Hambourg, port allemand situé à 100 km de la Mer du Nord sur l'estuaire de l'Elbe, où les autorités se préoccupent de la prévention et de la gestion du risque d'inondation depuis au moins 1962, date à laquelle les premières inondations catastrophiques ont eu lieu. Bordeaux et Hambourg présentent certaines similitudes : ce sont deux ports accessibles depuis un estuaire d'une centaine de kilomètres de longueur, qui a été approfondi pour les besoins de la navigation, et dont l'orientation coïncide globalement avec celle des vents dominants. Les deux villes sont donc largement soumises aux phénomènes de marées, et particulièrement vulnérables aux risques de débordement par remontée du niveau marin (surcotes) liée notamment aux tempêtes.

Construction d'un modèle mathématique

La simulation des événements fluvio-maritimes à Bordeaux est fondée sur une modélisation monodimensionnelle maillée intégrant les échanges hydrauliques avec les champs d'inondation latéraux.

Cette simplification, par rapport à une modélisation bidimensionnelle plus exacte mais plus contraignante à mettre en œuvre, a été jugée acceptable au regard des incertitudes existantes sur la connaissance du milieu et des objectifs poursuivis établis conjointement avec le maître d'ouvrage.

Les points de calcul retenus sont de deux types :
 - points fluviaux dans le lit mineur (1D) ;
 - points de débordement latéraux (2D) pour les champs d'inondation.

¹³. Période de retour émanant des premières réflexions ; celle-ci évolue actuellement vers davantage de prudence dans cette caractérisation en la dénommant pluricentennale. Parallèlement, une analyse statistique plus fine des niveaux est en cours avec les difficultés classiques inhérentes à tout échantillon statistique.

À la suite de résultats jugés non satisfaisants à l'issue d'un premier calcul, fondé sur un événement n'intégrant pas les effets liés au vent et à la surcote du Verdon, plusieurs axes de réflexion ont été développés pour améliorer la simulation :

- recherche du poids respectif des différents termes intervenant dans les équations caractérisant les écoulements du système ;
- évaluation de l'incidence du coefficient de rugosité sur la hauteur d'eau à débitance égale ;
- évaluation de la sensibilité du système à différentes hypothèses ;
- simulation de 15 événements observés et analyse des écarts constatés.

En définitive, au terme des différentes recherches menées, il s'est avéré que l'objectif initialement assigné était trop ambitieux au regard de la précision des données d'observations disponibles. Une fois menée cette recherche d'optimisation du modèle, celui-ci a pu être considéré comme validé (les événements les plus forts de décembre 1981 et de mars 1988 ont pu être simulés avec un écart inférieur à 0.05 m à Bordeaux par rapport aux niveaux effectivement observés).

Simulation d'événements exceptionnels

L'étude engagée en 1990 avait entre autres objectifs celui de déterminer le type d'événement exceptionnel contre lequel devait se prémunir l'agglomération bordelaise.

L'outil de simulation, qui permet de calculer les niveaux de tout événement défini par ses conditions aux limites, ne présente d'intérêt que si l'on arrive parallèlement à caractériser la nature exceptionnelle des résultats. Cette caractérisation en termes de probabilité d'occurrence est particulièrement délicate dans le cas de Bordeaux compte tenu du nombre important de paramètres plus ou moins dépendants se conjuguant lors d'un événement hydrométéorologique : surcote au Verdon (dépression, vent sur l'Océan), coefficient de marée, vent d'estuaire, débits de Garonne, débits de la Dordogne.

Devant la complexité du problème, le groupe de travail a décidé de ne retenir qu'une probabilité simplifiée fondée sur les deux variables principales mises en évidence lors de la phase d'étalonnage, la surcote du Verdon et le coefficient de marée, en considérant de surcroît qu'elles sont indépendantes. Les 11 événements exceptionnels testés mettent en évidence les conclusions suivantes :

- Bordeaux n'est menacé par des inondations que pour des conditions maritimes exceptionnelles ;
- la limite physique des débordements se situe entre 5.40 m et 5.50 m NGF ;
- l'exhaussement des niveaux maximaux serait de l'ordre de 0.30 m en cas d'endiguement généralisé sur la commune urbaine de Bordeaux ;
- l'étude de l'un des événements révèle que certains points bas peuvent être inondés sous plus de trois mètres d'eau.

Cartographie des zones inondables

À la suite des simulations menées en 1990, le ministère de l'Environnement (délégation aux risques majeurs) et la ville de Bordeaux ont engagé la cartographie des zones inondables lors d'un événement exceptionnel de référence. Les caractéristiques de cet événement de référence sont les suivantes :

- débit de la Garonne : 7 200 m³/s ;
- débit de la Dordogne : 2 720 m³/s ;
- coefficient de marée : 118 ;
- surcote au Verdon : 1,19 m ;
- vitesse de pointe du vent : 15 m/s.

Les fonds de plans utilisés sont des cartes au 1/5 000 réalisées par l'Institut géographique national pour le compte de la commune urbaine de Bordeaux. Ces supports comportent un semis de points de nivellement altimétriques réalisés par photo-restitution, ainsi que le levé relativement récent des digues, routes et bâtiments existants.

Le report cartographique de l'aléa reprend les informations suivantes :

- les limites du champ d'inondation ;
- les limites des zones inondées sous 1 m, 2 m et 3 m d'eau ;
- les cotes maximales obtenues en lit mineur.

Prescriptions

Dans ces zones, trois types de prescriptions peuvent être appliqués en termes de compensations aux aménagements projetés. Lorsqu'un remblaiement de la zone de stockage est envisagé, il est possible de compenser cette perte par une gestion dynamique du remplissage différente de l'état actuel. En effet, il faut plusieurs marées pour atteindre le niveau maximal. Il est donc possible de compenser les conséquences d'un remblai en évacuant plus de volume d'eau du « casier hydraulique » vers la Garonne à la nième marée précédant le niveau maximum par ajout d'un orifice de sortie :

- dans certains secteurs, c'est le remplacement du volume perdu par un autre volume équivalent dans le temps, c'est-à-dire se remplissant au bon moment. Cela revient à définir le niveau altimétrique de l'organe de remplissage en cohérence avec le déroulement de la submersion et l'étendue du nouveau stockage de remplacement ;
- lorsque la zone aménagée se situe dans les couloirs de transfert, les mesures consistent à vérifier que la dynamique n'est pas perturbée (mesures d'accompagnement des courants) ;
- enfin, quand les mesures de compensation sont possibles, la construction, alors autorisée, doit s'établir au-dessus du niveau maximal : soit le niveau obtenu dans la zone de stockage, quand les digues sont assurément pérennes (agglomérations où les endiguements sont en matériaux durs), soit le niveau atteint dans la Garonne pour les endiguements en terres ou fragiles.

LES INONDATIONS PAR REMONTÉES DE NAPPES

Les inondations par remontées naturelles de nappe

Ces inondations se produisent principalement par débordement en surface d'eaux circulant dans des massifs calcaires soit par un réseau largement ouvert (karst), soit par une multitude de fissures (nappe de fissures). Les remontées de nappes débordantes surviennent également dans des ensembles alluviaux mais elles coïncident souvent avec les inondations des cours d'eau qui les alimentent et se confondent alors avec elles.

Remontées de nappe karstique

La complexité des écoulements souterrains en milieu karstique rend très difficile la précision et la maîtrise du risque d'inondation. Les phénomènes sont très divers.

Inondations dans les dolines

Les dolines sont des dépressions naturelles fermées pouvant atteindre plusieurs dizaines d'hectares de surface qui ont pour seul exutoire des failles et des fissures dans la roche calcaire rejoignant le réseau karstique. L'exutoire est souvent insuffisant pour évacuer des pluies abondantes parfois accompagnées de fonte de neige. Les eaux peuvent alors s'accumuler dans la dépression et inonder les parties basses des villages construits dans ces dolines (figure 5).

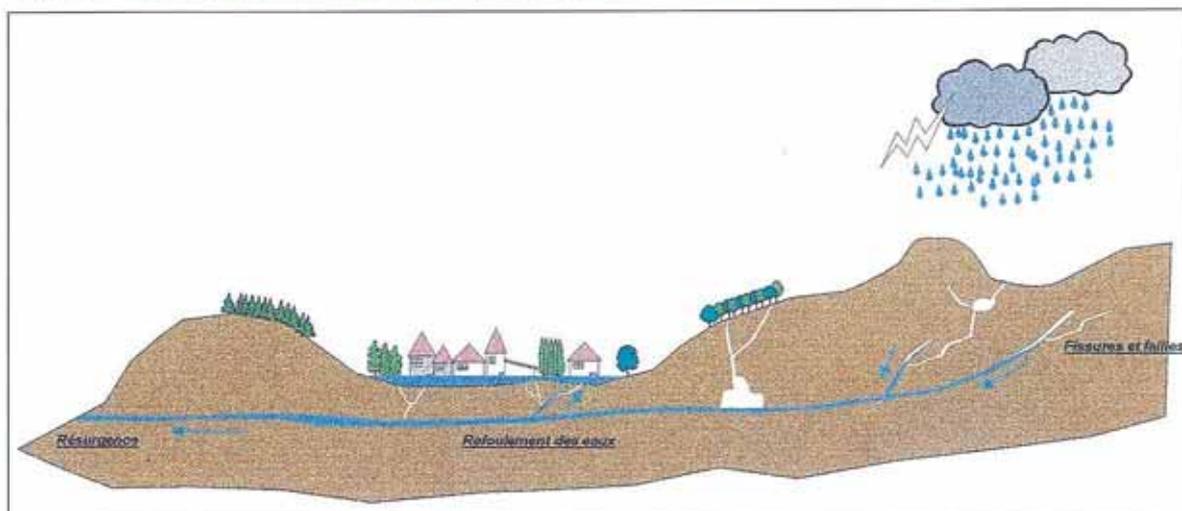
Dans le Jura des phénomènes de résurgence au fond des dolines ont pu être observés à la suite d'une mise en charge du réseau karstique à l'image des refoulements qui se produisent dans les réseaux d'assainissement saturés. Ces résurgences peuvent atteindre des débits très importants et surprendre en raison d'un impluvium parfois très éloigné du site inondé. Il s'agit cependant d'inondations lentes présentant peu de risques pour les personnes.

La délimitation de ces zones est faite essentiellement à partir d'un examen géomorphologique et topographique du terrain, d'une recherche de témoignages et d'une analyse historique de documents.

Inondations à l'aval de la résurgence d'un réseau karstique

Les résurgences de réseau karstique peuvent produire des débits de crue importants de façon lente et prévisible ou au contraire brutale et inattendue. Ainsi le ruisseau du Merdançon qui naît d'une résurgence et traverse une partie de l'agglomération de Mende pour rejoindre le Lot, est réputé pour ses crues violentes et imprévisibles. Pourtant son bassin versant de surface est relativement faible. Les plus fortes crues qui ont marqué son histoire ont été en fait générées par les apports d'un réseau karstique dont le bassin d'alimentation se situe loin du bassin topographique. En outre ce réseau comporterait un réservoir naturel important (lac souterrain) vidangeable au moins partiellement par un siphon ; le remplissage du réservoir entraînerait la mise en marche

Figure 5 : Inondation d'une doline par refoulement d'un réseau karstique



du siphon et la vidange rapide et brutale du réservoir avec un débit de plusieurs mètres cubes par seconde. Ce fonctionnement est celui des sources vauclusiennes (figure 6).

Remontées de nappe de fissures

Des inondations ont atteint plusieurs vallées des plateaux crayeux du Nord-Ouest de la France au printemps 1995, de la Seine-Maritime au Pas-de-Calais. Elles sont dues aux précipitations très abondantes de l'hiver 1994-1995 sur ce secteur qui ont rechargé abondamment la nappe de la craie et ont provoqué sa remontée jusqu'au niveau du fond des vallées. La lenteur de la circulation de l'eau dans les fissures a entraîné un décalage des débordements par rapport aux pluies génératrices pouvant atteindre plusieurs semaines.

Dans les vallées drainées les débordements de la nappe ont simplement prolongé la durée de submersion des parties basses précédemment inondées par les cours d'eau ; il s'agissait le plus souvent de prés ou de zones humides peu sensibles.

Dans les vallées habituellement sèches, des débordements durables, de l'ordre de la semaine voire du mois, ont atteint des habitations et des équipements en y provoquant des dommages non négligeables notamment par l'effet des sous-pressions.

Après enquête il s'avère que le phénomène s'était déjà produit anciennement en laissant quelques traces dans les mémoires ou les noms de lieux. La fréquence d'occurrence peut être approchée à partir de séries d'observations assez longues sur des puits implantés dans la nappe concernée même à une distance importante. Dans le cas cité, un premier examen par le service géologique régional situe la période de retour aux environs de 100 ans (BRGM / SGR Nord-Pas-de-Calais, 1995, note inédite).

Les inondations par remontées artificielles de nappe

Dans les alluvions, les qualités du terrain permettent la constitution d'une nappe volumineuse et mobile. Elles lui confèrent aussi une forte sensibilité aux perturbations telles que construction d'obstacles, recharges locales ou pompages.

Remontées liées à la construction d'obstacles ou à des recharges locales de nappe

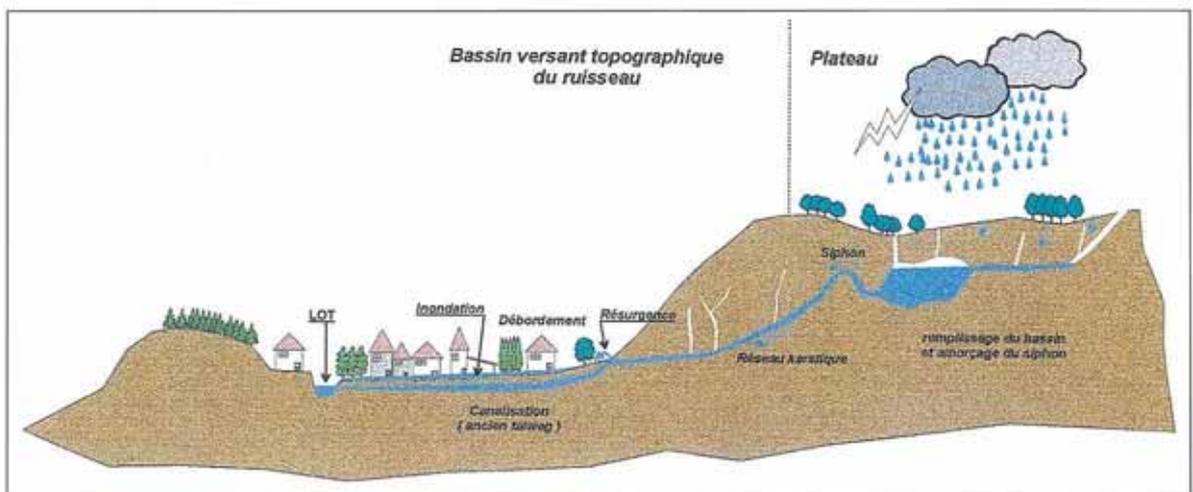
La construction d'écrans étanches perpendiculaires à la direction de l'écoulement d'une nappe alluviale provoque la remontée de cette nappe et dans certains cas son débordement. Il en est de même pour la construction de bassins ou de canaux maintenus artificiellement à un niveau très supérieur à celui de la nappe ; ce dernier dispositif est d'ailleurs utilisé pour la réalimentation de certains captages.

Les débordements liés à ces ouvrages sont généralement limités en hauteur car ils trouvent souvent une possibilité d'évacuation efficace en surface ; leur durée est directement liée à celle de leur cause sauf si des dispositifs de drainage sont construits pour les éliminer.

Remontées de nappe liées à l'arrêt de pompages

Des modifications importantes des conditions d'alimentation en eau potable ou industrielle amènent à arrêter des pompages parfois anciens et très importants ; la nappe qui était exploitée tend

Figure 6. Schéma de principe d'une inondation par source vauclusienne : le Merdançon à Mende (Lozère)



Source : IPS'EAU

alors à reprendre son niveau d'origine, plus élevé, dans toute la zone d'influence de l'ancien captage. Les ouvrages souterrains qui s'y trouvent sont soumis à des inondations répétées voire permanentes. C'est à la suite de tels phénomènes que des niveaux de parkings souterrains ou des sous-sols ont été abandonnés par exemple dans le nord-est de l'agglomération lyonnaise ou dans certains secteurs de la Seine-Saint-Denis (BRGM, 1993).

Là encore l'inondation s'arrête avec sa cause en cas de reprise des pompes ou avec l'installation de dispositifs particuliers à l'ouvrage souterrain qu'on souhaite protéger (étanchéité, pompes, etc.).

Principes et pratiques de la réglementation

Les inondations par remontées de nappes naturelles ou artificielles sont caractérisées par l'absence de vitesses et des hauteurs de submersion rarement très importantes.

Les prescriptions et les mesures viseront donc essentiellement à limiter les dommages aux biens et aux activités et les effets induits. Elles concerneront :

- la structure du bâti (résistance des planchers ou radier d'ouvrages aux eaux sous pression, résistance des murs à l'immersion, adaptation des fondations des bâtiments, utilisation de matériaux de construction non putrescibles, arase étanche au-dessus de la cote des plus hautes eaux, vide sanitaire étanche et aéré, etc.) ;
- l'aménagement du bâti (calage des planchers au-dessus de la cote de référence, interdiction de caves et sous-sol enterrés) ;
- les réseaux (installations électriques et téléphoniques hors d'eau ou étanches, étanchéité des réseaux d'eaux usées, verrouillage des tampons, interdiction assainissement autonome, etc.) ;
- la mise hors d'eau rapide des équipements sensibles (appareils électroménagers, évacuation des véhicules, etc.) ;
- l'interdiction ou la limitation des installations polluantes ou dangereuses.

TEXTES DE RÉFÉRENCES

Circulaire du 24 janvier 1994 relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables

Ministère de l'Intérieur
et de l'Aménagement du territoire
Ministère de l'Équipement,
des Transports
et du Tourisme
Ministère de l'Environnement

Paris, le 24 janvier 1994

Le 13 juillet 1993, à l'occasion de la communication sur l'eau du ministre de l'Environnement élaborée en concertation avec le ministre de l'Équipement, des Transports et du Tourisme, le Gouvernement a arrêté une politique ferme en matière de gestion des zones inondables.

Cette politique répond aux 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 des 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.

La présente circulaire est destinée à vous préciser certains aspects de cette politique et notamment ceux relatifs à la prévention des inondations. Elle indique les moyens de la mettre en œuvre dans le cadre de vos prérogatives en matière de risques majeurs et d'urbanisme.

Les principes à mettre en œuvre

Le premier principe vous conduira, à l'intérieur des zones inondables soumises aux aléas les plus forts, à veiller à ce que soit interdite toute construction nouvelle et à saisir toutes les opportunités pour réduire le nombre des constructions exposées. Dans les autres zones inondables où les aléas sont moins importants, vous veillerez à ce que les dispositions nécessaires soient prises pour réduire la vulnérabilité des constructions qui pourront éventuellement être autorisées. Vous inciterez les autorités locales et les particuliers à prendre des mesures adaptées pour les habitations existantes.

Le second principe qui doit guider votre action est la volonté de contrôler strictement l'extension de l'urbanisation dans les zones d'expansion des crues, c'est-à-dire les secteurs non urbanisés ou peu urbanisés et peu aménagés où la crue peut stocker un volume d'eau important. Elles jouent en effet un rôle déterminant en réduisant momentanément le débit à l'aval, mais en allongeant la durée de l'écoulement. La crue peut ainsi dissiper son énergie au prix de risques limités pour les vies humaines et les biens. Ces zones d'expansion de crues jouent également le plus souvent un rôle important dans la structuration du paysage et l'équilibre des écosystèmes.

Il convient donc de veiller fermement à ce que les constructions qui pourront éventuellement être autorisées soient compatibles avec les impératifs de la protection des personnes, de l'écoulement des eaux, et avec les autres réglementations existantes en matière d'occupation et d'utilisation du sol (notamment celles concernant la protection des paysages et la sauvegarde des milieux naturels).

Le troisième principe est d'éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés. En effet, ces aménagements sont susceptibles d'aggraver les risques en amont et en aval.

La cartographie des zones inondables

La mise en œuvre de ces principes implique tout d'abord une bonne connaissance du risque d'inondation. La priorité de votre action sera donc d'établir une cartographie des zones inondables qui pourra prendre la forme d'un atlas.

Doivent être identifiés et délimités, d'une part les couloirs d'écoulement des eaux où devront être prohibés toutes les activités et aménagements susceptibles d'aggraver les conditions d'écoulement et d'autre part les zones d'expansion des crues.

Le ministère de l'Environnement conduit un programme de détermination des zones soumises à des risques naturels majeurs et en particulier au risque d'inondation. Ces actions ont permis d'élaborer des méthodologies. Si vous n'avez pas encore conduit ces études dans votre département nous vous demandons de les engager rapidement.

Dans les zones de plaines, la méthodologie mise en œuvre pour établir l'atlas des zones inondables de la vallée de la Loire en aval de son confluent avec l'Allier pourra être utilement transposée à d'autres cours d'eau.

Elle aboutit, dans ce cas particulier, à distinguer 4 niveaux d'aléas en fonction de la gravité des inondations à craindre en prenant comme critères

la hauteur de submersion et la vitesse du courant pour la plus forte crue connue et, dans le cas où celle-ci serait plus faible qu'une crue de fréquence centennale, à prendre en compte cette dernière.

Les zones soumises à des crues torrentielles ou au ruissellement pluvial urbain constituent un cas particulier, un programme spécifique est en cours sur vingt-quatre départements du Sud-Est, afin de réaliser un diagnostic rapide des secteurs soumis à ces deux types de phénomènes.

L'objectif est de recenser, pour des petits bassins versants de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres carrés, toutes les informations historiques et hydrologiques utiles, afin d'établir des fiches techniques par commune, indiquant les caractéristiques hydrauliques des cours d'eau et des ouvrages, l'hydrologie du bassin concerné et l'emprise des lits majeurs, et de déterminer les zones à risque, les constructions et équipements publics sensibles, les campings... ainsi que les mesures de prévention à mettre en place.

Les premiers résultats de ce programme seront disponibles au printemps de 1994. Des instructions particulières ont été adressées aux préfets concernés. Un guide méthodologique sera prochainement envoyé aux préfets des autres départements touchés par ce type d'aléa, afin d'engager de telles études.

Par ailleurs, par circulaire NOR/INT/E/93/0026516 en date du 13 décembre 1993 signée sous le double timbre de la direction de la prévention des pollutions et des risques, et de la direction de la sécurité civile, il vous a été demandé de créer des cellules départementales d'analyse des risques et d'information préventive. En vue de garantir une entière coordination entre l'évaluation du risque inondation, que prescrit la présente circulaire, et l'appréciation générale des risques, que vont entreprendre les cellules départementales citées, vous reprendrez telle quelle, l'évaluation particulière du risque inondation dans l'appréciation générale des risques.

Les champs d'inondation à préserver

Il est aussi nécessaire pour assurer la conservation des champs d'inondation qui ne sont pas actuellement urbanisés de procéder à un relevé de leurs limites.

Sauf si un plan d'exposition aux risques est approuvé, ou publié, ou seulement prescrit mais si son élaboration est suffisamment avancée pour pouvoir aboutir rapidement à une publication, vous ferez procéder par un service de l'État, au constat sur le terrain des parties des champs d'inondation non urbanisés.

Les opérations de construction et les aménagements autorisés seront pris en compte, cependant vous examinerez s'il est possible d'infléchir les opérations et aménagements non achevés pour tenter de réduire leur vulnérabilité, dans l'intérêt même des bénéficiaires de ces opérations et vous

veillerez à ce qu'ils soient exactement informés du niveau du risque.

L'existence de constructions dispersées n'implique pas l'exclusion de la zone du champ d'inondation à préserver. Il vous appartiendra d'apprécier les situations locales pour tracer la limite du champ d'inondation où l'extension de l'urbanisation devra être interdite. Lorsque les inondations éventuelles sont caractérisées par une montée lente des eaux et un faible risque pour les personnes, les espaces libres inondables à l'intérieur des périmètres urbains devraient être prioritairement, chaque fois que cela est possible, réservés pour constituer des espaces naturels, aménagés ou non, pour la ville : parcs urbains, jardins, squares, terrains de jeux, de sports... L'utilité sociale de tels espaces en milieu urbain n'est pas contestable.

Les modalités de mise en œuvre

La cartographie des zones inondables et le constat de l'occupation des sols vous serviront de base pour établir les règles générales de la gestion de ces espaces les plus adaptées pour l'application des principes énoncés ci-dessus. Vous porterez cette cartographie et ces règles à la connaissance des collectivités locales dès qu'elles seront établies et vous donnerez une large publicité à cette information aussitôt après.

Vous veillerez également à les transmettre au préfet coordonnateur de bassin qui en liaison avec le président du comité de bassin, les versera au volet inondation du projet de schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) en cours d'élaboration. Dans le même esprit, vous les porterez à la connaissance des présidents des commissions locales de l'eau lorsqu'elles existent.

Il vous appartiendra ensuite de faire usage des outils juridiques à votre disposition pour que les règles que vous aurez déterminées soient effectivement mises en œuvre.

La circulaire 88/67 relative à la prise en compte des risques naturels dans le droit des sols, que nous vous avons adressée le 20 juin 1988 décrit les conditions de mise en œuvre et l'articulation de ces différents outils :

- les plans d'exposition aux risques (PER) ;
- les plans des surfaces submersibles (PSS) ;
- l'application de la procédure définie à l'article R. 111-3 du code de l'urbanisme ;
- la procédure des projets d'intérêt général (PIG) qui permet d'inclure les dispositions souhaitées dans les schémas directeurs (SD), les plans d'occupation des sols (POS) ou les plans d'aménagement de zone (PAZ) élaborés sous la responsabilité des collectivités locales.

Si un PER inondation est déjà en vigueur, vous aurez à vérifier que les documents d'urbanisme SD et POS respectent les dispositions du PER et s'il existait des divergences importantes à informer les autorités compétentes de la nécessité de remanier leur document d'urbanisme, en tant que

de besoin vous pourrez faire dans ce cas application des dispositions relatives au PIG.

Nous attirons votre attention sur le fait qu'en l'état actuel du droit la différenciation de la constructibilité selon que le terrain est situé à l'intérieur d'un espace urbanisé ou à l'extérieur de celui-ci, n'est possible qu'en adaptant le zonage d'un POS ; c'est pourquoi nous vous demandons de vous engager dans cette voie, même s'il existe un PSS en vigueur sur le même territoire.

Vous constituerez un projet de protection qui comportera l'atlas des zones inondables, une notice dans laquelle figureront les objectifs de la politique de l'État et les principes à mettre en œuvre qui sont exposés dans la présente circulaire ainsi que les prescriptions générales qui conditionnent leur application et la carte des champs d'inondation à préserver. Ce projet sera mis à la disposition du public et vous formaliserez par une décision cette publicité. Vous prendrez ensuite un arrêté le qualifiant de projet d'intérêt général de protection (PIG) et le porterez à la connaissance des collectivités concernées dans le cadre des procédures des SD, des POS et des PAZ. Vous vous assurerez ensuite de sa prise en compte dans ces documents d'urbanisme.

Nous vous rappelons que, hors le cas prévu à l'article L. 123-7-1 2^e alinéa du code de l'urbanisme que vous serez amené à mettre en œuvre en cas de nécessité, l'État est associé à la procédure d'élaboration des POS et que les périmètres à définir pour les zones urbanisables doivent être arrêtés en concertation entre les collectivités locales responsables et les services de l'État.

Compte tenu de l'urgence qui s'attache à ces procédures concourant à la sécurité de la population et à la limitation du risque de dommages aux biens, il convient que les services de l'État engagent rapidement les études nécessaires à la définition du projet de protection pour être en mesure de présenter dans les meilleurs délais les propositions de l'État aux collectivités locales dès le début de la procédure.

En attendant la mise en œuvre de ces différents outils juridiques, vous vous appuyerez dans toute la mesure du possible sur les PSS en vigueur et sur les dispositions du règlement national d'urbanisme. Vous pourrez en particulier faire application de l'article R. 111.2. Si les atlas et les règles de gestion que vous aurez arrêtées ne sont pas directement opposables aux tiers, elles peuvent vous permettre de motiver et de justifier vos décisions.

Enfin vous ferez usage du contrôle de légalité à l'égard des documents d'urbanisme ou à l'égard d'autorisations de construire ou d'occuper le sol dont il vous apparaîtrait qu'ils ne respectent pas les principes énoncés ici, alors que vous auriez fait usage des différentes voies de droit susmentionnées, ou si vous estimez qu'il aurait dû être fait application de l'article R. 111.2.

Nous vous demandons de nous rendre régulièrement compte de l'application de la présente instruction sous les timbres de la direction générale des collectivités locales, de la direction centrale de la sécurité civile, de la direction de l'architecture et de l'urbanisme de la direction de la prévention des pollutions et des risques et de la direction de l'eau.

*Le ministre d'État,
ministre de l'Intérieur
et de l'Aménagement
du Territoire*

Charles Pasqua

Le ministre de l'Environnement

Michel Barnier

*Le ministre
de l'Équipement,
des Transports
et du Tourisme*

Bernard Bosson

Annexe à la circulaire du 24 janvier 1994 : Inondations de plaine

PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES VISANT À INTERDIRE L'EXTENSION DE L'URBANISATION DANS LES ZONES INONDABLES ET À LIMITER LA VULNÉRABILITÉ DES CONSTRUCTIONS NOUVELLES AUTORISÉES

Les prescriptions ci-après constituent un exemple qui devra être adapté aux diverses situations locales et à l'outil juridique utilisé.

Elles supposent l'établissement préalable d'une cartographie du risque d'inondation pouvant prendre la forme d'un atlas des zones inondables et une délimitation des champs d'inondation non urbanisés à préserver.

Ces prescriptions pourraient être reprises dans un projet d'intérêt général, dans des règlements de plans d'occupations des sols, ou dans des arrêtés pris en application de l'article R. 111-3 du code de l'urbanisme, ou des plans d'exposition aux risques d'inondation.

- Aucune construction nouvelle, ni extension de l'emprise du sol des constructions existantes ne sera autorisée dans les zones où l'aléa est le plus fort, seuls seront admis les travaux et ouvrages destinés à réduire les risques.

- Dans les champs d'inondation à préserver en dehors des parties actuellement urbanisées, seules pourront être autorisées, à condition de ne pas aggraver les risques, ni d'en provoquer de nouveaux :

- l'adaptation, la réfection et l'extension mesurée des constructions existantes ;

- les constructions et installations nécessaires à des équipements collectifs, à l'exploitation agricole, à la mise en valeur des ressources naturelles, sous réserve qu'elles ne fassent pas l'objet d'une occupation humaine permanente dans les zones où l'aléa rendrait cette situation dangereuse.

- Pour toutes les constructions et ouvrages qui seront autorisés les constructeurs devront prendre toutes les mesures nécessaires pour que les constructions et ouvrages résistent aux forces exercées par les écoulements de la crue de référence telle qu'elle est définie dans l'atlas des zones inondables :

- Les sous-sols sont interdits dans toute la zone inondable.

- L'emprise au sol des constructions ne dépassera pas le quart de la surface des terrains ¹.

- Le premier niveau de plancher de toutes les constructions sera au minimum à 1 m au-dessus de la cote moyenne du terrain naturel environnant ².

- Le premier niveau habitable des immeubles à usage d'habitation collective sera placé au moins au niveau de la crue de référence.

- Les constructions à usage d'habitation isolées, ou groupées, comporteront un second niveau habitable au premier étage.

- Les clôtures formant obstacles à l'écoulement des eaux sont interdites ³.

Circulaire du 2 février 1994 relative à la cartographie des zones inondables

Le Premier ministre Paris, le 2 février 1994
No 3400/SG

Le Premier ministre
à
Mesdames et Messieurs les préfets

Les inondations récentes de l'automne et de l'hiver 1993-1994 ont rappelé après quatre années de sécheresse sévère, la gravité de ce phénomène : une vingtaine de morts, plus de trois milliards de francs de dégâts aux biens des particuliers, des collectivités locales et de l'État. Vous allez recevoir des instructions précises au travers d'une circulaire des ministères de l'intérieur, de l'équipe-

ment et de l'environnement concernant les dispositions à prendre en matière de maîtrise de l'urbanisation dans les zones inondables. Je vous demande de mettre en œuvre ces instructions sans tarder et sans faiblir et de prendre d'ores et déjà les mesures suivantes, à titre conservatoire.

Sans attendre le résultat d'études plus précises et sauf s'il existe déjà un document réglementaire de délimitation du risque d'inondation (PER, R. 111-3, PSS), je vous invite à titre conservatoire à contrôler strictement la construction dans les zones récemment soumises à des inondations importantes.

Vous utiliserez, à cette fin, lorsque les permis sont délivrés au nom de l'État, les dispositions de l'art. R. 111-2 du Code de l'urbanisme qui permet de refuser ou d'accompagner de prescriptions spéciales le permis de construire de constructions qui, par leur situation ou leurs dimensions, sont de nature à porter atteinte à la sécurité publique, qu'il s'agisse de celles des occupants de l'immeuble ou de celle de tiers.

Pour les communes dotées d'un POS, je souhaite que vous invitiez les collectivités à user des possibilités de l'article R. 111-2 du Code de l'urbanisme pour contrôler dans les zones concernées tout projet de construction ; si nécessaire, vous utiliserez, avec la même rigueur, le contrôle de légalité pour l'application de ce principe.

Cette mesure ne vise pas à interdire les constructions qui respecteraient les règles de sécurité dans les zones, mais à contrôler que ces règles sont bien observées.

Vous ferez établir à cette fin par vos services un relevé des zones concernées par des inondations récentes : inondations de l'automne et de l'hiver 93-94 et, en fonction des informations disponibles, inondations significatives intervenues depuis l'entrée en vigueur de la loi no 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles.

Pour déterminer les périmètres à l'intérieur desquels la sécurité des personnes et des biens conduit à contrôler strictement les projets de nouvelles constructions ou de nouvelles installations, vous pourrez retenir comme critère une hauteur d'eau observée supérieure à un mètre au-dessus du sol.

Je vous demande de faire part des difficultés que soulève cette circulaire aux ministres chargés de l'Intérieur, de l'Environnement et de l'Équipement et de leur adresser un bilan de son application le 30 juin 1994.

Édouard Balladur

1. Proportion à déterminer en fonction de chaque situation locale.

2. De 0,70 m à 1 m en fonction de chaque situation locale.

3. Définition à préciser en fonction de chaque situation locale.

Circulaire du 24 avril 1996 relative aux dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zones inondables

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Ministère de l'Équipement,
du Logement, des Transports
et du Tourisme**

**Ministère de
l'Environnement**

Réf. :

- loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs, modifiée par la loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.

- loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau

L'article 16 de la loi du 2 février 1995 institue les plans de prévention des risques naturels prévisibles, dits PPR. Le décret no 95-1089 du 5 octobre 1995 en précise les modalités d'application. Pour leur mise en œuvre, nous avons engagé conjointement la réalisation de guides méthodologiques. Les premiers guides seront disponibles dans les prochains mois et concerneront notamment les risques les plus fréquents : inondations et mouvements de terrain.

En matière d'inondation, la gestion globale à l'échelle d'un bassin versant doit conduire à une certaine homogénéité dans les mesures que vous prescrirez, même s'il faut tenir compte de la variété de l'aléa et de l'occupation humaine le long d'un même cours d'eau ou entre les cours d'eau. C'est pourquoi, sans attendre la publication du guide relatif à l'inondation, vous trouverez dans la présente circulaire, après un rappel de la politique à mettre en œuvre, des indications relatives aux mesures applicables aux constructions et aménagements existants à la date d'approbation des plans.

1. La politique à mettre en œuvre

La circulaire interministérielle du 24 janvier 1994, parue au Journal Officiel du 10 avril 1994, définit les objectifs arrêtés par le gouvernement en matière de gestion des zones inondables, qui sont d'arrêter les nouvelles implantations humaines dans les zones les plus dangereuses, de préserver les capacités de stockage et d'écoulement des crues et de sauvegarder l'équilibre et la qualité des milieux naturels. Ces objectifs doivent vous conduire à mettre en œuvre les principes suivants :

- veiller à ce que soit interdite toute nouvelle construction dans les zones inondables soumises aux aléas les plus forts ;

- contrôler strictement l'extension de l'urbanisation, c'est-à-dire la réalisation de nouvelles constructions, dans les zones d'expansion des crues ;

- éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés.

Il nous semble nécessaire de souligner que le respect de ces objectifs et l'application de ces principes conduisent à abandonner certaines pratiques préconisées pour l'établissement des anciens plans d'exposition aux risques, et notamment la délimitation des zones rouges, bleues et blanches à partir de la gravité des aléas et de la vulnérabilité des terrains exposés.

La réalisation des PPR implique donc de délimiter notamment :

- les zones d'expansion de crues à préserver, qui sont les secteurs non urbanisés ou peu urbanisés et peu aménagés où la crue peut stocker un volume d'eau important, comme les terres agricoles, espaces verts, terrains de sport, etc.

- les zones d'aléas les plus forts, déterminées en plaine en fonction notamment des hauteurs d'eau atteintes par une crue de référence qui est la plus forte crue connue ou, si cette crue était plus faible qu'une crue de fréquence centennale, cette dernière.

Le développement urbain de ces deux types de zones sera soit interdit, soit strictement contrôlé. Toutefois, dans ces zones, les mesures d'interdiction ou de contrôle strict ne doivent pas vous conduire à remettre en cause la possibilité pour leurs occupants actuels de mener une vie ou des activités normales, si elles sont compatibles avec les objectifs de sécurité recherchés.

2. Dispositions applicables aux constructions existantes

L'article 5 du décret no 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques précise dans quelles limites les mesures relatives à l'existant peuvent être prises.

Ainsi ne peuvent être interdits les travaux d'entretien et de gestion courants des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du PPR, notamment les aménagements internes, les traitements de façade et la réfection des toitures, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux, ou conduisent à une augmentation de la population exposée.

En outre, les travaux qui seraient imposés à des biens régulièrement construits ou aménagés sont limités à un coût inférieur à 10 p 100 de la valeur des biens concernés.

Par ailleurs, les réparations ou reconstructions de biens sinistrés ne peuvent être autorisées que si

la sécurité des occupants est assurée et la vulnérabilité de ces biens réduite. En conséquence, la reconstruction après destruction par une crue torrentielle ne pourra être autorisée.

2.1 RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ

Les PPR doivent viser à assurer la sécurité des personnes et à réduire la vulnérabilité des biens et des activités dans les zones exposées.

Vous veillerez donc à permettre, et, le cas échéant, à imposer les travaux et les aménagements du bâti et de ses accès permettant de réduire le risque et à l'inverse à interdire les aménagements nouveaux de locaux à usage d'habitation ou des extensions significatives à rez-de-chaussée.

Les aménagements autorisés ne doivent toutefois pas conduire à augmenter la population exposée dans les zones soumises aux aléas les plus forts, et en particulier à créer de nouveaux logements. Dans ces mêmes zones il est utile d'imposer la mise hors d'eau des réseaux et équipements et l'utilisation de matériaux insensibles à l'eau lors d'une réfection ou d'un remplacement.

Par ailleurs, il est nécessaire d'imposer dans les mêmes conditions, et sur l'ensemble des zones inondables, les dispositifs visant à empêcher la dispersion d'objets ou de produits dangereux, polluants ou flottants.

Nous vous rappelons que sur certains aménagements existants susceptibles de perturber l'écoulement ou le stockage des eaux de crue (ouvrages d'art, ouvrages en rivière, remblais), vous pouvez, dans le cadre du PPR, imposer des travaux susceptibles de réduire les risques en amont comme en aval de ces ouvrages. En application de l'article 10 de la loi du 3 janvier 1992 sur l'eau, pour les ouvrages soumis au régime d'autorisation ou de déclaration, qu'ils se situent ou non dans l'emprise d'un PPR, vous pouvez imposer par arrêté toutes prescriptions spécifiques permettant de garantir les principes mentionnés à l'article 2 de la même loi.

2.2 MAINTIEN DE LA CAPACITÉ D'ÉCOULEMENT ET D'EXPANSION DES CRUES

Cet objectif vous conduira à interdire, dans les zones d'aléa le plus fort, toute augmentation d'emprise au sol des bâtiments (à l'exception de celles visant à la création des locaux à usage sanitaire, technique ou de loisirs indispensables) ainsi que les clôtures dont la conception constituerait un obstacle à la libre circulation des eaux.

Il vous conduira aussi en dehors de ces zones à ne permettre que des extensions mesurées dans des limites strictes tenant compte de la situation locale.

*
* *

Des adaptations peuvent être apportées aux dispositions applicables à l'existant décrites ci-dessus :

- dans les zones d'expansion des crues, pour tenir compte des usages directement liés aux terrains inondables ; c'est le cas des usages agricoles et de ceux directement liés à la voie d'eau lorsque ces activités ne peuvent s'exercer sur des terrains moins exposés ;
- dans les autres zones inondables, pour les centres urbains ; ceux-ci se caractérisent notamment par leur histoire, une occupation du sol de fait importante, une continuité bâtie et la mixité des usages entre logements, commerces et services.

Les dispositions de la présente circulaire doivent être mises en œuvre dès à présent dans les projets de PPR en cours d'étude. Nous vous rappelons également qu'à titre de mesure de sauvegarde, vous devez faire application de l'article R. 111-2 du code de l'urbanisme.

Le directeur de l'architecture et de l'urbanisme *Le directeur de la prévention des pollutions et des risques*
Catherine Bersani Délégué aux risques majeurs
Gustave Defrance

Le directeur de l'eau
Jean-Luc Laurent

Annexe à la circulaire du 24 avril 1996

Opérations	Zones d'expansion à préserver		Autres zones (secteurs urbains...)		Observations
	Aléa le + fort	Autres aléas	Aléa le + fort	Autres aléas	
1. Dispositions générales					
1.1. « Travaux d'entretien et de gestion courants notamment les aménagements internes, les traitements de façade et de réfection des toitures, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux ou conduisent à une augmentation de la population exposée »	A	A	A	A	décret 95-1089 du 5-10-95, art. 5. 2 ^e alinea
1.2. Reconstruction sous réserve d'assurer la sécurité des personnes et de réduire la vulnérabilité des biens	A (1)	A	A (1)	A	exemple : avec rehaussement du plancher habitable, avec les adaptations nécessaires des matériaux et des équipements... 1. on interdira toutefois la reconstruction dans ces secteurs si la destruction est due à une crue torrentielle.
2. Mise en sécurité des personnes et réduction de la vulnérabilité des biens et des activités					
2.1. Construction et aménagement d'accès de sécurité extérieurs en limitant l'encombrement de l'écoulement	A	A	A	A	exemple : plate-forme, voirie, escaliers, passages hors d'eau, talus ou batardeaux localement
2.2. Adaptation ou réfection pour la mise hors d'eau des personnes, des biens et activités	A	A	A	A	exemple : accès à l'étage ou au toit, rehaussement du premier niveau utile y compris avec construction d'un étage...
2.3. Augmentation du nombre de logements par aménagement, rénovation...	A	A (2)	A	A (2)	2. sous réserve de la limitation de l'emprise au sol (voir 3.1).
2.4. Changement de destination sous réserve d'assurer la sécurité des personnes et de ne pas augmenter la vulnérabilité ni les nuisances	I (3)	A	A	A	3. sauf si le changement est de nature à réduire les risques.
2.5. Aménagement des sous-sols existants	I	I	I	I	concerne les locaux non habités situés sous le rez-de-chaussée.
2.6. Mise hors d'eau des réseaux et mise en place de matériaux insensibles à l'eau sous le niveau de la crue de référence.	P	P	P	P	
2.7. Mesures d'étanchéité du bâtiment sous le niveau de la crue de référence.	P	P	P	P	exemple : dispositifs d'obturation des ouvertures, relèvement des seuils...
3. Maintien du libre écoulement et de la capacité d'expansion des eaux					
3.1. Extension mesurée à définir localement sous réserve de prendre en compte les impératifs de l'écoulement des crues	I (4)	A (5)	I (4)	A (6)	4. sauf extension limitée à 10 m ² pour locaux sanitaires, techniques, de loisirs. 5. dans la limite de 20 m ² d'emprise au sol ou, pour l'extension d'activités économiques d'une augmentation maximale de 20 % de l'emprise au sol, à condition d'en limiter la vulnérabilité – avec publicité foncière pour éviter la répétition des demandes. 6. dans les mêmes limites que les projets nouveaux autorisés.
3.2. Déplacement ou reconstruction des clôtures sous réserve de prendre en compte les impératifs de l'écoulement des crues.	A	A	A	A	exemple : mur remplacé par une clôture ajoutée ou un grillage...
4. Limitation des effets induits					
4.1. Dispositions pour empêcher la libération d'objets et de produits dangereux, polluants ou flottants.	P	P	P	P	exemple : arrimage, étanchéité, mise hors d'eau...

Signification des symboles : A : autoriser ; I : interdire ; P : prescrire la mise en œuvre obligatoire lors d'une première réfection ou d'un remplacement.

GLOSSAIRE

- Anthropique** Qui est dû directement ou indirectement à l'action de l'homme.
- Centre urbain** Il se caractérise notamment par son histoire, une occupation du sol de fait importante, une continuité bâtie et la mixité des usages entre logements, commerces et services (circulaire du 24 avril 1996).
- Crue** Période de hautes eaux, de durée plus ou moins longue, consécutive à des averses plus ou moins importantes (dictionnaire d'hydrologie de surface).
- Débit spécifique** .. Débit (moyen, de crue, etc.) rapporté à la superficie et exprimé en litre par seconde et par kilomètre carré.
- Embâcle** Accumulation de matériaux transportés par les flots (végétation, rochers, véhicules automobiles, etc.) en amont d'un ouvrage (pont) ou bloqués dans des parties resserrées d'une vallée (gorges étroites).
- Enjeux** Personnes, biens, activités, moyens, patrimoine susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.
- Exutoire** Point le plus en aval d'un réseau hydrographique, où passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin.
- Hydrogéomorphologie** Analyse des conditions naturelles et anthropiques d'écoulement des eaux dans un bassin versant.
- Hydrogramme de crue** Variation du débit d'un cours d'eau pendant une crue. Il représente la réaction connue ou calculée (pour une crue de projet) d'un bassin versant à un événement « pluie » ou « fonte des neiges ».
- Hydrologie** Toute action, étude ou recherche, qui se rapporte à l'eau, au cycle de l'eau et à leurs propriétés.
- Inondation** Envahissement par les eaux de zones habituellement hors d'eau pour une crue moyenne (dictionnaire d'hydrologie de surface).
- Intensité** Expression de la violence ou de l'importance d'un phénomène, évaluée ou mesurée par des paramètres physiques (hauteur ou vitesse de submersion par exemple).
- Laminage** Amortissement d'une crue avec diminution de son débit de pointe et étalement de son débit dans le temps, par effet de stockage et de destockage dans un réservoir.
- Maître d'œuvre** ... Concepteur ou directeur des travaux.
- Maître d'ouvrage** .. Propriétaire et financeur de l'ouvrage.
- Modélisation** Quantification et spatialisation d'une crue pour une occurrence donnée par le biais d'outils mathématiques.
- PHEC** Plus hautes eaux connues.
- Ripisylve** Végétation du bord des rivières.
- Talweg** Ligne qui relie les points les plus bas d'une vallée.
- Vulnérabilité** Au sens le plus large, exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux.

SIGLES

Organismes, services

BRGM	Bureau de recherche géologique et minière
CDIG	Comité départemental de l'information géographique
CEMAGREF	Centre d'études sur le machinisme agricole, le génie rural, les eaux et les forêts
CERTU	Centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
CNIG	Conseil national de l'information géographique
DDAF	Direction départementale de l'agriculture et de la forêt
DDASS	Direction départementale d'action sanitaire et sociale
DDE	Direction départementale de l'équipement
DE	Direction de l'eau
DGI	Direction générale des impôts
DGUHC	Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction
DIREN	Direction régionale de l'environnement
DPPR	Direction de la prévention des pollutions et des risques
DRIRE	Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
DRM	Délégation aux risques majeurs
IAURIF	Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France
IGN	Institut géographique national
LRPC	Laboratoire régional des ponts et chaussées
ONF	Office national des forêts
RTM	Restauration des terrains en montagne
SDIS	Service départemental d'incendie et de secours
SIDPC	Service interministériel départemental de protection civile
STCPMVN	Service technique central des ports maritimes et des voies navigables
STU	Service technique de l'urbanisme

Autres

BD ALTI	Banque de données altimétriques numériques de l'IGN
BD Carto	Banque de données cartographiques de l'IGN
BD Topo	Banque de données topographiques de l'IGN
CGCT	Code général des collectivités territoriales
DCS	Dossier communal synthétique
DDRM	Dossier départemental des risques majeurs
DICRIM	Dossier d'information communal sur les risques majeurs
GPS	Global positioning system, système de positionnement par satellite
PAZ	Plan d'aménagement de zone

PCI	Plan cadastral informatisé
PER	Plan d'exposition aux risques
PIG	Projet d'intérêt général
POS	Plan d'occupation des sols
PPR	Plan de prévention des risques naturels prévisibles
PSS	Plans de surfaces submersibles
PZSIF	Plan de zones sensibles aux incendies de forêt
SDAU	Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme
SIG	Système d'information géographique
ZAC	Zone d'aménagement concerté

PRINCIPALES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Guides PPR

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1999, *Plans de prévention des risques naturels prévisibles de mouvements de terrain : guide méthodologique*, La Documentation française, 72 pages.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997, *Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) : Guide général*, La Documentation française, 76 pages.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997, *Plans de prévention des risques littoraux : guide méthodologique*, La Documentation française, 56 pages.

Inondations

Approche globale des inondations

Besson L., 1996, *Les risques naturels en montagne : traitement, prévention, surveillance*, éditions Artès-publiatp, Grenoble, 438 p., fig., tabl., cartes, photos, bibliog.

Cosandey C., 1994, « Genèse des crues dans les bassins élémentaires en région de moyenne montagne méditerranéenne » in *Crues et inondations, 23^e journées de l'hydraulique*, congrès de la Société hydrotechnique de France, Nîmes (France), 14-16 septembre, SHF, Paris, pp. 81-86.

Combes F., Hurand A. et Meunier M., 1994, « La forêt de montagne : un remède aux crues » in *Crues et inondations, 23^e journées de l'hydraulique*, congrès de la Société hydrotechnique de France, Nîmes (France), 14-16 septembre, SHF, Paris, pp. 481-486, fig., bibliog.

Garry G., 1993, *Le risque d'inondation en France. Recherche d'une approche globale du risque d'inondation et de sa traduction cartographique dans une perspective de prévention*, thèse de doctorat de l'université de Paris I, Panthéon-Sorbonne, 509 pages, cartes, photos, illus., tableaux, annexes.

Étude des phénomènes et des risques

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Météo France, 1999, *Estimation des hauteurs de précipitation d'occurrence rare pour des durées de cumul de 1 à 10 jours sur 3 000 postes français*, 2 vol.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Météo France, 1999, *Inventaire des situations à précipitations remarquables de 1958 à 1997 en Aquitaine, Midi-Pyrénées, Limousin et Poitou-Charentes*.

Ministère de l'Environnement, Météo France, 1998, *Inventaire des situations à précipitations remarquables en Auvergne, Bourgogne et Rhône-Alpes*, 102 pages.

Ministère de l'Environnement, Météo France, 1997, *Les épisodes orageux à précipitations extrêmes sur les régions méditerranéennes de la France*, 93 pages.

Ministère de l'Environnement, Météo France, 1996, *Inventaire des situations à précipitations diluviennes sur le Languedoc-Roussillon, la Provence-Alpes-Côte d'Azur et la Corse*, 180 pages.

Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, 1996, *Cartographie des zones inondables : approche hydrogéomorphologique*, éditions Villes et Territoires, 100 pages*.

Duband D., 1994, « Pour une meilleure prise en compte de l'information hydrométéorologique historique sur les crues importantes des bassins supérieurs de certaines rivières à risques », in *Crues et inondations, 23^e journées de l'hydraulique*, congrès de la société hydrotechnique de France, Nîmes (France), 14-16 septembre, SHF, Paris, pp. 137-144.

Lalanne-Berdouticq G., 1994, « Aspects méthodologiques de la reconstitution des écoulements des grandes crues catastrophiques », in *Crues et inondations, 23^e journées de l'hydraulique*, congrès de la Société hydrotechnique de France, Nîmes (France), pp. 111-119, fig., photos.

Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, 1990, *Urbanisation-inondation*, La Documentation française.

Doridot M., Garry G., 1987, « Application de la télédétection à l'évaluation du risque d'inondation », *Bulletin de liaison du Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC)*, n° 150-151, juil.-oct. pp. 169-184, photo, illus.

Ministère de l'Environnement, délégation aux risques majeurs, ministère de l'Équipement, 1985, *Photo-interprétation et cartographie des zones inondables*, éditions du STU, Paris, 74 pages, photo, cartes, annexes.

Champion M., 1863, *Les inondations en France depuis le VI^e siècle jusqu'à nos jours*, éditions Dunod.

Ruissellement urbain

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1998, *Ruissellement et POS : approche et prise en compte des risques*, éditions CERTU, 100 pages.

Ministère de l'Environnement, EURYDICE 92, Institut de prévention et de gestion des risques urbains, 1994, *Ruissellement pluvial urbain, guide de prévention, évaluation du risque, éléments de méthode*, La Documentation française, Paris, 85 pages, fig., cartes, tabl., photos, bibliog.

Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, 1991, *Réconcilier l'eau et la ville par la maîtrise des eaux pluviales*, éditions du STU, 64 pages.

Réglementation, aménagement et mesures de prévention

Ministère de l'Environnement, DPPR/SDRM, 1997, *Droit, jurisprudence et responsabilités en matière de risques naturels majeurs*, cellule documentation, 32 pages.

Thomas M. et Gombert P., 1994, « Quelles mesures préventives pour les bassins versants ruraux à réponse rapide ? Principaux enseignements des inondations historiques dans la vallée de la Salz (Aude) en septembre 1992 », in *Crués et inondations, 23^e journées de l'hydraulique*, congrès de la société hydrotechnique de France, Nîmes (France), 14-16 septembre, SHF, Paris, pp. 771-773.

Meunier M., 1991, « Éléments d'hydraulique torrentielle », *Études du CEMAGREF*, série Montagne n° 1, 278 p., fig., bibliog.

Conduite de la concertation

Nicaya, Institut COHÉRENCES, 1998, *Appropriation active de la prévention du risque d'inondation ; méthode de conduite du processus*, éditions du CERTU, 70 pages.

Cartographie

Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, 1997, *Fonds de plan : études d'aménagement et de prévention des risques*, éditions Villes et Territoires, 64 pages*.

Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, 1995, *Environnement et aménagement : 2. La carte, de la conception à la réalisation*, éditions Villes et Territoires, 90 pages*.

Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, 1992, *Environnement et aménagement : 3. L'usage des photographies aériennes*, éditions du STU, 154 pages*.

Ministère de l'Équipement, ministère de l'Environnement, 1991, *Environnement et aménagement : 1. Le recueil des données cartographiques*, éditions du STU, 176 pages*.

Pour en savoir plus

Géomorphologie, compréhension des cours d'eau

Bravard J.-P., Petit F., 1997, *Les cours d'eau, dynamique du système fluvial*, Armand Colin, 222 pages.

Coque R., 1993, *Géomorphologie*, Armand Colin, Paris, 503 pages.

Chaline J., 1985, *Histoire de l'homme et des climats au Quaternaire*, Doin, Paris, 366 pages.

Analyse des phénomènes et des risques

1998, *Guide pratique de la méthode inondabilité*, Études inter-agences n° 60.

Lang M., 1995, *Les chroniques en hydrologie : modélisation comparée par un système de gestion de bases de données relationnel et orienté objet, traitements de base et intervalles de confiance des quantiles de crues, techniques d'échantillonnage par la méthode de renouvellement*, thèse de doctorat de l'université Joseph Fourier de Grenoble, 296 pages, fig., tabl., index, bibliog.

Prudhomme C., 1995, *Modèles synthétiques des connaissances en hydrologie : application à la régionalisation des crues en Europe alpine et méditerranéenne*, thèse de doctorat, CEMAGREF Lyon et université de Montpellier II.

Desbordes M. et Masson J. M., 1994, « Fortes précipitations dans le Sud de la France », in *Crués et inondations, 23^e journées de l'hydraulique*, congrès de la société hydrotechnique de France, Nîmes (France), 14-16 septembre, SHF, Paris, pp. 59-66, tabl., bibliog.

Oberlin G., 1993, « Une méthode globale pour la gestion rationnelle des zones inondables : le programme " Inondabilité " du CEMAGREF », *Sécheresse* n° 3, vol. 4, septembre 1993, pp. 171-176.

CEMAGREF Lyon, 1989, *Analyse des crues des petits bassins versants du Sud-Est de la France, estimation sommaire des débits décennaux et bien-naux par des méthodes de type CRUPEDIX et SOCOSE régionalisées, document de synthèse*, IX^e contrat de plan État-Région et CEMAGREF, Lyon, 55 p. + annexes, bibliog., cartes, fig., tabl.

Miquel J., 1984, *Guide pratique d'estimation des probabilités de crues*, collection de la direction des études et recherches d'Électricité de France, n° 53, Eyrolles, Paris, 160 p.

À paraître

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, *Catalogue des mesures de prévention des inondations*.

Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, *Valoriser les zones inondables dans l'aménagement urbain*.

* Ouvrage disponible au bureau de vente de la direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, Arche de la Défense, 92055 Paris cedex 04. Téléphone : 01 40 81 15 82.

INDEX DES DOCUMENTS ET ILLUSTRATIONS

Cartes

- Carte 1** Communes métropolitaines soumises à des inondations
Carte 2 Carte informative de l'atlas des zones inondables du bassin de l'Aveyron
Carte 3 Carte des aléas de l'atlas des zones inondables de la vallée du Noireau (Calvados)
Carte 4 Carte des enjeux de l'atlas des zones inondables de la vallée de la Canche (Pas-de-Calais)
Carte 5 Délimitation du bassin versant de l'Éze (Vaucluse)
Carte 6 Délimitation de périmètres d'études sur de vastes territoires (Tarn-et-Garonne)
Carte 7 Carte hydrogéomorphologique de Pertuis (Vaucluse)
Carte 8 Carte de la Garonne à Toulouse (Haute-Garonne)
Carte 9 Carte des plus hautes eaux connues : l'inondation de la Seine en 1910 entre Montgeron et Villeneuve-le-Roi (Essonne et Val-de-Marne)
Carte 10 Complément topographique ponctuel de la carte IGN au 1/25 000 (Gironde)
Carte 11 Carte informative des phénomènes naturels : l'Orne dans l'agglomération de Caen (Calvados)
Carte 12 Carte des aléas : l'Orne dans l'agglomération de Caen (Calvados)
Carte 13 Analyse cartographique en vue de la délimitation du centre urbain de Villeneuve-le-Roi (Val-de-Marne)
Carte 14 Carte des établissements, équipements et industries exposés ou non aux inondations à Villeneuve-le-Roi (Val-de-Marne)
Carte 15 Carte des enjeux du PPR de la Seine (Essonne)
Carte 16 Plan de zonage PPR délimitant des zones non directement exposées : bassin versant du ruisseau du ravin (Rhône)
Carte 17 Plan de zonage réglementaire de Illfurth tenant compte des digues de protection (Haut-Rhin)
Carte 18 Plan de zonage réglementaire au 1/10 000 de l'Aveyron : commune de Cayrac (Tarn-et-Garonne)
Carte 19 Plan de zonage réglementaire au 1/5 000 de l'Aveyron : commune de Cayrac (Tarn-et-Garonne)

Documents

- Document 1** .. Les dommages consécutifs aux inondations
Document 2 .. Le rôle des barrages-réservoirs de la Seine vis-à-vis de la protection contre les inondations
Document 3 .. Conséquences de l'aménagement du Rhin sur les crues du fleuve
Document 4 .. Rôle et intérêt économique des zones humides
Document 5 .. Les atlas de zones inondables
Document 6 .. Passer du PSS au PPRI
Document 7 .. Les étapes des études du risque d'inondation
Document 8 .. Principales sources d'informations utiles aux études d'inondations
Document 9 .. Fiche des plus hautes eaux connues dans la commune de Florensac (Hérault)
Document 10 .. Compléments topographiques destinés à la modélisation
Document 11 .. Les friches industrielles et urbaines

- Document 12** . Culture locale du risque et concertation à Saint-Martin d'Ardèche (Ardèche)
Document 13 . La prise en compte des inondations à Montpellier (Hérault)

Photographies

- Photographie 1** . Inondation de la Marne à Esbly en 1983 (Seine-et-Marne).
Photographie 2 . Destruction d'un pont sur l'Ouveze en 1992 (Vaucluse).
Photographie 3 . Bistrot Noé, inondable par la Maine, à Bouchemaine (Maine-et-Loire)
Photographies 4 et 5 Enquête sur les inondations du Noireau, en 1995, à Condé-sur-Noireau (Calvados)
Photographie 6 . Marques localisant la hauteur atteinte par différentes crues de la Loire à Behuard (Maine-et-Loire)
Photographie 7 . Plaque témoignant de la hauteur d'eau atteinte par le Gardon d'Anduze en 1854 à la bambouseraie d'Anduze (Gard)
Photographie 8 . Zone d'activité inondée, par l'Orne, en 1995 à Ouistreham (Calvados)
Photographie 9 . Plancher habitable hors d'eau : crue de l'Oise de 1993 aux environs de l'Ile-Adam (Val-d'Oise)
Photographie 10 . Lotissement détruit par l'Ouvèze en septembre 1992 à Vaison-la-Romaine (Vaucluse)
Photographie 11 . Maison protégée des inondations du Gardon d'Anduze par un batardeau (Gard)
Photographie 12 . Présence intempestive de produits polluants en bordure de La Mourachonne (Alpes-Maritimes)
Photographie 13 . Le torrent du Manival à Saint-Ismier et Saint-Nazaire-les-Eymes (Isère)
Photographie 14 . Route des Étroits coupée par la crue du Borne, du 14 juillet 1987, Entremont (Haute-Savoie)
Photographie 15 . Dégâts d'une lave torrentielle du torrent de Saint-Antoine à Modane (Savoie) le 25 août 1987

Tableaux

- Tableau 1** Coût des indemnités dues aux inondations entre 1982 et 1997
Tableau 2 Dispositif global de prévention
Tableau 3 Échelle des documents
Tableau 4 Types de cartes techniques susceptibles d'être produites aujourd'hui en fonction des procédures
Tableau 5 Probabilité de voir une crue de fréquence donnée atteinte ou dépassée au moins une fois sur une période donnée
Tableau 6 Qualification de l'aléa en fonction de la hauteur de submersion
Tableau 7 Qualification des aléas en fonction de la hauteur et de la vitesse
Tableau 8 La procédure
Tableau 9 Démarche de zonage réglementaire

Figures

- Figure 1** L'organisation d'une plaine alluviale
Figure 2 Coupe transversale d'une vallée mettant en relation la plaine alluviale, les terrasses et les versants
Figure 3 Types de cours d'eau, mécanismes de transport solide et types de crues, en rapport avec la pente du lit et la concentration volumique de la charge solide
Figure 4 Profil en long d'une bouffée de lave torrentielle et profil en travers d'un torrent à laves
Figure 5 Inondation d'une doline par refoulement d'un réseau karstique
Figure 6 Schéma de principe d'une inondation par source vauclusienne : le Merdançon à Mende (Lozère)

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	3
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	7
La prévention des inondations et les PPR	
<u>Un contexte en évolution</u>	13
<u>Une nouvelle politique de prévention</u>	14
<u>Les conditions de gestion des zones inondables</u>	14
<u>Le plan de prévention des risques naturels prévisibles</u>	16
<u>Les principes généraux des PPRI</u>	16
<u>S'inscrire dans une politique globale de prévention</u>	16
<u>Agir par tronçon de vallée plutôt que par commune</u>	20
<u>Définir les secteurs d'intervention prioritaire</u>	20
<u>Développer une démarche de concertation et d'appropriation du risque</u>	20
Description des phénomènes et des risques d'inondations	
<u>Les principales composantes du risque d'inondation</u>	23
<u>Les conditions de formation d'une crue et d'une inondation</u>	23
Définitions	23
Le processus conduisant aux crues et aux inondations	24
<u>Les conséquences des inondations : risques et modifications du milieu</u>	24
<u>Les facteurs aggravant les risques</u>	25
<u>Les inondations lentes (ou inondations de plaine)</u>	25
<u>Les inondations rapides</u>	26
<u>Les inondations par ruissellement urbain</u>	26
<u>Les types particuliers d'inondations</u>	27
<u>Inondations par les torrents</u>	27
<u>Les submersions marines</u>	28
<u>Les inondations estuariennes</u>	28
<u>Les inondations par refoulement du réseau d'assainissement pluvial (ou unitaire)</u>	28
<u>Les inondations par remontée de nappe</u>	28
<u>Les phénomènes retenus dans le cadre des plans de prévention des risques d'inondation</u>	29
Méthode d'analyse et de cartographie des risques	
<u>Le cadre des études de risques</u>	31
<u>L'intérêt d'une concertation précoce</u>	32
<u>La pertinence de la délimitation des espaces à étudier</u>	32
Le bassin de risque	32
Le périmètre d'étude	32
<u>La priorité accordée aux études qualitatives</u>	35

Une cartographie réalisée à moyenne échelle	35
Le type de fond de plan et l'échelle	35
La réalisation des cartes	36
La conduite des études d'aléas	36
Les caractéristiques générales des études d'inondation	36
Une méthode commune aux atlas des zones inondables et aux PPR	36
Une succession logique d'étapes complémentaires	37
La constitution d'une base documentaire	37
Les données générales	39
Les données hydrométéorologiques et hydrauliques	39
La délimitation et la cartographie des unités hydrogéomorphologiques	40
Présentation et justification de l'approche hydrogéomorphologique	40
Mise en œuvre de l'analyse	41
La carte hydrogéomorphologique	42
L'analyse des données historiques et la cartographie informative des phénomènes naturels	42
Présentation et justification de l'approche historique	42
Exploitation des données	44
La carte informative des phénomènes naturels	51
La qualification et la cartographie des aléas	53
Aléa de référence	53
Caractérisation des niveaux d'aléas	53
L'évaluation des enjeux	59
Justification de cette approche	59
Les enjeux à identifier	59
Les espaces urbanisés	59
Les champs d'expansion des crues	60
Les autres enjeux	64
Cartographie des enjeux	64
La démarche	64
La carte des enjeux	64

Élaboration du dossier du PPR inondations

Caractéristiques du PPR	67
Domaine d'intervention	67
Application du PPR	67
Conditions d'élaboration	67
Importance du dialogue local	68
Le dossier réglementaire	69
La note de présentation	69
La démarche globale de gestion des inondations	69
Les raisons de la prescription des PPR	70
Le secteur géographique et le contexte hydrologique	70
Les inondations prises en compte	70
Le mode de qualification des aléas	70
L'analyse des conséquences	71
Le zonage et le règlement	71
Le plan de zonage réglementaire	71
Principes de délimitation	71
Démarche de zonage	71
Incidence des ouvrages de protection sur le zonage	74
Éléments de cartographie	76

Le règlement	76
Les dispositions réglementaires	76
Réglementation des projets nouveaux	77
Dispositions applicables en zone rouge	80
Dispositions applicables en zone bleue	84
Installations dangereuses	81
Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde	82
Mesures non structurelles	82
Travaux d'entretien ou de protection	82
Constructibilité conditionnelle	83
Maîtrise des écoulements et des ruissellements	83
Mesures applicables aux biens existants	84

ANNEXES

Les apports de la cartographie hydrogéomorphologique	87
---	----

Les inondations par ruissellement pluvial urbain	89
--	----

Les inondations par les torrents	91
---	----

Les inondations en zones fluvio-maritimes	97
--	----

Les inondations par remontées de nappes	99
--	----

Textes de référence

Circulaire du 24 janvier 1994 relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables	103
--	-----

Inondations de plaine – Prescriptions générales visant à interdire tension de l'urbanisation dans les zones inondables et à limiter la vulnérabilité des constructions nouvelles autorisées	105
--	-----

Circulaire du 2 février 1994 relative à la cartographie des zones inondables	106
---	-----

Circulaire du 24 avril 1996 relative aux dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zones inondables	107
--	-----

Glossaire	111
------------------------	-----

Sigles	113
---------------------	-----

Principales références bibliographiques	115
--	-----

Index des documents et illustrations	119
---	-----

Les risques d'inondation concernent, en partie ou en totalité, presque le tiers des communes françaises. Ils représentent environ 80% du coût des dommages imputables aux catastrophes naturelles. Les phénomènes concernés sont très divers, mais leurs effets sont souvent impressionnants, depuis les crues des grands fleuves de plaine qui touchent des dizaines de milliers de personnes jusqu'aux crues rapides dont la violence brève et destructrice met en danger les vies humaines.

Toutefois, le bilan et l'analyse des événements les plus récents montrent globalement un accroissement préoccupant de la vulnérabilité qui résulte de plusieurs facteurs : la poursuite de l'urbanisation dans les zones inondables, la diminution des champs d'expansion des crues, l'aménagement parfois hasardeux des cours d'eau, certains types d'utilisation ou d'occupation des sols qui aggravent les risques.

La prévention des inondations suppose ainsi une action globale dont la maîtrise de l'aménagement et de l'occupation des sols est toujours une condition nécessaire. Les plans de prévention des risques, institués par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, ont été dotés de larges possibilités d'action qui en font un instrument adapté à ces préoccupations.

Ce guide méthodologique a été préparé pour aider les services déconcentrés de l'État à réaliser les pièces techniques et réglementaires des PPR. À cette fin, après avoir présenté les principes de prévention et les objectifs à poursuivre, il expose les méthodes et les moyens d'analyse des phénomènes naturels, de cartographie des aléas et d'évaluation des enjeux. Il propose ensuite une démarche pour établir le zonage du PPR et des orientations pour en rédiger le règlement.

Il s'adresse également aux collectivités locales qui doivent intégrer le risque dans les documents d'urbanisme, aux spécialistes qui seront chargés des études techniques, et plus largement à ceux, associations, particuliers, entreprises, etc. qui souhaitent comprendre comment les inondations sont prises en compte dans l'aménagement.

Imprimé en France
Prix : 21,50 € / 141,03 F
DF : 5 5102-3
ISBN : 2-11-004402-0

La Documentation française
29, quai Voltaire
75344 Paris cedex 07
Tél. : 01 40 15 70 00
Télécopie : 01 40 15 72 30

9 782110 044020

